



TESIS DOCTORAL

**“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y ESTUDIO DEL PUNTO
ÓPTIMO DE MADURACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE
VARIEDADES DE HIGUERA INTERESANTES PARA CONSUMO EN
FRESCO”**

Cristina Pereira Jiménez

Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos

Conformidad de los directores:



Fdo. Margarita López Corrales, Alberto Martín González y Manuel J. Serradilla Sánchez



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA

JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Economía e Infraestructuras

Margarita López Corrales, Dr. Ingeniero Agrónomo del Departamento de Hortofruticultura del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura.

INFORMA:

Que el trabajo titulado "COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y ESTUDIO DEL PUNTO ÓPTIMO DE MADURACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE VARIEDADES DE HIGUERA INTERESANTES PARA EL CONSUMO EN FRESCO" presentada por la Lda. Dña. Cristina Pereira Jiménez ha sido realizada bajo mi dirección en el Departamento de Hortofruticultura del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura. y cumple las condiciones exigidas para optar al Título de Doctor.

Lo que firma en La Orden a lunes, 14 de marzo de 2016.

Fdo: Margarita López Corrales

Escuela de Ingenierías Agrarias

Ciencia y Tecnología de los Alimentos

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL Y CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

Ctra Cáceres s/n06071- BADAJOZ

Teléfono: 924286200

Fax: 924286201

Alberto Martín González, Profesor Titular del Área de Nutrición y Bromatología del Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Extremadura

INFORMA:

Que el trabajo titulado “COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y ESTUDIO DEL PUNTO ÓPTIMO DE MADURACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE VARIEDADES DE HIGUERA INTERESANTES PARA EL CONSUMO EN FRESCO” presentada por la Lda. Dña. Cristina Pereira Jiménez ha sido realizada bajo mi dirección en el Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Universidad de Extremadura y cumple las condiciones exigidas para optar al Título de Doctor.

Lo que firma en Badajoz a lunes, 14 de Marzo de 2016.



Fdo: Alberto Martín González



CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA

JUNTA DE EXTREMADURA
Consejería de Economía e Infraestructuras

Manuel Joaquín Serradilla Sánchez, Dr. en Ciencia y Tecnología de los Alimentos del Área de Vegetales del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura.

INFORMA:

Que el trabajo titulado "COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y ESTUDIO DEL PUNTO ÓPTIMO DE MADURACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE VARIEDADES DE HIGUERA INTERESANTES PARA EL CONSUMO EN FRESCO" presentada por la Lda. Dña. Cristina Pereira Jiménez ha sido realizada bajo mi dirección en el Área de Vegetales del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura y cumple las condiciones exigidas para optar al Título de Doctor.

Lo que firma en Badajoz a lunes, 14 de marzo de 2016.

Fdo: Manuel Joaquín Serradilla Sánchez

Agradecimientos

Después de concluir esta intensa etapa investigadora me gustaría agradecer a todas las personas y entidades que han colaborado en la realización de esta Tesis Doctoral y que me han aportado tanto de manera profesional y personal, y en particular:

Al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentación (INIA) por permitirme disfrutar de esta beca pre-doctoral de investigación, por la financiación del proyecto RTA2010-00123-C01, al Ministerio de Educación y Ciencia y fondos FEDER.

Al Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CICYTEX-‘La Orden’) y a la Escuela de Ingenierías Agrarias de la Universidad de Extremadura, en especial al Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos por todo los medios necesarios para la realización de este trabajo.

Mi especial agradecimiento a mis directores de Tesis, la Dra. Margarita López Corrales, el Prof. Dr. Alberto Martín González y al Dr. Manuel J. Serradilla Sánchez, por su gran dedicación, su esfuerzo, su confianza y su asesoramiento durante todos estos años de trabajo. Margarita, gracias por enseñarme tanto de este cultivo tan desconocido para mí y que ha resultado ser tan interesante. Alberto gracias por tu apoyo, confianza y por todo lo que me has enseñado. Manolo, gracias por todo lo que has aportado a mi formación y gracias por tus consejos.

A mis compañeros y amigos del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CICYTEX-‘La Orden’). A Fernando Pérez Gragera por su ayuda en cada campaña, por su paciencia en asustar a los tordos que cada año se comían la cosecha y por todo lo que me has enseñado del cultivo. A Candi y Lourdes por la ayuda prestada en esas duras campañas y a Paco. A las tres grandes amigas que me llevo de esta experiencia, a la Dra. M^a Engracia Guerra Velo, por su cariño, su confianza y por animarme siempre. Gracias por todo lo que me has ayudado tanto técnica como personalmente y por aportarme esa ilusión que algunas veces me faltaba en esta etapa tan bonita. A Guadalupe Domínguez, gracias por ayudarme siempre sin pedir nada a cambio y por estar al pie del cañón en todo momento, por tus consejos y por tu gran amistad. Chicas, gracias por tantos buenos consejos y confianzas cada día cuando íbamos a trabajar al centro, y por esas ‘merendillas’ que tanto ansiábamos y nos servían de desconexión. Y a Claudia Casadomet,

has sido y serás la mejor 'practicanta' de todas. Gracias por ayudarme, por tu apoyo y confianza y espero haberte enseñado sobre este mundo tan particular. Gracias por vuestra amistad, sois geniales.

A todo el personal de campo del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CICYTEX-'La Orden') que ha hecho posible cada año la recolección de los frutos para que este trabajo se realizara a diario.

A los miembros del grupo de investigación CAMIALI por toda la ayuda prestada y por su trato excepcional. Mi agradecimiento especial a la Prof. Dra. María de Guía Córdoba Ramos; Guía, gracias por darme la oportunidad de aprender sobre este mundo que es la investigación. No sé como agradecer todo lo que has hecho y haces por mí. Gracias por tu confianza y apoyo incondicional, por tus consejos y ánimos y por preocuparte y sacar siempre tiempo para mí y este trabajo. Y a la Dra. M^a Carmen Villalobos, contigo he compartido todo el desarrollo de esta Tesis. Gracias por tu ayuda en el laboratorio, por tu compañía, por tantas conversaciones compartidas y por esos congresos que tanto hemos disfrutado juntas. No he podido tener mejor compañera y amiga. También agradecer a Santi el estar siempre dispuesto a ayudarme en el laboratorio y a Mara por sus ánimos en estos últimos meses.

Al PAS de la escuela, Mariano y Juan, por su amabilidad y ayuda prestada en las tareas de laboratorio.

Agradecer a la Dra. Catarina Duarte, permitirme realizar mi estancia en el Instituto de Biología Experimental e Tecnológica (IBET) de Oeiras (Portugal) en su 'Nutraceuticals and Controlled Delivery Laboratory', así como a mis compañeros de laboratorio: a la Dra. Ana T. Serra, a Joana, a Sara, a Ana, a Catia, a Liliana, a Inês, a Catarina, a Daniel y a Agostinho. A todos, gracias por hacer que mi pequeña estancia fuese tan agradable.

A la familia Pulido-Moreno, Paco, Asun y Eva, gracias por vuestro apoyo, cariño y confianza incondicional.

A mi familia, a mis hermanos y cuñadas por vuestros ánimos y apoyo y especialmente, a mi padres, por estar siempre a mi lado, por su infinito apoyo y por

quererme tanto, y a mis sobrinos, Rubén, Miriam y Carlota porque sois especiales y por llenar de colores mis días más grises.

Y a la persona que comparte mi vida cada día, Ángel, gracias por creer en mí y en mis posibilidades, por animarme siempre a seguir para adelante, por tu paciencia, apoyo, comprensión y confianza eterna y porque sin ti este trabajo no tendría sentido.

A todos, mil gracias.

A mis padres

A ti

*Digo y redigo que la breva no es higo
A quien le gusten las brevas, no hable mal de la higuera
Entre el higo y la breva, la segunda, es la primera
Le dice el higo a la breva, déjame libre la higuera
(Refranero español)*

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	ii
I.1.- Generalidades de la higuera (<i>Ficus carica</i> L.)	- 29 -
I.1.1.- Taxonomía.....	- 29 -
I.1.2.-Descripción botánica	- 30 -
I.1.2.1. Aspectos generales	- 30 -
I.1.2.2. Brevas e higos	- 34 -
I.1.3.- Cultivo de la higuera	- 36 -
I.1.3.1 Necesidades del cultivo	- 36 -
I.1.3.2. Plagas y enfermedades	- 38 -
I.2.- Origen del cultivo e importancia económica.....	- 39 -
I.2.1 Origen	- 39 -
I.2.2.- Importancia económica	- 40 -
I.3.- Variedades de higuera	- 43 -
I. 3.1.- Variedades destinadas al consumo en seco.....	- 46 -
I.3.2.- Variedades de doble aptitud: consumo en fresco y secado.....	- 47 -
I.3.3.- Variedades destinadas al consumo en fresco	- 48 -
I.3.4.- Otras variedades de nuevo estudio	- 52 -
II.1.- Composición química de brevas e higos.....	- 55 -

II.1.1. - Componentes nutricionales.....	- 55 -
II.1.2- Componentes volátiles	- 58 -
II.1.3.- Componentes bioactivos.....	- 59 -
II.1.3.1.- Componentes bioactivos hidrófilos (Compuestos fenólicos).....	- 60 -
II.1.3.1.1.-Ácidos fenólicos	- 61 -
II.1.3.1.2.-Antocianinas	- 62 -
II.1.3.1.3.-Flavonoles	- 63 -
II.1.3.1.4.-Flavanoles (Flavan-3-oles)	- 64 -
II.1.3.2.- Componentes bioactivos lipófilos	- 65 -
II.1.3.2.1.- Carotenoides.....	- 65 -
II.1.3.2.2.-Clorofilas	- 66 -
II.1.3.2.3.-Fitoesteroles	- 67 -
II.2.- Parámetros de evaluación de la calidad.....	- 68 -
II.2.1.- Parámetros físico-químicos.....	- 68 -
II.2.2- Parámetros sensoriales	- 69 -
II.3.- Factores precosecha que influyen sobre las características físico-químicas, nutricionales y bioactivas de los frutos.....	- 71 -
II. OBJETIVOS/OBJETIVES.....	- 75 -
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	- 79 -
III.1- Material	- 87 -
III.1.1.- Reactivos químicos.....	- 87 -
III.1.2.- Instrumental.....	- 87 -

III.1.2.1. Para la determinación de parámetros fisicoquímicos, nutricionales, funcionales y volátiles	- 87 -
III.1.3.- Material vegetal	- 90 -
III.2.- Métodos	- 92 -
III.2.1.-Determinación de parámetros agronómicos (Capítulo 1)	- 92 -
III.2.1.1.-Medidas de crecimiento.....	- 93 -
III.2.1.2.-Medidas en recolección.....	- 93 -
III.2.1.3.-Producción acumulada (kg/árbol).....	- 94 -
III.2.1.4.-Índice de Productividad o Eficiencia Productiva (kg/cm ²).....	- 94 -
III.2.2.- Determinaciones físico-químicas (Capítulo 1)	- 94 -
III.2.2.1.- Determinación del peso, calibre, longitud, longitud del cuello, longitud del pedúnculo y anchura del ostiolo (Capítulo 1).....	- 94 -
III.2.2.2.- Determinación de la firmeza (Capítulos 1 y 2).....	- 94 -
III.2.2.3.- Determinación del contenido en sólidos solubles, acidez titulable, pH e índice de maduración (Capítulos 1 y 2)	- 94 -
III.2.3.-Determinación del punto óptimo de maduración (Capítulos 2 y 3) ...	95 -
III.2.3.1- Determinaciones físico-químicas (Capítulo 2)	- 96 -
III. 2.3.1.1.- Determinación del peso y calibre (Capítulo 2).....	- 96 -
III.2.3.1.2- Determinación del color de la piel y el color de la pulpa (Capítulo 2)	- 96 -
III.2.3.2.- Determinaciones nutricionales (Capítulo 2)	- 96 -
III.2.3.2.1.- Determinación de proteína, fibra bruta y minerales (Capítulo 2)	- 96 -
III. 2.3.2.2.- Determinación de azúcares y ácidos orgánicos (Capítulo 2)	- 97 -

III.2.3.3- Determinaciones sensoriales (Capítulo 2).....	- 98 -
III. 2.3.3.1.- Determinación de compuestos volátiles (Capítulo 2).....	- 98 -
III. 2.3.3.2.- Análisis sensorial (Capítulo 2)	- 99 -
III.2.3.4.- Determinaciones funcionales (Capítulo 3)	- 101 -
III.2.3.4.1.- Determinación de fenoles totales (Capítulo 3).....	- 101 -
III.2.3.4.2.- Determinación de actividad antioxidante total por ABTS (2,2'-azino-bis-3- etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (Capítulo 3).....	- 101 -
III. 2.3.4.3.- Determinación del contenido en vitamina C total (Capítulo 3)	- 102 -
III. 2.3.4.4.- Determinación e identificación compuestos fenólicos y de antocianinas de forma individual (Capítulo 3)	- 102 -
III. 2.3.4.5.- Determinación de clorofilas (Capítulo 3)	- 104 -
III.2.4.- Análisis Estadístico (Capítulos 1, 2 y 3)	- 104 -
IV. RESULTADOS.....	- 105 -
CAPÍTULO IV.1. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y DE CALIDAD DE VARIEDADES DE HIGUERA.	- 107 -
IV.1.1. Artículo 1: “Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for fresh consumption”	- 109 -
IV.1.2. Artículo 2: “Evaluación agronómica y de parámetros de calidad de variedades de higuera (<i>Ficus carica</i> L.) en condiciones mediterráneas”	- 119 -
CAPÍTULO IV.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA, NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE BREVAS E HIGOS.	- 143 -
IV.2.1. Artículo 3: “Physicochemical and nutritional characterization of brebas for fresh consumption from nine fig varieties (<i>Ficus carica</i> L.) grown in Extremadura (Spain)”	- 145 -
IV.2.2. Artículo 4: “Characterization of nine fig varieties (<i>Ficus carica</i> L.) grown in Extremadura (Spain) for fresh consumption”	- 179 -

IV.2.3. Artículo 5: “Compuestos volátiles y análisis sensorial de brevas e higos”	- 213 -
CAPÍTULO IV.3. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE HIGOS.....	- 241 -
IV.3.1. Artículo 6: “Influence of ripening stage on bioactive compounds and antioxidant activity in nine fig (<i>Ficus carica</i> L.) varieties grown in Extremadura, Spain”	- 243 -
V.DISCUSIÓN	273
V.1.- Comportamiento agronómico y características de calidad de brevas e higos.....	- 275 -
V.1.1 Parámetros agronómicos (capítulo1).....	- 275 -
V.1.2 Parámetros de calidad (capítulo 1)	- 279 -
V.2.- Caracterización nutricional, funcional y sensorial de brevas e higos a lo largo de la maduración.....	- 284 -
V.2.1 Características de calidad en diferentes estados de maduración (capítulo 2)	- 284 -
V.2.2 Características nutricionales en los diferentes estados de maduración (capítulo 2)	- 288 -
V.2.3 Características sensoriales en los diferentes estados de maduración (capítulo 2)	- 292 -
V. 2.4 Características bioactivas en los diferentes estados de maduración (capítulo 3)	- 296 -
VI. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS	305
VII.BIBLIOGRAFÍA.....	313
VIII. RESUMEN/SUMMARY	337

ÍNDICE DE TABLAS

IV.1.1. Artículo 1: “Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for fresh consumption” - 109 -

Table 1 Yield (kg/tree), cumulative yield (kg/tree), TCSA (cm²) and yield efficiency (kg/cm²) of the breba crops of the six cultivar - 114 -

Table 2 Yield (kg/tree), cumulative yield (kg/tree), TCSA (cm²) and yield efficiency (kg/cm²) of the main crops of the six cultivars - 115 -

Table 3: Fruit and plant characteristics of the breba and main crop of the six cultivars grown in Extremadura - 115 -

Table 4: Pomological and quality characteristics of the breba and main crop of the six cultivars during the studied period (2011-2013) - 116 -

IV.1.2. Artículo 2: “Evaluación agronómica y de parámetros de calidad de variedades de higuera (*Ficus carica* L.) en condiciones mediterráneas” - 119 -

Tabla 1: Producción anual (kg/árbol), producción acumulada (kg/tree), tasa de crecimiento activo (SDT) (cm²) y la eficiencia productiva (kg/cm²) de brevas - 139 -

Tabla 2: Producción anual (kg/árbol), producción acumulada (kg/tree), tasa de crecimiento activo (SDT) (cm²) y la eficiencia productiva (kg/cm²) de higos - 140 -

Tabla 3: Valores medios de peso, calibre, sólidos solubles (CSS), pH, acidez titulable (AT), firmeza e índice de maduración (IM) de brevas e higos. - 141 -

IV.2.1. Artículo 3: “Physicochemical and nutritional characterization of brebas for fresh consumption from nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura (Spain)” - 145 -

Table 1. Values of firmness, TSS, pH, TA and MI for the breba varieties and ripening stages studied.....	- 170 -
Table 2. Sugars and organic acids in skin of the brebas according to fig tree varieties and commercial ripening stage (g kg ⁻¹ FW).	- 171 -
Table 3. Sugars and organic acids in flesh of the brebas according to fig tree varieties and commercial ripening stage (g kg ⁻¹ FW).	- 172 -
Table 4. Concentrations of protein, crude fiber and main minerals according to fig tree varieties and commercial ripening stage.	- 173 -
IV.2.2. Artículo 4: “Characterization of nine fig varieties (<i>Ficus carica</i> L.) grown in Extremadura (Spain) for fresh consumption”	- 179 -
Table 1. Values of firmness, TSS, pH, TA and MI for fig varieties and ripening stages tested.	- 206 -
Table 2. Sugars and organic acids from skin of figs according to varieties and ripening stages (g kg ⁻¹ FW).	- 207 -
Table 3. Sugars and organic acids from flesh of figs according to varieties and ripening stages (g kg ⁻¹ FW).	- 208 -
Table 4. Mean values of protein, crude fiber and minerals according to fig tree varieties and ripening stages.....	- 209 -
IV.2.3. Artículo 5: “Compuestos volátiles y análisis sensorial de brevas e higos”	- 213 -
Tabla 1. Tabla general de compuestos volátiles identificados en brevas durante de la maduración.....	- 223 -
Tabla 2. Compuestos volátiles identificados en brevas de cada una de las variedades estudiadas durante la maduración.....	- 225 -

Tabla 3. Familias de los compuestos volátiles identificados en brevas en los diferentes estadios de maduración establecidos.	- 229 -
Tabla 4: Atributos sensoriales de brevas de cada una de las variedades y estadios durante la maduración.	- 231 -
Tabla 5. Tabla general de compuestos volátiles identificados en higos durante de la maduración.	- 232 -
Tabla 6. Compuestos volátiles identificados en higos de cada una de las variedades estudiadas durante la maduración.	- 234 -
Tabla 7. Familias de los compuestos volátiles identificados en higos en los diferentes estadios de maduración establecidos.	- 238 -
Tabla 8: Atributos sensoriales de higos de cada una de las variedades y estadios durante la maduración.	- 240 -
IV.3.1. Artículo 6: “Influence of ripening stage on bioactive compounds and antioxidant activity in nine fig (<i>Ficus carica</i> L.) varieties grown in Extremadura, Spain”	- 243 -
Table 1. Mean values of total phenolic content (TP), hydrophilic (H-TAA) and lipophilic (L-TAA) fractions and total vitamin C for each variety and ripening stage in the skin.	- 263 -
Table 2. Mean values of total phenolic content (TP), hydrophilic (H-TAA) and lipophilic (L-TAA) fractions and total vitamin C for each variety and ripening stage in the flesh.	- 264 -
Table 3. Anthocyanin content in skin and flesh for the varieties ‘De Rey’, ‘Cuello Dama Negro’, ‘Colar Elche’, San Antonio’, and ‘Brown Turkey’ at each ripening stage.	- 265 -
Table 4. Flavonol, phenolic acid, and proanthocyanin content of fruit skin for each variety and ripening stage.	- 267 -

Table 5: Flavonol, phenolic acid, and proanthocyanin content of fruit flesh for each variety and ripening stage.....	- 268 -
---	----------------

ÍNDICE DE FIGURAS

I INTRODUCCIÓN

Figura I.1. Clasificación taxonómica de la higuera.....	- 30 -
Figura I.2. Árbol de la higuera (<i>Ficus carica</i> L.).....	- 31 -
Figura I.3. Morfología floral.....	- 34 -
Figura I.4. Partes del fruto de la higuera.	- 35 -
Figura I.5. Principales países productores de higo en el mundo.....	- 41 -
Figura. I.6. Variedad ‘Calabacita’.....	- 46 -
Figura. I.7. Variedad ‘Picholetera’.....	- 46 -
Figura. I.8. Variedad ‘La Casta’.....	- 47 -
Figura. I.9. Variedad ‘Cuello Dama Blanco’.....	- 47 -
Figura. I.10. Variedad ‘Cuello Dama Negro’.....	- 48 -
Figura. I.11. Variedad ‘San Antonio’.....	- 49 -
Figura. I.12. Variedad ‘Tiberio’.....	- 49 -
Figura. I.13. Variedad ‘Nazaret’.....	- 50 -
Figura. I.14. Variedad ‘Negra Cabezuela’.....	- 50 -
Figura. I.15. Variedad ‘De Rey’.....	- 51 -

Figura. I.16. Variedad ‘Brown Turkey’	- 51 -
Figura. I.17. Variedad ‘Col de Dame Negro’	- 52 -
Figura. I.18. Variedad ‘Banane’	- 52 -
Figura. I.19. Variedad ‘Dalmatie’	- 53 -
Figura. I.20. Variedad ‘Moscatel Negra’	- 53 -
Figura. I.21. Variedad ‘Blanca Bétera’	- 53 -
Figura. I.22. Variedad ‘Tres Voltas L’Any’	- 54 -
Figura II.23. Estructuras de los polifenoles: A) flavonoides B) no flavonoides	- 61 -
Figura II.24. Estructura química del β-caroteno (caroteno) (A) y de la luteína (B) (xantofila)	- 65 -
Figura II.25. Estructura química de la clorofila A y B	- 66 -
Figura II.26. Diferentes colores de piel y pulpa de brevas e higos	- 70 -
III MATERIAL Y MÉTODOS	
Figura III.1. Imagen de la parcela y diseño experimental del ensayo de higueras para consumo en fresco situado en el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas CICYTEX ‘La Orden’. Variedades: 1: ‘De Rey’, 2: ‘Cuello Dama Blanco’, 3: ‘Brown Turkey’, 4: ‘Tiberio’, 5: ‘San Antonio’, 6: ‘Cuello Dama Negro’, 7: ‘Banane’, 8: ‘Colar Elche’, 9: ‘Tres Voltas L’Any’ y 10: ‘Blanca Bétera’ .-	91
Figura III.2. Variedades de higueras estudiadas	- 92 -
Figura III.3. Control de la producción de brevas e higos por variedad y bloque	- 93 -

Figura III.5. Hoja de cata empleada para el análisis descriptivo de brevas e higos.....- 100 -

Figura III.6. Hoja de cata empleada para la prueba hedónica de brevas e higos.....- 100 -

IV. RESULTADOS

IV.1.1. Artículo 1: “Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for fresh consumption” - 109 -

IV.1.2. Artículo 2: “Evaluación agronómica y de parámetros de calidad de variedades de higuera (*Ficus carica* L.) en condiciones mediterráneas” - 119 -

Figura 1: Calendario de maduración de brevas e higos de las diez variedades estudiadas.....- 138 -

IV.2.1. Artículo 3: “Physicochemical and nutritional characterization of brebas for fresh consumption from nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura (Spain)” - 145 -

Figure 1.- Weight and width of the brebas of nine fig tree varieties grown in Extremadura. BB ‘Blanca Bétera’, BN ‘Banane’, BT ‘Brown Turkey’, CDB ‘Cuello Dama Blanco’, CDN ‘Cuello Dama Negro’, CE ‘Colar Elche’, SA ‘San Antonio’, Ti ‘Tiberio’, TV ‘Tres Voltas L’Any’. SSB: Statistical significance bar using the Tukey HSD test.- 175 -

Figure 2.- Values of color parameters (L^* , C^* , h^*) for skin and flesh of the ten varieties of brebas studied. CDB ‘Cuello Dama Blanco’, BT ‘Brown Turkey’, Ti ‘Tiberio’, SA ‘San Antonio’, CDN ‘Cuello Dama Negro’, BN ‘Banane’, CE ‘Colar Elche’, TV ‘Tres Voltas L’Any’, BB ‘Blanca Bétera’ RD ‘De Rey’. SSB: Statistical significance bar using the Tukey HSD test.....- 176 -

Figure 3.- Loading plot and score plot after principal component analysis of the variables and individuals in the plane by two first principal components (PC1 and PC2). CDB ‘Cuello Dama Blanco’, BT ‘Brown Turkey’, Ti ‘Tiberio’, SA ‘San

Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera', TA 'Titrable Acidity', TSS 'Total Soluble Solids', MI 'Maturation Index'. - 177 -

IV.2.2. Artículo 4: "Characterization of nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura (Spain) for fresh consumption" - 179 -

Figure 1: Weight and width of figs of nine fig tree varieties grown in Extremadura. BB 'Blanca Bétera', BN 'Banane', BT 'Brown Turkey', CDB 'Cuello Dama Blanco', CDN 'Cuello Dama Negro', CE 'Colar Elche', DR 'De Rey', SA 'San Antonio', TV 'Tres Voltas L'Any'. SSB: Statistical significance bar using the Tukey HSD test. - 210 -

Figure 2: Values of colour parameters (L^* , C^* , h^*) for skin and flesh of nine fig varieties tested. DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'. SSB: Statistical significance bar using the Tukey HSD test. - 211 -

Figure 3: Loading plot and score plot after principal component analysis of the variables and individuals in the plane by two first principal components in skin and flesh (PC1 and PC2). DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera', TA Titrable Acidity, TSS Total Soluble Solids, MI Maturation Index. - 212 -

IV.2.3. Artículo 5: "Compuestos volátiles y análisis sensorial de brevas e higos" - 213 -

IV.3.1. Artículo 6: "Influence of ripening stage on bioactive compounds and antioxidant activity in nine fig (*Ficus carica* L.) varieties grown in Extremadura, Spain" - 243 -

Figure. 1. Chlorophyll a and b content of fig tree varieties and ripening stages. Means with the same value do not differ significantly..... - 269 -

Figure. 2. Loading plot and score plot after principal components analysis of the variables and individuals in the plane by two first principal components (PC1 and PC2) in skin. DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'.- 270 -

Figure. 3. Loading plot and score plot after principal components analysis of the variables and individuals in the plane by two first principal components (PC1 and PC2) in flesh. DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'.- 271 -

I. INTRODUCCIÓN

I.1.- Generalidades de la higuera (*Ficus carica* L.)

I.1.1.- Taxonomía

La higuera (*Ficus carica* L. $2n=26$) pertenece a la familia *Moraceae* en la cual se integran alrededor de 1400 especies agrupadas en unos 40 géneros (Watson y Dallwitz, 2004). El género *Ficus* es el de mayor importancia con alrededor de 1000 especies localizadas en las zonas tropicales y subtropicales del planeta (Condit, 1947). De ellas, sólo algunas presentan frutos comestibles, siendo *Ficus carica* L. la especie más cultivada (Condit, 1969; Ferguson y col., 1990; Watson y Dallwitz, 2004).

La clasificación de este género ha cambiado de manera considerable a lo largo del tiempo y todavía hoy es objeto de investigación y controversia. Incluso el número de especies que lo componen ha variado según distintos autores de entre 600 a 2000. La clasificación taxonómica más reciente es la realizada por Berg (2003), que divide al género *Ficus* en seis subgéneros: *Pharmacosyceae*, *Urostigma*, *Synoecia*, *Ficus*, *Sycidium* y *Sycomorus* en base a aspectos como la especificidad con los polinizadores, el sistema reproductivo (monoico o dioico), la morfología de su inflorescencia, los caracteres anatómicos de las hojas y su distribución geográfica; incluyendo a la especie *Ficus carica* L. en el subgénero *Ficus*.

La clasificación taxonómica de la higuera se representa en la Figura I.1:

I. Introducción

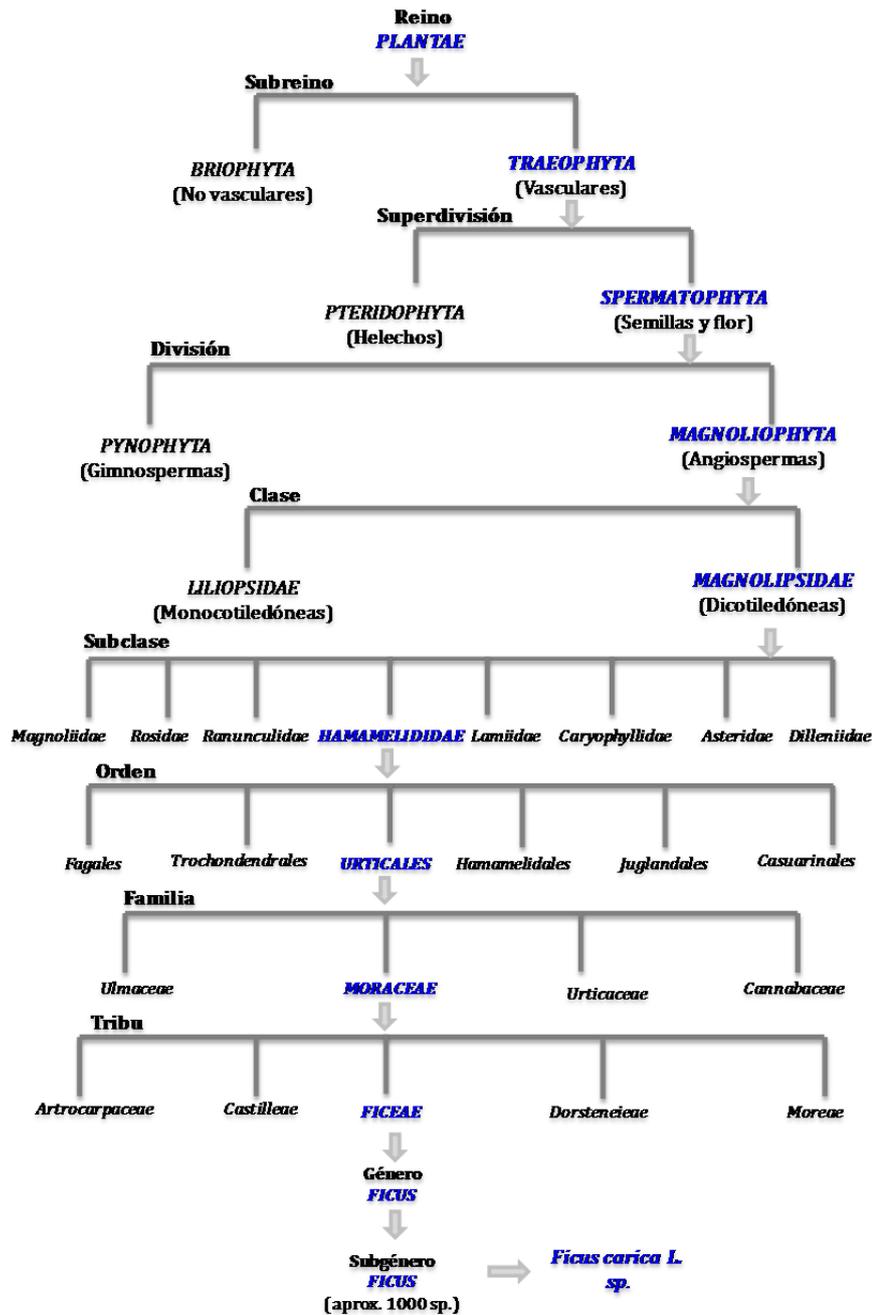


Figura I.1. Clasificación taxonómica de la higuera.

Fuente: López-Corrales y col., 2011.

I.1.2.-Descripción botánica

I.1.2.1. Aspectos generales

La higuera es un árbol de crecimiento rápido, caducifolio, subtropical y de rápida dispersión (Stover y col., 2007). El tamaño del árbol y su densidad de ramificación dependen, además del genotipo, del contenido de humedad, de los nutrientes del suelo

donde esté ubicado y de otras características medioambientales. Existen árboles excepcionalmente altos, de 9 a 12 m de altura, aunque normalmente alcanza una altura en madurez que puede oscilar entre 3 y 10 metros. La edad media de los árboles suele ser de 50-60 años (Janick, 2006).



Figura I.2. Árbol de la higuera (*Ficus carica* L.).

Fuente: Departamento de Hortofruticultura (CICYTEX).

Su sistema **radicular** está formado por raíces fibrosas, abundantes y robustas y se disponen de forma superficial. Según Flores (1990), el 80% se encuentra a una profundidad que oscila entre los 20 y 45 cm pudiendo alcanzar entre los 11 y 15 metros laterales (Ferguson y col., 1990). Su gran poder de penetración hacen que alcancen profundidades mayores soportando así grandes periodos de sequía. En suelos de secano explora grandes profundidades en busca de la humedad del subsuelo, pero en zonas de regadío es superficial. El sistema radicular de la higuera permite a la planta adaptarse a suelos de mala calidad agronómica como son los salinos, semidesérticos, calizos, pedregosos y pobres (Melgarejo, 2000). Otra característica es su rápida propagación vegetativa, debido a la facilidad de enraizamiento a partir de estaquillas leñosas que ha permitido desde hace miles de años un fácil establecimiento de las plantaciones.

I. Introducción

Su **copa** es amplia, redondeada y globosa, con un hábito de crecimiento generalmente extendido; es decir, presentan mayor anchura que altura. Otros hábitos son el erecto o semierecto en base a la disposición de las ramas y la densidad de ramificación.

Normalmente, presenta un solo **tronco**, pero en casos de árboles debilitados o con daños por frío o en condiciones desfavorables, pueden rebrotar y presentar numerosos troncos y un aspecto arbustivo (Stover *y col.*, 2007). La altura del tronco suele variar en función del destino de su producción. Los árboles cuyos frutos se destinan al consumo humano y/o animal en seco suelen formarse a un metro de altura para favorecer las labores culturales y el acceso de los animales y personas a la base del tronco, ya que la recolección de los frutos se realiza en el suelo. En cambio, los destinados al consumo en fresco se forman más bajos (a unos 50-70 cm del suelo) para favorecer las labores de recolección. Su corteza es suave, fina y lisa, de color grisácea clara o blanquecina. La madera es esponjosa, homogénea y los anillos se distinguen con dificultad. Es de baja densidad, blanda y de fácil rotura, por lo que es de escasa calidad maderera.

El tronco puede presentar una serie de formaciones características, que se clasifican en tres tipos: Excrecencias que son unas protuberancias que se encuentran localizadas en la parte baja del tronco o en las raíces y son frecuentes en higueras situadas en terrenos húmedos o en zonas costeras; las hinchazones nodales aparecen en el tronco y en las ramas por debajo o a ambos lados de las cicatrices peciolares hasta abarcar casi la rama y están presentes en árboles con cierto desarrollo y se alargan indefinidamente. Por último, las protuberancias corticales que son tubérculos lisos de forma redondeada que aparecen en troncos y ramas de árboles de más de tres años (Ferguson *y col.*, 1990; Janick, 2006).

Las **ramas** presentan una coloración marrón-verdosa durante el primer año, cambiando con posterioridad a un gris, cuya tonalidad va cambiando con la edad del árbol (Ferguson *y col.*, 1990). Las ramas primarias no suelen ser muy numerosas y son glabras, lisas, más o menos nudosas y de un color normalmente ceniciento. Sin embargo, sus ramificaciones secundarias son muy variables dependiendo de la variedad.

Las **yemas** o botones se localizan en las ramas y pueden ser de madera, de flor y adventicias. Tanto las de madera como las de flor son axilares y se sitúan junto a la inserción del peciolo de la hoja. Los **botones florales** son casi esféricos y se localizan en las

ramas del crecimiento del año y en los tres o cuatro nudos apicales de las ramas del año anterior y son las que originarán nuevos frutos. Las yemas de **madera** son redondeadas, globosas y se localizan en todos los nudos. Al final de cada rama del año se sitúa una **yema terminal**, de forma redondeada o cónica, formada por cuatro o cinco hojas primordiales cubiertas por tres o cuatro escamas que las protegen. Su color varía de marrón claro a verde amarillento y a partir de esta yema se inicia el crecimiento anual de la rama.

Sus **hojas** son grandes, pecioladas y con gran variedad de formas y tamaños. Son normalmente palmatripartidas (o palmatrilobuladas) con tres o cinco lóbulos (trilobuladas o pentalobuladas), aunque en algunas variedades predominan las hojas enteras. Su tamaño oscila entre 10 y 20 cm. Las hojas son coriáceas, normalmente acorazonadas en su base y de márgenes sinuosos y dentados. El haz presenta una coloración verde brillante, con pelos cortos y rígidos que le da un tacto áspero, mientras que el envés es más blanquecino y mate, de pilosidad más larga y espesa. Las hojas se colocan habitualmente de forma alterna.

Las **flores** de la higuera son en realidad un conjunto de flores (inflorescencia) muy pequeñas, en comparación con el resto de frutales, y están en el interior de un receptáculo carnoso de formas y colores diferentes llamado sicono. En las paredes del interior del sicono se insertan las flores que son numerosas, pediceladas, hipogíneas, unisexuales y con un periantio dividido en cinco partes (Ferguson y col., 1990; Janick, 2006). Las flores, a su vez, son de tres tipos: uno de flores estaminadas y dos de flores pistiladas (de estilo corto y de estilo largo). Todas ellas son apétalas.

Las **flores estaminadas** (masculinas) presentan un cáliz compuesto por cinco sépalos y de tres a cinco estambres, un largo pedicelo, pistilo vestigial y sólo están presentes en la higuera macho o "cabrahigo". Las **flores pistiladas** (femeninas) pueden ser de estilo corto o brevistilas y de estilo largo o longistilas y presentan un cáliz compuesto por cinco sépalos de mayor tamaño que los de las flores estaminadas. Ambas son unicarpelares y presentan un estigma bifido. Las flores brevistilas están adaptadas para permitir la puesta de los huevos en el interior del ovario por parte del himenóptero polinizador (*Blastophaga psenes* L.) mientras que las longistilas no. Ambos tipos de flores son fértiles y en el caso de ser fecundadas producen aquenios, el verdadero fruto de la higuera.

I. Introducción

Los tipos de flores varían en los distintos tipos de higuera, que presenta dos formas sexuales diferenciadas: por un lado las higueras macho o “cabrahigos” con flores estaminadas que producen polen y se localizan alrededor del canal ostiolar y flores pistiladas de estilo corto que tapizan el resto de la cavidad interna del sicono y producen higos no comestibles. Por otro lado, las higueras hembra o higueras comunes con flores pistiladas de estilo largo y de fruto comestible. Por todo ello, y dado que la higuera macho es en realidad hermafrodita, la higuera es considerada normalmente como ginodioica más que dioica (Ferguson y col., 1990).

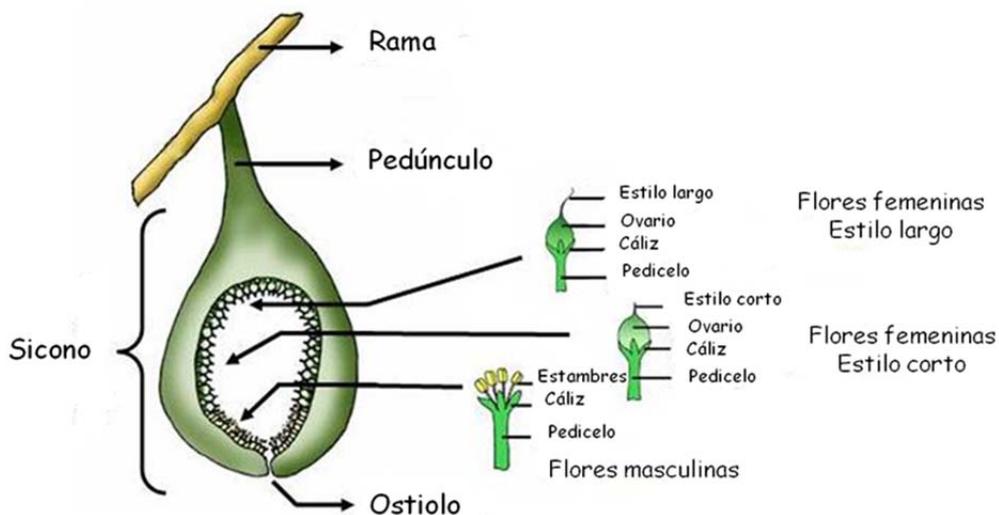


Figura I.3. Morfología floral.

Fuente: Armtrong, 2006.

I.1.2.2. Brevas e higos

Estas flores cuando maduran dan lugar a unos **frutos** secos denominados **aquenios** y a un periantio carnoso y dulce que hace que engruese el receptáculo y se vuelva sabroso y dulce que es lo que conocemos como **higo o breva**. En realidad, el higo o la breva no es un fruto, sino una agrupación de ellos constituyendo una infrutescencia (Condit, 1941). Los aquenios son generalmente de textura dura y difíciles de masticar y casi imposibles de digerir. El sicono es carnoso, de sabor dulce y de diferentes tonalidades, recubierto de una piel fina de color verde, amarilla, negra, morada o marrón según la variedad. Ambos frutos se diferencian en la fecha de maduración y en el tipo de madera a partir del cual se

desarrollan. Los higos son la cosecha principal en la mayoría de las variedades y se desarrollan en la madera del año, junto a las axilas de las hojas durante todo el período de crecimiento de la rama. En otoño, cuando descienden las temperaturas y caen las hojas, los higos preformados sobre la rama del árbol, retornan su desarrollo en la primavera del año siguiente madurando a principios de verano dando lugar a las denominadas brevas. Por tanto, se desarrollan en la madera del año anterior, y aparecen solas, junto a la cicatriz de inserción de la hoja del año anterior.

Por otro lado, en las brevas e higos se diferencian varias partes

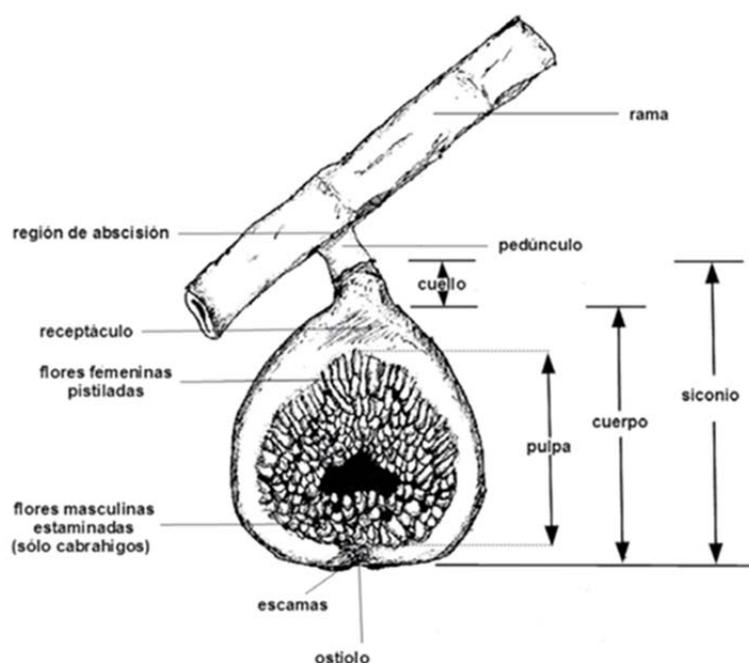


Figura I.4. Partes del fruto de la higuera.

Fuente: López-Corrales y col., 2011.

Pedúnculo: Une el fruto con la rama y es de longitud variable dependiendo de la variedad.

Cuello: Más o menos pronunciado y a veces inexistente. Une el cuerpo del fruto con el pedúnculo.

Cuerpo: Formado por el receptáculo y la pulpa. Presenta diferentes morfologías.

I. Introducción

Receptáculo: Rodea la pulpa y suele ser de color blanco o teñido a veces de color púrpura.

Pulpa: Formada por las distintas flores en función del tipo de higuera. A veces presenta una cavidad en su interior.

Ostiole: Comunica el interior del fruto con el exterior a través del canal ostiolar. Rodeado por escamas o brácteas, su apertura es variable.

I.1.3.- Cultivo de la higuera

I.1.3.1 Necesidades del cultivo

La higuera es una especie con bajos requerimientos y está adaptada a una gran variedad de climas, si bien es en el clima mediterráneo donde encuentra su hábitat natural. Es un árbol caduco, típico de regiones de veranos cálidos, de baja humedad relativa e inviernos suaves (Flaishman *y col.*, 2008). Requiere bajas necesidades de horas frío (400-500 UHF). Las temperaturas de invierno suponen un factor limitante. Normalmente se desarrolla en áreas con baja incidencia de heladas ya que su crecimiento está condicionado por las bajas temperaturas de invierno, entre -5° y -10° C, que pueden causar daños por congelación en árboles jóvenes. (Ferguson *y col.*, 1990).

Es poco exigente en **suelos**, aunque prefiere suelos bien drenados, ricos, profundos (al menos 1 m de profundidad), aireados y algo calizos, aunque también se puede adaptar a suelos pobres. Es tolerante a suelos con alto contenido en calcio, a la salinidad y a la sequía. En suelos pesados y mal drenados, la higuera suele producir frutos de calidad inferior, mientras que en suelos con alto contenido en calcio produce frutos de mejor calidad para secado (Sinha, 2003). Adicionalmente, tolera suelos con un rango de pH de entre 5,5 y 8,5, aunque su óptimo oscila entre 6 y 8. Es muy sensible al encharcamiento que le provoca asfixia radicular por lo que hay que descartar el cultivo de higuera en suelos muy fuertes y que no drenen bien.

En cuanto a las necesidades de **riego**, tradicionalmente es considerado un cultivo de secano y en estas condiciones produce los frutos más dulces. Tolerancia a condiciones de sequía mayor que el resto de frutales y es un cultivo atractivo para zonas áridas. En relación a la

calidad del agua de riego, tolera valores de conductividad eléctrica de hasta 5,5 mS/cm. Su frecuencia de riego va a depender del tamaño del árbol, del vigor, del tipo de suelo y de las precipitaciones anuales (Flaishman y col., 2008). El exceso de humedad durante la recolección provoca normalmente el rajado de los frutos y la presencia de microorganismos alterantes como los mohos.

Los estudios de **fertilización** en esta especie son escasos y sus necesidades dependen del tipo de suelo, del contenido en materia orgánica, del pH y así como de las extracciones de la higuera (Jones y col., 1991). Los fertilizantes son aplicados al agua de riego durante la etapa de crecimiento y en general, los más utilizados son abonos complejos que contienen nitrógeno-potasio-fósforo en una proporción de 20:5:20. Cuando el árbol entra en plena producción es necesario aumentar la dosis de potasio, para el completo desarrollo del fruto.

Puede **propagarse** por semillas, esquejes, acodo aéreo o por injerto, pero normalmente suele ser por esqueje por su facilidad de multiplicación. Estos esquejes o estaquillas leñosas provienen principalmente de la madera del año y suelen ser de 20-30 cm de longitud y deben contener varios nudos. En general, se plantan durante el invierno en vivero en el terreno de asiento, a unos 15- 20 cm de distancia y pueden ser tratadas con hormonas de enraizamiento para promover el desarrollo de sus raíces. La parte superior del esqueje puede ser tratada con un sellador para protegerlo de enfermedades. Entre los 12 y 15 meses siguientes, los plantones son trasplantados al campo y el marco de plantación dependerá del vigor y tipo de porte de la variedad y de la fertilidad del suelo.

El sistema de formación suele ser en vaso y la **poda** de la higuera es anual. En la aplicación de las técnicas de podas hay que tener en cuenta varios aspectos como la variedad, el hábito de crecimiento, la densidad de ramificación, el tipo productivo y el destino de la producción (fresco o seco). En general, en las plantaciones para consumo en fresco, las ramas principales (entre 3 y 5 ramas) deben insertarse a partir de unos 50-60 cm del suelo para facilitar la recolección de los frutos. Por otro lado, en plantaciones para secado, la poda es esencial en los años iniciales y la altura de inserción de las ramas principales debe ser aproximadamente a los 90-100 cm para facilitar la aireación y la pérdida de humedad de los frutos que son recogidos desde el suelo.

I. Introducción

I.1.3.2. Plagas y enfermedades

La **higuera**, en general, no presenta graves problemas de plagas y enfermedades. En relación a las plagas, los nematodos del género *Meloidogyne* son los más importantes, extendidos y los más perjudiciales para la higuera, aunque se han descrito una docena de especies que la atacan como *Heterodera fici*, *Xiphinema mediterraneum*, *Pratylenchus vulnus* y *Rotylenchus maerodoratus* (Melgarejo, 2000). Los ataques de estos nematodos se reconocen por las nudosidades que producen en las raíces de numerosas plantas. El sistema radicular detiene su crecimiento y emite una cabellera de raicillas secundarias.

Otras plagas importantes son la cochinilla de la higuera (*Ceroplastes rusci*) siendo el momento del tratamiento, en la fase de larva joven.

Por otro lado, entre las enfermedades principales destacan el virus del mosaico de la higuera. El virus se trasmite por la propagación de esquejes infectados o a través de vectores como el ácaro *Aceria ficus* o mediante insectos chupadores (Melgarejo, 2000). Esta virosis se caracteriza por una pérdida de clorofilas en las hojas y, por lo tanto, una disminución de la tasa fotosintética de la planta, disminuyendo la productividad cuando los síntomas son severos.

En los **frutos**, los pájaros de muchas especies, como por ejemplo los estorninos (*Sturnus vulgaris*), pueden causar daños durante la maduración y recolección de los frutos. En plantaciones comerciales, es uno de los principales inconvenientes ya que provoca grandes pérdidas de producción y, en consecuencia, daños económicos elevados especialmente en brevas. Para su control, a veces, se usan trampas o cebos (como ahuyentadores o redes de protección) que ayudan a reducir el daño y evitar la presencia de estos pájaros.

Entre las plagas importantes en frutos destacan la mosca del higo (*Lonchea aristella*) y la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*).

Además, otros microorganismos patógenos pueden atacar a los frutos produciendo la endosepsis o podredumbre interna que ocurre principalmente en los frutos de las higueras que necesitan polinización y se transmiten a través de la avispa *Blastophaga psenes*. El hongo provoca la pudrición de la pulpa sin que el sicono llegue a desarrollarse.

Los agentes causantes de esta enfermedad son mohos del género *Fusarium* como *Fusarium lactis* (Janick, 2006). Otros géneros de mohos que también pueden provocar podredumbres en frutos y/o ramas son *Alternaria*, *Botrytis*, *Penicilium* etc, que puede ocurrir en periodos de lluvias frecuentes y en los frutos agrietados. También especies de mohos *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* han sido descritos como responsables de la formación de aflatoxinas en higos secos e infectan a los frutos durante el proceso de secado en el árbol o en el suelo (Stover y col., 2007).

I.2.- Origen del cultivo e importancia económica

I.2.1 Origen

Recientes estudios filogenéticos han mostrado que el género *Ficus* se originó hace aproximadamente 80-90 millones de años, a finales del Cretácico, si bien su primera expansión y la de sus polinizadores se realizó después, durante la separación del continente de Gondwana, hace unos 60 millones de años (Machado y col., 2001; Datwyler y Weiblen 2004; Ronsted y col., 2005).

La higuera es originaria de Asia Central y estudios recientes indican que *Ficus carica* L. es una evolución de *Ficus carica* var. *rupestris*, que se extendió por todo el Mediterráneo antes de ser domesticada y seleccionada de forma simultánea en varios puntos de dicho área (Khadari y Kjellberg, 2009). Al igual que el olivo, la vid, la palmera datilera o el granado es una especie frutal ampliamente conocida desde muy antiguo y una de las primeras especies cultivadas en el mundo (Solomon y col., 2006; Janick, 2005, 2007). Existen evidencias arqueobotánicas que indican el uso de frutos partenocárpicos y su posible cultivo hace unos 14.000 años (Kislev y col., 2006), encontrándose signos de su cultivo en varios yacimientos del Neolítico y en tumbas y monumentos egipcios (Janick, 2005, 2006). La higuera es mencionada en la Biblia (Génesis) y son árboles que formaron parte del Jardín del Edén. Además, ha jugado un papel importante en la mitología griega, siendo empleados en ceremonias religiosas y ofrecidos como premio en los juegos olímpicos desde la antigüedad (Flaishman y col., 2008). Los higos son citados en los escritos de Cato y Teofrasto (Janick, 2006) y en la Iliada y la Odisea de Homero (850 a.C.) donde las higueras eran cultivadas en la isla de Paros (Grecia). Los fenicios y los griegos fueron los

I. Introducción

responsables de dispersar este cultivo por todo el viejo mundo. Desde Grecia, la higuera se extendió por el norte del Mediterráneo y a tierras del Adriático hasta el sur de Italia.

El uso de la higuera también aparece referenciado durante el Imperio Romano donde Rómulo y Remo fueron amamantados por una loba bajo una higuera. Más tarde, Plinio el Viejo citó en sus escritos a los higos de Ebusus (Ibiza), como unos de los de mayor calidad de todo el Imperio y enumeró 29 variedades de esta especie (Ferguson *y col.*, 1990).

Con la invasión árabe, se extendió desde el norte de África hasta España y Portugal implantándose rápidamente. A partir del siglo XV, los misioneros españoles y portugueses introdujeron y difundieron su cultivo hacia el Nuevo Mundo por Cuba, Perú, México, Argentina y después en los Estados Unidos.

Actualmente, la higuera es cultivada en los cinco continentes y está ampliamente extendida por los países de la cuenca Mediterránea con clima moderado, donde vegeta en multitud de suelos y climas debido a su tolerancia a la sequía y a la salinidad (Stover *y col.*, 2007; Flaishman *y col.*, 2008; Crisosto *y col.*, 2011; López-Corrales *y col.*, 2011).

I.2.2.- Importancia económica

A nivel mundial, la superficie de cultivo de la higuera supera las 390.000 ha, con una producción de 1.117.452 t en 2013 (FAOSTAT, 2015). Los principales países productores se localizan en el área mediterránea, si bien su cultivo también se ha establecido en lugares tan distantes como EEUU, Brasil, China, Sudáfrica o Japón. Turquía, lidera la producción mundial de higo con el 24 %, seguido por Egipto, Argelia, Irán, Marruecos y Siria (Figura I.5), destinándose más del 70 % de la producción turca para el consumo en seco.

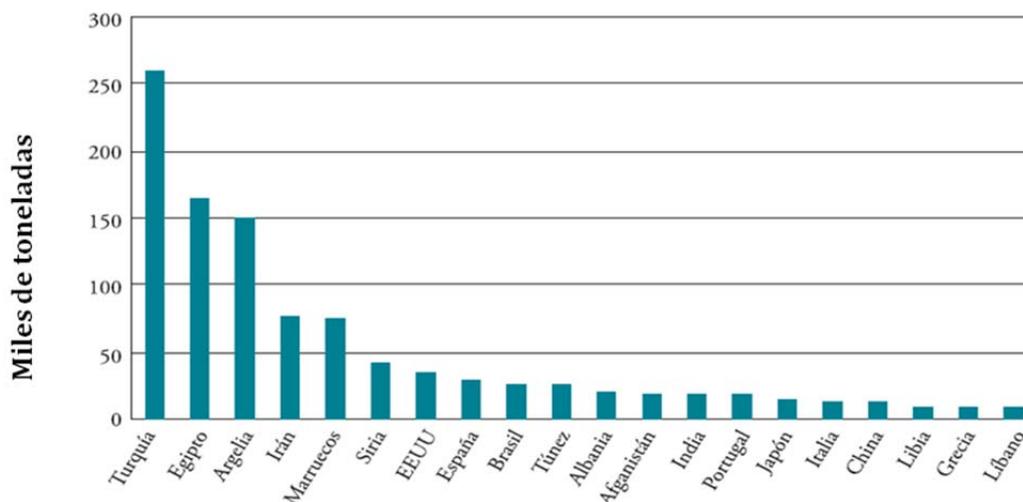


Figura I.5. Principales países productores de higo en el mundo.

Fuente: FAOSTAT, 2015.

En Europa, España es el mayor productor con 23.285 t, que supone el 25 % de la producción europea y el 3 % de la producción mundial, seguido por Albania, Alemania, Portugal, Italia, Grecia, Montenegro, Francia y Croacia. Durante los últimos 20 años, se ha observado una disminución global de la superficie cultivada de un 7 % aproximadamente y un aumento de la producción y rendimientos del 5 al 12 % respectivamente durante el mismo periodo (FAOSTAT, 2015).

Las Comunidades Autónomas con mayor superficie cultivada en los últimos años han sido Extremadura (5.100 ha), Andalucía (2.038 ha, principalmente en las provincias de Granada, Huelva y Málaga) y las Islas Baleares (1.044 ha). Otras Comunidades con menores superficies en plantación regular son Galicia (616 ha, principalmente en las provincias de La Coruña y Orense), Comunidad Valenciana (499 ha, principalmente en Alicante), Castilla la Mancha (127 ha cultivadas en Toledo), Castilla y León (246 ha principalmente en Ávila) y Canarias (279 ha, cultivadas en Santa Cruz de Tenerife) (MAGRAMA, 2015).

De esta superficie total de higuera en España, más del 85 % se cultiva en secano, principalmente en Extremadura, Andalucía e Islas Baleares que en conjunto, suponen el 76 % de la superficie cultivada. El 15 % restante se cultiva en tierras de regadío o secanos húmedos como en la Comunidad Valenciana y Castilla y León, siendo éstos mucho más

I. Introducción

productivos, ya que con un 6 % de la superficie cultivada la producción es más del 20 % de la nacional (MAGRAMA, 2015).

A nivel regional, Extremadura lidera la superficie en plantación regular con 5.058 ha y una producción de casi 6.000 t, que supone el 47 y el 26 % de la superficie y producción española respectivamente. De esta superficie total, 2.961 ha corresponden a la provincia de Badajoz y 2.988 ha a la de Cáceres (MAGRAMA, 2015). En Badajoz, los higuerales se localizan principalmente al sur de la provincia, en las comarcas de los Llanos de Olivenza, Sierra Suroeste y Tentudía, en municipios como Barcarrota, Jerez de los Caballeros, Salvaleón o Monesterio. Se trata de plantaciones en secano, con amplios marcos de plantación y formados en alto para favorecer en el ruedo de las higueras las labores de cultivo y principalmente la alimentación del ganado porcino. También existen plantaciones regulares en los municipios del Norte de la comarca de Vegas Bajas como en La Nava de Santiago, La Roca de la Sierra o Trujillanos, así como en Guareña perteneciente a las Vegas Altas. En la provincia de Cáceres, se diferencian dos zonas productoras: una al sur en la Tierra de Montánchez, principalmente en los municipios de Almoharín, Arroyomolinos de Montánchez o Valdefuentes. Son plantaciones monovarietales en secano, con árboles de gran tamaño, cuyo destino es el consumo en seco para alimentación humana y/o animal. La otra zona corresponde al norte de la provincia, en las comarcas de la Vera y del Valle del Jerte, cuya producción, se destina fundamentalmente a la alimentación humana pudiendo ser consumida tanto en fresco como en seco (López-Corrales *y col.*, 2012).

En relación al comercio exterior, Turquía es el principal país exportador de higo seco y fresco que junto con España son los únicos países que exportan un volumen considerable de ambos tipos de frutos. Los principales países receptores de higos españoles varían según el destino de la producción (consumo en fresco o seco). Así Francia, es el principal mercado receptor del higo fresco, mientras que Portugal, México y EEUU lo son para el higo seco. Estas exportaciones suponen un volumen de unas 3.000 t de higos secos y 2.000 t de frescos por un valor aproximado de 7 millones de euros (FAOSTAT, 2015).

Por otro lado, los principales países importadores son Francia y Alemania que suman casi un 30 % de las compras mundiales, seguido de otros como EEUU, Rusia y Reino Unido. España importa un total de 5.026 t de higo seco, de las cuales 97 % procede de

Turquía y el resto de Alemania, Argentina, Bélgica, Holanda y Francia. Las importaciones españolas de higo fresco son muy pequeñas, unas 138 t, principalmente de Turquía (35 %), Francia (16 %) y Holanda (16 %) (FAOSTAT, 2015).

I.3.- Variedades de higuera

Las higueras se clasifican en cuatro tipos en base a las cosechas que producen y a su biología reproductiva (Condit, 1955):

1) **Cabrahigo**. No produce frutos comestibles y es esencial para el desarrollo de los frutos en las higueras que necesiten polinización, ya que es el único que contiene las flores masculinas productoras de polen. Este proceso de polinización se denomina caprificación y es llevada a cabo por un himenóptero denominado *Blastophaga psenes* L., cuyo ciclo de vida está íntimamente ligado al cabrahigo. Esta avispa de unos 2 mm de longitud, presenta un acusado dimorfismo sexual. La hembra es alada, de color negro y ligeramente mayor que el macho, mientras que los machos no tienen alas, son de color ámbar y presentan un abdomen muy largo, siendo su misión fecundar a las hembras (Bernal, 2012).

2) **Higuera común**. Son higueras partenocárpicas en las que los siconos se desarrollan o maduran sin necesidad de caprificación y son las más cultivadas en España. Ello no quiere decir que no puedan ser caprificadas, en cuyo caso las infrutescencias presentan una serie de caracteres tales como un mayor tamaño, una coloración más intensa de la pulpa y una mayor calidad gustativa. Se clasifican en dos grupos: las “bíferas” producen dos cosechas, brevas e higos. Las brevas son más grandes y jugosas y normalmente se consumen en fresco, mientras que los higos son más pequeños y pueden consumirse tanto en fresco como en seco. Las “uníferas” que sólo producen una sola cosecha de higos.

3) **Higueras de tipo San Pedro**. Producen dos cosechas al año, una de brevas sin necesidad de polinización y otra de higos mediante caprificación.

4) **Higueras de tipo Esmirna**. Produce una única cosecha de higos con caprificación. En España aunque se puede encontrar la avispa polinizadora, no existe tradición en cultivar este tipo de higueras, mientras que en otros países como Turquía, Túnez, Grecia, parte de Portugal y en California son las más cultivadas.

I. Introducción

De las variedades descritas por Condit (1995), el 78 % son higueras tipo común, menos del 4 % son de tipo San Pedro y el 18 % restante de tipo Esmirna.

En relación a la caracterización de variedades de higuera, se han realizado estudios de caracterización agromorfológica desde el siglo XIX por diversos autores (Gasparrini, 1845; Estelrich, 1910; Condit, 1955; Ferguson y *col.*, 1990; Sousa, 1990; Lauri y *col.*, 1993; Mars y *col.*, 1998; Grassi 1997; Roger 2003; Oukabli 2003, Chessa y Nieddu, 2005; Gil y *col.*, 2009). Sin embargo, el número de caracteres utilizados y los diferentes criterios y las metodologías de trabajo no son uniformes y difieren según los autores.

Teniendo en cuenta esta problemática, expertos de diferentes países elaboraron una lista de caracteres descriptivos comunes que fue aprobada y publicada por el IPGRI y CIHEAM en 2003. Esta lista incluye 192 caracteres (sin incluir los caracteres propios de la higuera masculinas y teniendo en cuenta las dos cosechas y los 3 tipos de hojas), de los cuales 126 son cualitativos y 66 son cuantitativos, agrupados por características biológicas, de crecimiento, de hoja, de frutos y de evaluación de la planta frente a plagas y enfermedades. Para asegurar la correcta identificación de los niveles de expresión de los caracteres, en el descriptor se proponen dos ciclos vegetativos como número mínimo de período de observaciones.

A pesar de su complejidad, la caracterización morfológica es necesaria para una correcta identificación de las variedades, permite comprobar que las diferencias genéticas se expresan en el fenotipo, de acuerdo con la definición de variedad. Sin embargo, el alto número de caracteres a analizar dificulta la ejecución e incluso puede resultar inoperante cuando se quiere obtener resultados a corto plazo. Para simplificar el proceso de caracterización, en el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, CICYTEX- "La Orden", en Guadajira (Badajoz), se ha trabajado durante los años 2001-2005 con todas las variables, y mediante análisis estadísticos se han seleccionado 30 caracteres cuantitativos y 34 caracteres cualitativos altamente discriminantes (Giraldo, 2005; Giraldo, 2008a, b). Estos estudios han constituido la base para la elaboración del descriptor internacional de la UPOV para la higuera a partir de los debates de los grupos de expertos de frutales desarrollados durante el periodo 2007-2010 y coordinados por expertos españoles.

Aunque la caracterización morfológica se ha utilizado con éxito para describir un amplio número de variedades, la expresión de los caracteres se ve influenciada por la interacción del fenotipo por el ambiente. Para paliar los inconvenientes al igual que en otras especies frutales (Wünsch y Hormaza, 2002), en estos últimos años se han desarrollado diferentes técnicas moleculares para la evaluación e identificación de variedades de higuera, de forma que la caracterización genotípica pueda complementar a la caracterización morfológica (Giraldo *y col.*, 2008b).

Por otro lado, la creación de colecciones de genes o Bancos de Germoplasma ha permitido la recolección, el mantenimiento y la conservación del mayor número de genotipos distintos disponibles, evitando en la medida de lo posible, la erosión genética de esta especie. Países como España, Italia, Rusia, Marruecos, Israel, Grecia, Portugal y Francia han creado Bancos de Germoplasma para conservar así sus recursos fitogenéticos (López-Corrales *y col.*, 2011).

En España es importante destacar el Banco de Germoplasma de higuera también localizado en el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, CICYTEX- “La Orden” en Guadajira (Badajoz), en el que se conservan más de 350 variedades distintas, de las cuales el 85 % son representativas de la diversidad cultivada en España interesantes para el cultivo destinado al consumo en fresco como para el secado.

Otra colección de higueras importante en nuestro país se encuentra localizada en el Campo Experimental de “Son Mut Nou”, en Mallorca, que cuenta con alrededor de 700 entradas, de las cuales 251 corresponden a variedades autóctonas de las Islas Baleares.

La mayoría de las variedades utilizadas en España corresponden al grupo de las partenocárpicas (bíferas o uníferas) y en menor medida las de tipo San Pedro. Las de tipo Esmirna no son utilizadas debido a sus mayores requerimientos de mano de obra y predominan más en países como Turquía o Túnez. Muchas de las variedades existentes apenas muestran interés comercial debido a la mala calidad organoléptica, a su pequeño tamaño o a su escasa producción y en algunos casos sólo existen algunos ejemplares aislados.

En España, cada zona de producción cultiva diferentes variedades, siendo las más características las que se describen a continuación (López-Corrales *y col.*, 2011):

I. Introducción

I. 3.1.- Variedades destinadas al consumo en seco

Estas variedades pueden ser consumidas en fresco aunque sus características las hacen especialmente aptas para el secado:

'Calabacita'. De origen extremeño, es la variedad por excelencia para el secado en Extremadura. Es bífera, con baja producción de brevas y media de higos. De maduración temprana (finales de junio las brevas y de julio los higos), presenta higos de forma esférica y tamaño pequeño-medio. La piel es de color verde amarillento, fina y consistente; la pulpa es de color ámbar y con un pedúnculo en general largo. Presenta una excelente calidad



organoléptica y por sus características es la más demandada, siendo una variedad en expansión. Es la variedad más cultivada en Extremadura, principalmente en la Tierra de Montánchez en los municipios de Almoharín, Arroyomolinos de Montánchez y Valdefuentes.

Figura. I.6. Variedad 'Calabacita'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

'Picholetera' (sinónima de **'Pezón Largo'**). Es extremeña, unífera, con alta producción de higos y de maduración tardía (primeros de agosto). Los higos son de tamaño



grande, con forma cucurbiforme con un característico cuello largo, de color verde amarillento y pulpa rosa. Son higos de excelente calidad organoléptica, con piel elástica y alto contenido en sólidos solubles. Se cultivada principalmente de la zona de la Vera y del Valle del Jerte.

Figura. I.7. Variedad 'Picholetera'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

La Casta'. Extremeña. Variedad unífera, de fecha de maduración media. Es una de las más cultivadas en la provincia de Badajoz. Presenta frutos esféricos de tamaño medio,



de color verde amarillento y pulpa de color rojo anaranjado, ostiolo abierto y pedúnculo corto. La piel es delgada, se rompe con facilidad, lo que hace que los frutos se manchen mucho unos con otros en la recolección. Secados tradicionalmente, su escasa calidad organoléptica la ha destinado fundamentalmente a pasta de higo o a consumo animal.

Figura. I.8. Variedad 'La Casta'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

I.3.2.- Variedades de doble aptitud: consumo en fresco y secado

'Cuello de Dama Blanco' (sinónima de **'Blanca Cabezuela'**, **'Gota de Miel'**, **'Del Guardia'**, **'Kadotta'**, **'Dottato'**, **'Ottato'**). Es una variedad muy antigua de origen italiano. Variedad bífera, con una producción baja de brevas y muy alta de higos. Su fecha de maduración es media tanto para brevas como para higos. Las brevas son de tamaño medio con forma urceolada y de color verde amarillento. Su piel es muy delgada aunque resistente, por lo que no se rompe con facilidad y se pela mal, quedándose adherida parte de la pulpa a la piel al separarlas. Su pulpa es de color ámbar. Los higos son de tamaño medio, con forma esférica y color amarillo verdoso. La pulpa es de color ámbar y tiene una



calidad organoléptica excelente. La piel es gruesa, elástica y resistente y se pelan muy bien. Presenta doble aptitud, es decir que los higos se aprovechan tanto para consumo en fresco como para secado. Se cultiva principalmente en el Valle del Jerte, La Vera y por municipios del sur de la provincia de Ávila.

Figura. I.9. Variedad 'Cuello Dama Blanco'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

I.3.3.- Variedades destinadas al consumo en fresco

‘Cuello de Dama Negro’ (sinónima de **‘Albacor’**, **‘Colar Elche’**, **‘Mission’**, **‘Franciscana’**). Se trata de una variedad comúnmente cultivada en Italia, sur de Francia y España. En la monografía de variedades de higueras de Condit (1955) aparece como “San Piero” que fue descrita con este nombre por Gallesio en 1817. Si bien, este autor indica que la primera descripción la hizo Porta en 1592 que la denominó “Corbo”. No obstante, Estelrich (1910) la describe con el nombre de **‘Albacor’**, con el cual ya aparecía inventariada en 1358, nombre de origen árabe que significa temprana. Variedad bífera, con una importante producción de brevas. El periodo de maduración de las brevas tiene lugar hacia la tercera semana de junio. Son piriformes, con pedúnculo corto que se desprende con dificultad de la madera, y ostiolo pequeño. La piel es de color morado intenso y muy resistente. La pulpa es de textura media y color rosa. Los higos tienen forma ovoidal, con pedúnculo corto de fácil desprendimiento y el ostiolo también pequeño. La piel es de color morado intenso, casi negro, delgada, pero muy resistente. La pulpa es de color rosa, de textura fina, con aquenios muy numerosos que llenan casi totalmente el receptáculo. El período de recolección de higos es desde mediados de agosto, situándose la máxima producción en la tercera semana de agosto. Está bien adaptada a las condiciones de secano



y presenta muy buena aptitud a la manipulación y transporte por lo que responde perfectamente a las exigencias del consumo en fresco. En España, se cultiva principalmente en las provincias de Valencia, Alicante y Murcia donde es apreciada por la producción de sus brevas de excelente calidad y tamaño para consumo en fresco.

Figura. I.10. Variedad **‘Cuello Dama Negro’**.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

‘San Antonio’. Es una variedad extremeña, bífera de producción media de brevas e higos. La maduración es temprana en brevas e higos. En la primera decena de junio maduran las brevas y en la última semana de julio los higos. Ambos frutos son de tamaño medio, de forma cucurbiforme las brevas y urceolados los higos. El color de piel es verde amarillento con sobrecolor entre púrpura y marrón. La pulpa es de color ámbar, con alta

jugosidad. Está perfectamente adaptada al cultivo en las condiciones de secano y presenta una buena calidad organoléptica. Presenta como inconveniente, necesitar una



manipulación muy cuidadosa, ya que la piel se desprende con facilidad para su comercialización en fresco. Es una variedad en expansión en las comarcas del sur de Badajoz, muy recomendable por ser una de las más tempranas.

Figura. I.11. Variedad 'San Antonio'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

'Tiberio' (sinónima de **'Lampaga'**, **'Pacueca'**, **'Lampa Preta'**, **'Villalba'**, **'Lampeira'**, **'Lampas'**). Su origen es portugués y es una variedad de tipo San Pedro, que se cultiva principalmente por sus brevas de gran tamaño, siendo necesaria la caprificación



para la producción de higos. La época de maduración es media, hacia la tercera semana de junio y son brevas de color verde marrón, con piel fina, elástica y muy brillante. La pulpa es marrón claro y con unas características que la hacen comercialmente muy atractiva para consumo en fresco. Se cultiva principalmente en la zona sur de Badajoz.

Figura. I.12. Variedad 'Tiberio'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

I. Introducción

'Nazaret'. Es una variedad de tipo San Pedro, de origen israelita y muy productiva que se cultiva principalmente para la producción de las brevas. Variedad de maduración temprana, presenta frutos de tamaño grande, forma esférica y de color verde. La pulpa es



de color ámbar. La piel es resistente, elástica y brillante y se pela muy bien. Para la obtención de frutos de calidad, esta variedad debe cultivarse en zonas frescas con elevada humedad ambiental y temperaturas no muy elevadas. En España, se cultiva principalmente en las comarcas de la Vera y el Valle del Jerte.

Figura. I.13. Variedad 'Nazaret'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

'Negra Cabezuela'. Es del Norte de la provincia de Cáceres y es una variedad bífera y de producción media. Las brevas maduran en la primera decena de Junio, alcanzándose las máximas producciones y las mejores calidades en las primeras recolecciones. Ambos son frutos de tamaño grande, con piel resistente, elástica y brillante, de color de fondo



verde manzana y un sobrecolor púrpura con lenticelas de color blanco o verde más oscuro que la piel. Se pela muy bien. Para la obtención de frutos de calidad esta variedad debe cultivarse en zonas frescas con elevada humedad ambiental y temperaturas no muy elevadas. Se cultiva principalmente en el Valle del Jerte y La Vera.

Figura. I.14. Variedad 'Negra Cabezuela'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

'De Rey' (sinónima de 'Rei'). Su origen es portugués, bífera y poco productiva en brevas e higos. De fecha de maduración tardía (finales de junio las brevas y finales de agosto los higos). Los frutos son de tamaño medio, de forma principalmente cucurbiformes las brevas y turbinados los higos, de color verde amarillento y sobrecolor púrpura. La pulpa es de color ámbar y rojo, con un elevado contenido en sólidos solubles y de excelente calidad organoléptica. Presenta muy buena aptitud a la manipulación por lo que es



interesante para el consumo en fresco directo. No obstante, tiene el inconveniente de ser muy sensible al cultivo en condiciones severas de secano, perdiendo sus frutos buena parte de su calidad y disminuyendo drásticamente el calibre. Se cultiva principalmente al sur de la provincia de Badajoz.

Figura. I.15. Variedad 'De Rey'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

'Brown Turkey' (sinónima de 'Albatera', 'Negro Largo', 'San Piero', 'California Brown Turkey', 'Black Doruo', 'Negro de España', 'Noire de Languedoc'). Su origen es el sur de Francia e Italia. Bífera con alta producción de brevas e higos. Sus frutos son de gran tamaño, turbinados. Con una maduración media de brevas e higos. El color de su piel es amarillo verdoso con un sobrecolor púrpura y su pulpa es rosa. Su único inconveniente



es que presenta una gran apertura del ostiolo y una gran cavidad interior, cuyos frutos maduros pueden presentar zonas oxidadas que deprecian la calidad tanto de las brevas como de los higos. En España, se cultiva principalmente por municipios del sur de la provincia de Ávila.

Figura. I.16. Variedad 'Brown Turkey'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

I. Introducción

'Col de Dame Negro' (sinónima de 'Coll Dame Negre', 'Coll de Dama Negre').

Variedad de origen francés. Es unífera, con una producción media de higos. Los **higos** maduran a mediados de agosto, situándose la máxima producción hacia mediados de



septiembre. La forma del higo, es generalmente piriforme con un color de piel púrpura con aristas longitudinales más oscuras y buena consistencia. La pulpa es fina y de color granate. El ostiolo es semiabierto y el pedúnculo medio. Se cultiva principalmente en Cataluña, en la provincia de Lérida.

Figura. I.17. Variedad 'Col de Dame Negro'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

I.3.4.- Otras variedades de nuevo estudio

'Banane'. (sinónima de **'Longue D'août', 'Figue banane', 'Jérusalem'**) Variedad bífera de origen francés, con una alta producción de brevas e higos. La época de



maduración es temprana-media y son frutos de tamaño grande, con forma piriforme las brevas y ovoidal los higos y con contenido medio en azúcar. El color de la piel es verde amarillento y sobrecolor púrpura. La pulpa es de color rojo, jugosa y de buena calidad organoléptica. Es una variedad interesante para el consumo en fresco, si bien requiere un cuidadoso manejo.

Figura. I.18. Variedad 'Banane'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).



Figura. I.19. Variedad 'Dalmatie'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

'Moscatel Negra'. Variedad bífera de origen español con una producción media de



brevas e higos. De fecha de maduración media las brevas y temprana los higos, los frutos son de tamaño medio, de forma turbinada las brevas y esférica los higos, de color amarillo verdoso y sobrecolor púrpura. La pulpa es de color marrón claro y son frutos dulces y firmes, de buena calidad y recomendables para el consumo en fresco.

Figura. I.20. Variedad 'Moscatel Negra'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

'Blanca Bétera'. Variedad bífera de origen valenciano con una producción baja de



brevas e higos, con fecha de maduración temprana para brevas e higos. Los frutos son de tamaño medio, con forma turbinada las brevas y urceolada los higos, con color de piel verde amarillento y pulpa rojo anaranjado. Presentan baja jugosidad pero con calidad aceptable para el consumo en fresco. Variedad interesante por su precocidad en maduración de brevas e higos.

Figura. I.21. Variedad 'Blanca Bétera'.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

I. Introducción

‘Tres Voltas L’Any’ (sinónima de ‘D’en Manel’). Variedad bífera de origen francés, con producción baja de brevas e higos y con fecha de maduración media para brevas e higos. Las brevas presentan un tamaño mediano, con forma urceolada mientras que los



higos son pequeño y esféricos. Ambos presentan un color de piel verde amarillento con un sobrecolor púrpura y una pulpa roja anaranjada. Presentan una jugosidad media pero con calidad aceptable para el consumo en fresco.

Figura. I.22. Variedad ‘Tres Voltas L’Any’.

Fuente: Dpto. Hortofruticultura (CICYTEX).

Las variedades cultivadas en los principales países productores, así como sus características productivas y de calidad aparecen descritas en la revisión realizada por Flaishman *y col.* (2008).

II.1.- Composición química de brevas e higos

II.1.1. - Componentes nutricionales

Las brevas y los higos han estado presentes en la dieta de diferentes culturas desde la antigüedad y han sido muy valorados por sus excelentes características nutricionales (Vinson, 1999; Slavin, 2006). Han sido descritos como una fuente importante de minerales (principalmente de potasio, calcio y hierro), vitaminas y fibra entre otros componentes, libres de sodio, grasa y colesterol, lo cual les confiere un alto valor nutricional. Estos compuestos nutritivos se encuentran en altos niveles en comparación con otras frutas como plátanos, uvas, naranjas, fresas y manzanas (Chessa, 1997; Vinson, 1999; Vinson y col., 2005; Solomon y col., 2006; Slavin, 2006; Crisosto y col., 2010).

El contenido de **agua** en brevas e higos representa el componente mayoritario, al igual que en otras frutas, con cantidades de entre un 70-80 % de la composición de los mismos (Tabla II.1). Es conveniente la recolección del fruto cuando el contenido del agua sea mayor, así los frutos se encontraran más turgentes y se conservarán mejor. El exceso de agua hace que los frutos sean más sensibles al desarrollo de microorganismos y, por lo tanto, a la disminución de su vida útil.

Tabla II.1. Composición del higo fresco por 100 g de porción comestible (Moreiras y col., 2013, USDA,2016). Tr:trazas.

Valor nutricional del higo fresco por 100 g			
Macronutrientes		Minerales	
Agua (g)	80,3	Macroelementos	
Carbohidratos (g)	13	K (mg)	270
Fibra (g)	2,9	Ca (mg)	40
Proteínas (g)	1,3	P (mg)	22,5
Grasas (g)	0,5	Mg (mg)	20
Vitaminas		Na (mg)	2
A (µg)	8	Cl (µg)	18
B1 (mg)	0,06	Microelementos	
B2 (mg)	0,05	Fe (mg)	0,6
B3 (mg)	0,5	Zn (mg)	0,3
B6 (mg)	0,11	Mn (mg)	0,04
C (mg)	2	Se	Tr
Aporte energético (kcal)			65

I. Introducción

Son fuente importante de **hidratos de carbono**, representan del 13 al 16 % del peso del fruto, que provienen principalmente de azúcares, lo que aporta una energía de 65 Kcal/100 g de porción comestible (Tabla II.1). Los hidratos de carbono descritos en brevas e higos están fundamentalmente representados por glucosa, fructosa y sacarosa, siendo el contenido en glucosa más elevado (37 g/100 g) que el contenido en fructosa (28 g/100 g), mientras que el contenido en sacarosa se encuentra en bajos niveles o casi inexistente, dependiendo de la variedad (Tsantili, 1990; Veberic *y col.*, 2008a; Çalışkan y Polat, 2012). Junto con el plátano, la chirimoya y las uvas, las brevas y los higos son unas de las frutas con mayor contenido en azúcares (Moreiras *y col.*, 2013). Por otro lado, la composición en el contenido de estos azúcares va a influir sobre la textura, el sabor y el valor nutricional de la fruta fresca (Veberic *y col.*, 2008a).

Muy importante tanto en brevas como en higos es su contenido en **fibra** (Tabla II.1), el cual supone un 2 % del peso fresco total, mientras que en higos secos alcanza valores de hasta 5,8 %, siendo estos valores muy superiores al de otras frutas (Vinson, 1999; Vinson *y col.*, 2005; Solomon *y col.*, 2006). Más del 28 % de dicha fibra es soluble, la cual tiene un efecto positivo sobre la salud humana controlando los niveles de azúcar y colesterol en sangre, así como contribuyendo a la pérdida de peso (Vinson, 1999). Asimismo, previene la degeneración muscular y facilita el tránsito intestinal gracias a su efecto laxante. Varios trabajos asocian una dieta rica en fibra con efectos positivos en la prevención de estas enfermedades (Ramulu *y col.*, 2003; Vicente *y col.*, 2009). No obstante, estos efectos son variables, dependiendo de la dieta global, estilo de vida y de la respuesta de cada individuo (Vicente, 2009). Por tanto, las brevas y los higos son frutas recomendables para todas las personas en general por su aporte natural de azúcares y fibra, y en particular, para quienes necesiten un aporte extra de energía; embarazadas, lactantes, niños en época de crecimiento, adolescentes y para personas con un desgaste físico o intelectual importante.

El aporte de **proteínas** en brevas e higos es bajo, entre un 0,75-1,2 % del peso total del fruto (Moreiras *y col.*, 2013; USDA, 2016). En las brevas e higos están presentes 17 tipos de aminoácidos esenciales como son el ácido aspártico, glutámico, prolina, alanina, serina y leucina entre otros (Lianju *y col.*, 2003). Por contra, presenta bajas cantidades de metionina, cisteína y triptófano.

Los niveles de **grasas** en brevas e higos son bajos o casi inexistentes (0,5 g), pero se han encontrado fitoesteroles (Jeong y Lachance, 2001). Estos compuestos ofrecen efectos beneficiosos para la salud, como son el tratamiento de enfermedades como el reuma, la artritis, las alergias, enfermedades relacionados con el estrés así como evitar o prevenir enfermedades degenerativas como el cáncer de colon (Oomah y Mazza, 1999).

Con respecto a los **ácidos orgánicos**, las concentraciones de los ácidos málico y cítrico presentes en los higos oscilan entre 1,36- 1,86 g/kg de porción comestible para el ácido cítrico y 0,52-0,76 g/kg para el ácido málico dependiendo de la variedad (Slatnar y col., 2011). En el caso de las brevas según Melgarejo y col. (2003) los valores oscilarían entre 0,2-0,4 g/kg para el ácido cítrico y 0,16-0,2 g/kg para el ácido málico. El sabor ácido de las brevas e higos, se debe principalmente a estos ácidos y en menor medida a los ácidos succínico, oxálico, tartárico, formárico y ascórbico (Tsantili, 1990; Melgarejo y col., 2003; Aljane y Ferchichi, 2009; Slatnar y col., 2011; Trad y col., 2014). El contenido de estos ácidos disminuyen durante la maduración al transformarse, en parte, en azúcares simples o a la utilización de los ácidos orgánicos como sustrato durante la respiración (Shiraishi y col., 1996; Crisosto y col., 2010). La composición y naturaleza de estos compuestos, al igual que los azúcares, han demostrado tener una gran influencia sobre las propiedades organolépticas de la fruta ya que juegan un papel importante en el aroma de los mismos.

A su vez, estos frutos son ricos en **minerales** (Tabla II.1), de dos a cuatro veces más que en otras frutas (Sinha, 2003; Venu y col., 2005). Entre los principales minerales destacan potasio(K), hierro (Fe) y calcio (Ca) (Vinson, 1999; Aljane y Ferchichi, 2009). Estos minerales se encuentran en elevadas concentraciones, en cantidades de 270 mg/100 g para K, 35 mg/100 g para Ca y 0,37 mg/100 g para Fe (Moreiras y col., 2013; USDA, 2016). También en brevas e higos destaca su contenido en magnesio (Mg) y fósforo (P) con 17 y 14 mg/100 g respectivamente. El potasio es el elemento mayoritario en las mayoría de las frutas y se encuentra en elevadas concentraciones en plátanos, kiwi y naranjas, mostrando un mayor contenido que en brevas e higos (537, 312, 169 mg/100 g respectivamente) (USDA, 2016). Los minerales, a su vez, juegan un papel importante en la salud humana derivado de su consumo, por ejemplo, el calcio es muy beneficioso para fortalecer los huesos y evitar la descalcificación combatiendo la osteoporosis (Slavin, 2006). El potasio contribuye a bajar la presión sanguínea, regular los latidos cardíacos, ayuda en la contracción muscular y libera la energía de las grasas, carbohidratos y

I. Introducción

proteína.. De manera indirecta, los minerales también intervienen en la calidad del fruto y en la posterior aceptación del consumidor. El potasio, por ejemplo, participa en la regulación del pH y la acidez del fruto, mientras que el calcio se relaciona con la textura (Vicente *y col.*, 2009).

Entre las **vitaminas** presente en estos frutos se encuentran las vitaminas A (8 µg/100 g), B1 (Tiamina, 0,06 mg /100 g), B2 (Riboflavina, 0,05 mg/100 g) y B3 (Niacina, 0,5 mg/100 g) entre otras (Moreiras *y col.*, 2013; USDA, 2016). Debido a su riqueza en vitaminas, estos frutos se consideran un buen agente antioxidante frente a los radicales libres, así como para la prevención de enfermedades cardiovasculares, degenerativas o cáncer (Vinson *y col.*, 1999; Machado *y col.*, 2010). El contenido en vitamina C en brevas e higos es bajo, del orden de 2 mg ácido ascórbico/100 g en comparación con otras frutas como el kiwi (118 mg/100 g), las naranjas (53 mg/100 g) o las fresas (57 mg/100 g) que presentan concentraciones elevadas (Vicente *y col.*, 2009; Moreiras *y col.*, 2013; USDA, 2016). La vitamina C comprende la suma del ácido ascórbico (AA) más el ácido dehidroascórbico (ADA). El ácido ascórbico es probablemente el antioxidante hidrosoluble más ampliamente distribuido en los vegetales (Oliveira *y col.*, 2009) y es susceptible a la oxidación pasando a ácido dehidroascórbico rápidamente. Las brevas e higos, al igual que otras frutas tropicales, son más ricas en AA que en ADA. El contenido en vitamina C se ha observado que desciende a lo largo de la maduración siendo mayor el contenido en AA en las frutas inmaduras o medio maduras que en las frutas maduras (Valero y Serrano, 2010). El contenido en vitamina C también se ve influenciado por las condiciones ambientales, en general, temperaturas inferiores a 20°C favorecen el aumento de vitamina C (Martínez-Madrid *y col.*, 2001).

II.1.2- Componentes volátiles

Los compuestos volátiles presentes en frutas frescas afectan significativamente a la calidad sensorial, principalmente al sabor y al aroma de la fruta, y se debe especialmente a una mezcla compleja de varios compuestos químicos (Riu-Aumatell *y col.*, 2004). La concentración de estos compuestos, en general, es baja (0,001-0,01 %) pero tiene un gran impacto sobre la calidad de la fruta (Oliveira *y col.*, 2010a). Entre los compuestos volátiles descritos en brevas e higos destacan principalmente los ésteres, muchos con aromas típicos a fruta, los aldehídos, los terpenos, los alcoholes, las cetonas y las lactonas (Gozlekci *y col.*,

2011). Oliveira *y col.* (2010a) identificaron hasta 59 compuestos volátiles tanto en la piel como en la pulpa de los higos de variedades típicas portuguesas. Entre los compuestos identificados destacaron, acetaldehído, acetato de etilo, metanol, etanol, hexanal, (E)-2-hexanal, benzil-alcohol, benzaldehído, octanal, así como monoterpenos y sesquiterpenos como el limoneno, β - carifileno, germacreno-D entre otros, siendo los aldehídos y terpenos los que se encontraron en mayor proporción. Además, estos autores también han puesto de manifiesto que estos compuestos se encuentran en mayor diversidad en la pulpa que en la piel y la existencia de diferencias entre los perfiles de variedades verdes y negras. Otros autores como Gozlekci *y col.* (2011), Li *y col.*, (2011) y Grison-Pigé *y col.* (2002) también han identificado compuestos volátiles en la variedad turca 'Bursa Siyahi', en hojas e higos originarios de China, así como en distintas especies del género *Ficus*. Estos compuestos volátiles pueden verse influenciados por el genotipo, las condiciones climáticas, el estado de maduración del fruto y por factores tecnológicos (Douillard y Guichard, 1990). Durante la maduración de los higos, el olor característico a fruta se produce como resultado del aumento de la producción del etileno (punto climatérico), que se corresponde con el estado de maduración comercial de los higos (Borges *y col.*, 2011; Freiman *y col.*, 2012). Pequeñas cantidades de hidratos de carbono, lípidos, proteínas y aminoácidos se catabolizan y dan lugar a distintos compuestos volátiles. La velocidad de formación de estas sustancias aumenta después del inicio del climaterio y el proceso continúa tras la recolección de la fruta hasta que comienza la senescencia (Arthey y Ashurst, 1997). En la madurez, la fruta logra el aroma óptimo, pero se vuelve muy vulnerable al deterioro.

II.1.3.- Componentes bioactivos

Las brevas y los higos son frutas que poseen una serie de compuestos orgánicos que ofrecen un efecto beneficioso para la salud humana (Solomon *y col.*, 2006; Veberic *y col.*, 2008b; Çalışkan y Polat, 2011) debido a que bloquean el efecto dañino de los radicales libres implicados en muchos procesos degenerativos a causa del estrés. Estos compuestos por presentar una acción funcional son denominados bioactivos, o fitoquímicos. Dentro de este grupo de compuestos destacan principalmente los compuestos fenólicos o polifenoles.

II.1.3.1.- Componentes bioactivos hidrófilos (Compuestos fenólicos)

Los ácidos fenólicos o también llamados compuestos fenólicos o polifenoles, son compuestos orgánicos, producto del metabolismo secundario de las plantas que son biosintetizados a través de la ruta del ácido siquímico. Son compuestos hidrosolubles, en contraste con otros antioxidantes encontrados en estos frutos como los carotenoides y tocoferoles que son liposolubles (Kalt *y col.*, 2001).

Su disposición estructural puede ser libre (ácidos fenólicos) o conjugada (glucósidos o glicósidos), que es la forma en la que habitualmente aparecen los compuestos fenólicos unidos a través de un enlace *O*-glucosídico o un enlace *S*-glucosídico con monosacáridos como la glucosa, galactosa, arabinosa, ramnosa, xilosa, o los ácidos glucurónico y galacturónico. También pueden unirse a ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, aminas y lípidos (Khatib *y Vaya.*, 2010). Estos compuestos poseen un anillo aromático (fenol) o más (polifenoles) y dobles enlaces conjugados a partir de los cuales ejercen su acción antioxidante. Debido a esta acción antioxidante, los compuestos fenólicos han adquirido en los últimos años un gran interés, ya que se les atribuyen actividades biológicas beneficiosas para salud, entre las que destacan principalmente, sus efectos vasodilatadores, anticarcinogénicos, antiinflamatorios, bactericidas, estimuladores de la respuesta inmune, antialérgicos, antivirales o inhibidores de enzimas prooxidantes, (García-Alonso, 2008; Faleh *y col.*, 2012; Mawa *y col.*, 2013). Por otro lado, estos compuestos contribuyen al sabor amargo, astringencia y/o aroma de los frutos y afectan a las propiedades sensoriales del fruto como el flavor y el color (Tomás-Barberán *y col.*, 2001; Khatib *y Vaya.*, 2010).

Existen numerosos estudios en higos que demuestran la acción antioxidante de estos compuestos (Slavin, 2006; Çalışkan *y Polat*, 2011; Ercisli *y col.*, 2012) como por ejemplo frente a la oxidación de la lipoproteína presentes en el plasma sanguíneo (Vinson, 2005). Otros estudios han demostrado la acción antibacteriana contra *Proteus mirabilis* (Soni *y col.*, 2014). Finalmente, Joseph *y Raj* (2011) observaron, en higos secos, el efecto inhibidor *in vitro* en la proliferación de diversas líneas celulares de cáncer. Por otro lado, autores como Solomon *y col.* (2006), Del Caro *y Piga* (2008), Veberic *y col.* (2008b), Çalışkan *y Polat* (2011), Vallejo *y col.* (2012) y Kamiloglu *y Capanoglu* (2014) mostraron que el contenido en compuestos fenólicos era mayor en variedades de piel negra que en

variedades de piel blanca o verde, que se manifiesta en un mayor efecto antioxidante. También observaron mayor contenido en polifenoles en piel que en pulpa.

Vallejo *y col.* (2012) describieron el contenido en fenoles totales de variedades de higuera cultivadas en Alicante y los valores oscilaron entre 19 y 140 mg/100 g de peso fresco, mientras que en variedades cultivadas en Turquía el contenido osciló entre 17 y 105 mg/100 g de peso fresco (Çalışkan y Polat, 2012). Los polifenoles o compuestos fenólicos se dividen en dos categorías según su estructura química: No flavonoides y flavonoides (Gimeno, 2004) (Figura II.8):

1. No flavonoides se encuentran los fenoles no carboxílicos, los ácidos fenólicos; derivados de ácido benzoico y derivados del ácido cinámico y los estilbenos.

2. Flavonoides se encuentran las antocianos o antocianinas, flavonoles, flavanoles (flavan-3-oles), flavanonas, flavonas, isoflavonoides y chalconas.

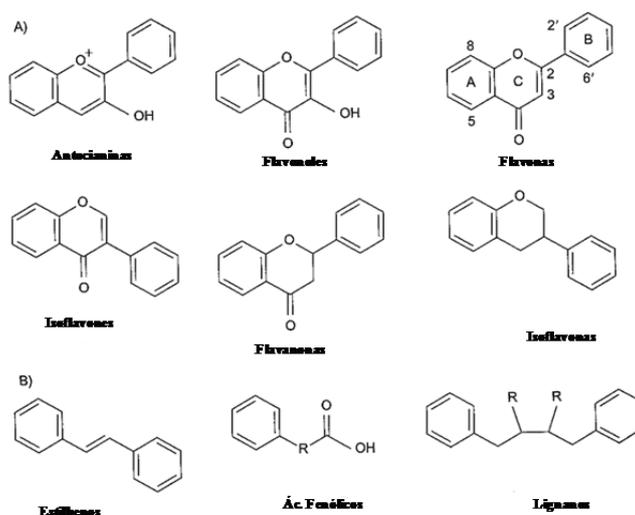


Figura II.23. Estructuras de los polifenoles: A) flavonoides B) no flavonoides.

Fuente: Khatib y Vaya, 2010.

II.1.3.1.1.-Ácidos fenólicos

Los derivados más comunes del ácido benzoico son el ácido gálico, elálgico, p-hidroxibenzoico, vanílico y siríntrico. El ácido gálico debido a su amplia distribución en vegetales es usado frecuentemente para expresar las concentraciones de fenoles totales en brevas e higos (Slatnar *y col.*, 2011; Çalışkan y Polat, 2011, 2012). Veberic *y col.* (2008b),

I. Introducción

describieron el ácido gálico como el segundo ácido fenólico más abundante en higos, aunque también encontraron pequeñas cantidades de ácido siríngico. El ácido gálico y sus formas glucosiladas se encontraron en altas concentraciones en higos de la variedad 'Miljska figa' (de piel oscura) cultivada en Eslovenia y estos compuestos son también característicos de cultivos como las moras, las fresas o las frambuesas (Hakkinen y *col.*, 1999). El ácido gálico se caracteriza por presentar una gran biodisponibilidad en comparación con otros polifenoles y muestra un efecto positivo sobre células cancerígenas *in vitro* (Tomas-Barberán y Clifford, 2000).

Los ácidos cinámicos o hidroxicinámicos aparecen, generalmente, en forma de ésteres y son el grupo más ampliamente distribuido de los compuestos fenólicos en las frutas en general. Dentro de este grupo se encuentran los ácidos p-cumárico, caféico, ferúlico y sinápico. En fruta es muy frecuente la esterificación del ácido caféico con el ácido quínico para formar el ácido clorogénico que ha sido descrito tanto en higos como en hojas de higuera como unos de los ácidos mayoritarios (Veberic y *col.*, 2008b; Del Caro y Piga, 2008; Vallejo y *col.*, 2012; Russo y *col.*, 2014). Por otro lado, Oliveira y *col.* (2009) también identificaron en higos y hojas de higuera compuestos como los ácidos 3-*O*-cafeoilquínico y 5-*O*-cafeoilquínico y el ácido felúrico en variedades portuguesas. Kamiloglu y Capanoglu (2014) describieron cantidades de ácido p-cumárico y ácido clorogénico en higos fresco y observaron un descenso de estos ácidos en higos secos tras el efecto del secado. El ácido clorogénico es un importante agente antioxidante al igual que las catequinas. Tanto el ácido clorogénico como las catequinas mostraron efectos similares frente al daño oxidativo en células epiteliales gástricas humanas (Graziani y *col.*, 2005).

II.1.3.1.2.-Antocianinas

Las antocianinas son pigmentos responsables de los colores rojo, azul y violeta presentes en las frutas. Estos pigmentos hidrosolubles se encuentran localizados en la vacuola y se caracterizan por ser estables a pH ácido, haciendo que valores de entre 3 y 5 favorezcan la copigmentación (Piga y *col.*, 2008; Valero y Serrano, 2010). Están constituidos por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar o monosacárido por medio de un enlace *O*-glucosídico. Las principales antocianidinas presentes en frutas son la cianidina, que es quizás la más común, seguido por la delphinidina, peonidina, pelargonidina, petunidina y malvidina. En los vegetales frescos, generalmente se

encuentran unidas a azúcares. La cianidina glucosilada con una o dos moléculas de glucosa, como azúcar participante, es la estructura más abundante en frutos, aunque pueden encontrarse también otras estructuras glucosiladas en la composición total de antocianinas (Piñeiro, 2005).

El color de la piel y pulpa de las brevas e higos depende de la concentración de pigmentos, como clorofilas, carotenoides y principalmente de antocianinas (Ercisli *y col.*, 2012). El atractivo de los higos y las brevas se debe principalmente a su amplia diversidad de colores desde morados a verdes que derivan de estos pigmentos. Las cianidinas y pelargonidinas han sido descritas como las antocianinas más abundante en higos (Solomon *y col.*, 2006; Dueñas *y col.*, 2008; Vallejo *y col.*, 2012). Entre las cianidinas encontradas en las brevas e higos destaca la cianidina-3-*O*-rutinósido que representa más del 75% del total de los pigmentos presentes en variedades de piel oscura (Solomon *y col.*, 2006; Del Caro *y Piga*, 2008; Dueñas *y col.*, 2008; Vallejo *y col.*, 2012), seguida por la cianidina-3-*O*-glucósido y pelargonidina-3-*O*-rutinósido. Además, se ha descrito un mayor contenido de estos compuestos en piel que en pulpa (Solomon *y col.*, 2006; Ercisli *y col.*, 2012). Asimismo, Crisosto *y col.* (2010) observaron un aumento de estos pigmentos a lo largo de la maduración en variedades como 'Brown Turkey' y 'Mission'.

Las antocianinas son interesantes por sus efectos antitoxigénicos y antimutagénicos, pero también por sus efectos antiinflamatorios, anticancerígenos, antivirales y antibacterianos así como su efecto antioxidante. Flaishman *y col.* (2008) correlacionaron el color de los higos con el contenido en fenoles totales y flavonoides como las antocianinas y con su capacidad antioxidante. Por otro lado, Ferreyra *y col.* (2007) observaron que no había correlación entre la capacidad antioxidante total con el contenido en antocianinas, sino más bien con su contenido en polifenoles.

II.1.3.1.3.-Flavonoles

Entre los principales flavonoles descritos en frutas y vegetales se encuentran la quercetina y el kaempferol que son los compuestos más abundantes dentro del reino vegetal. Rutina o quercetina-3-*O*-rutinósido, y kaempferol-3-*O*-rutinósido constituyen las estructuras más representativas de este tipo de compuestos. Estos compuestos se encuentran principalmente en semillas y flores, así como en cerveza, vino, té verde, té

I. Introducción

negro y soja que son consumidos en la dieta y muestran propiedades beneficiosas para la salud.

Estos compuestos desempeñan un papel esencial en la protección frente a los daño por estrés oxidativo, y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo enfermedades cardiovasculares, la aterosclerosis o el cáncer (Martínez-Flórez y col., 2002).

Oliveira y col. (2009), Vallejo y col. (2012) y Russo y col. (2014) describieron en brevas y en higos la presencia de quercitina-3-*O*-rutinósido seguido por la quercitina-3-*O*-glucósido como los flavonoles más abundantes en estos frutos. Estos compuestos se encontraron más concentrados en la piel que en la pulpa. Veberic y col. (2008b) también encontró cantidades más elevadas de quercitina-3-*O*-rutinósido en la variedad 'Miljska figa' (de piel oscura y pulpa roja) que en cerezas, melocotones y albaricoque. Finalmente, Texeira y col. (2006) identificaron este flavonol en hojas de higuera.

II.1.3.1.4.-Flavanoles (Flavan-3-oles)

Dentro de los flavan-3-oles predominantes en frutas destacan la (+) catequina y su isómero la (-) epicatequina que se caracterizan por ser unidades monoméricas. Son considerados como un grupo de compuestos importantes en la dieta Mediterránea. Veberic y col. (2008b) encontraron mayor cantidad de (+)catequina que de (-) epicatequina en variedades de higuera. También encontraron (-) epicatequina en higos frescos y secos de la variedad 'Sarilop'(Nakilcioğlu y Hişil, 2008). Por otro lado, pueden aparecer como estructuras oligoméricas llamadas proantocianidinas o procianidinas oligoméricas (OPC) que se caracterizan por ser asociaciones diméricas de (+) catequina y (-) epicatequina o simplemente monómeros de las mismas dotadas de potentes propiedades antioxidantes. Una ventaja adicional de las proantocianidinas es que atraviesan la barrera hematoencefálica, lo que no ocurre con otros antioxidantes. Las propiedades antioxidantes de las proantocinidinas reducen el riesgo en enfermedades coronarias al mantener la permeabilidad vascular, evitando las lesiones de los radicales libres sobre las paredes de las arterias (Howell, 2002).

Vallejo y col. (2012) encontraron principalmente monómeros de (+) catequina y de (-) epicatequina en variedades cultivadas en España y en algunas de ellas, dímeros.

Las catequinas, desde el punto de vista fisiológico para el consumidor, tienen un gran potencial como antioxidante evitando la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) (Gonçalves *y col.*, 2004).

El resto de componentes fenólicos, como los estilbenos, las flavanonas, las flavonas, los isoflavonoides y las chalconas se encuentran en menor proporción en brevas e higos.

II.1.3.2.- Componentes bioactivos lipófilos

II.1.3.2.1.- Carotenoides

Los carotenoides son pigmentos liposolubles de la familia de los terpenos, ampliamente distribuidos en la naturaleza y se encuentran en todos los organismos fotosintéticos. Hay más de 600 carotenoides, de los cuales 40 son carotenoides dietéticos consumidos regularmente como parte de una dieta equilibrada (Khatib *y Vaya*, 2010).

Son considerados como metabolitos secundarios de las plantas y se dividen en dos grupos estructurales principales: las **xantofilas** oxigenadas tales como la luteína, la zeaxantina y la violaxantina y los **carotenos** que son hidrocarburos tales como el β -caroteno, el α -caroteno y el licopeno (Kopsell *y Kopsell*, 2010) (Figura II.9). Estos compuestos son los responsables de coloraciones que oscilan entre el amarillo y el rojo. Por otro lado, el color verde de los frutos inmaduros se debe principalmente a las clorofilas, mientras que en los frutos maduros la presencia de carotenoides es mayor (Hornero-Méndez *y col.*, 2000).

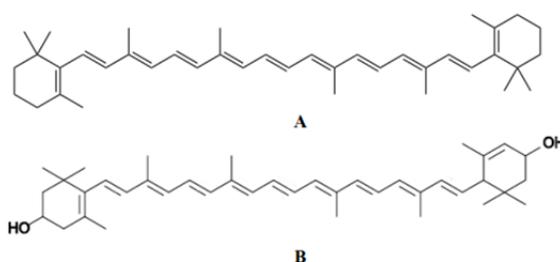


Figura II.24. Estructura química del β -caroteno (caroteno) (A) y de la luteína (B) (xantofila).

Fuente: Fernández-León *y col.*, 2010.

I. Introducción

Los carotenoides desempeñan un papel importante como captadores de energía luminosa así como de fotoprotección de las moléculas de clorofilas (Frank y Cogdell, 1993). Numerosos estudios *in vivo* demuestran las acciones biológicas de estos compuestos una vez consumidos en la dieta. Entre las principales actividades biológicas destacan la de actuar como antioxidantes captando radicales libres, reducen el riesgo de cáncer y tienen un efecto positivo sobre la respuesta inmune. Además, algunos de ellos tienen actividad provitamina A como son el α -caroteno, el β -caroteno, la β -criptoxantina, etc. (Edge y col., 1997; Olson, 1989).

Los principales carotenoides presentes en higos incluyen a la luteína, la criptoxantina, el licopeno, el β -caroteno y el α -caroteno. El licopeno es el carotenoide más abundante en higos con 0,32 mg /100 g de peso fresco, seguido por la luteína y el β -caroteno con 0,08 y 0,04 mg /100 g de peso fresco respectivamente (Khatib y Vaya 2010).

II.1.3.2.2.-Clorofilas

Las clorofilas son un grupo de pigmentos que están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Estos pigmentos poseen una estructura de esqueleto básico de porfirina con un ion de magnesio en el centro y una larga cola hidrocarbonada de fitol (Schwartz y Lorenzo, 1990). Las principales clorofilas en plantas incluyen a la clorofila A y la clorofila B (Figura II.10). Se diferencian sólo ligeramente en la composición de una cadena lateral, la clorofila A tiene un grupo metilo (-CH₃) mientras que en la B es formilo (-CHO).

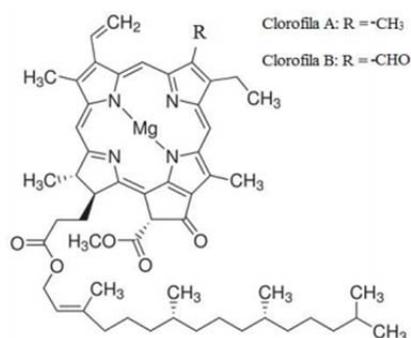


Figura II.25. Estructura química de la clorofila A y B.

Fuente: Fernández-León y col., 2010.

En las células fotosintéticas, la clorofila A es más abundante y responsable de la fotosíntesis que la B y se encuentran distribuidas en un ratio 3:1 (Chen y Chen, 1993), aunque los factores ambientales pueden modificar esta relación clorofila A / clorofila B (Lichtenthaler *y col.*, 1982). La descomposición de las clorofilas está fuertemente ligada a la senescencia de las frutas y vegetales verdes después de la recolección, así como a la marchitez de las hojas y están fuertemente relacionada con la tasa de respiración, la producción de etileno y los procesos de peroxidación lipídica (Deschene *y col.*, 1991; Zhuang *y col.*, 1995).

Kakhniashvili *y col.* (1987) identificaron la presencia de clorofilas A y B en dos variedades de higos 'Turetskii korichnevyi' y 'Smena' con una cantidad total de 25,3 y 10,7 mg/kg de peso fresco respectivamente.

II.1.3.2.3.-Fitoesteroles

Los fitoesteroles están presentes en plantas ornamentales, hierbas medicinales, plantas comestibles, arbustos y árboles. Además, también han sido encontrados en semillas, aceites de semillas, raíces, tallos, ramas, hojas y flores (Pollak, 1985). Numerosos estudios han demostrado que los fitoesteroles actúan disminuyendo los niveles de colesterol en animales y humanos. (Sklan *y col.*, 1974; Bhattacharyya y Eggen 1984; Andriamiarina *y col.*, 1989; Laraki *y col.*, 1991; Howard y Kritchevsky 1.997).

Weihrauch y Gardner (1978) realizaron un estudio sobre los fitoesteroles en plantas y determinaron que los aceites vegetales son las principales fuentes de fitoesteroles seguido por los frutos secos y semillas y en menor medida frutas y verduras.

Jeong y Lachanche (2001) determinaron en higos secos de la variedad 'Mission' los perfiles de esteroides presentes en sus frutos, corteza y tallo. Dentro de los fitoesteroides destacaron principalmente el sitoesterol, como el componente más abundante tanto en frutos como en el resto de las partes estudiadas, seguido del fucoesterol, el estigmasterol y el campesterol con porcentajes de 68.6, 16.5, 10.6 y 4.3 % respectivamente. Estos autores además, determinaron el perfil de ácidos grasos en higos secos y fue el ácido linolénico el más abundante, seguido por los ácidos linoleico, palmítico y oleico.

II.2.- Parámetros de evaluación de la calidad

II.2.1.- Parámetros físico-químicos

Dentro de los parámetros de calidad físico-química de brevas e higos, que influyen tanto en su momento de recolección como en su aptitud para el mercado en fresco, destacan principalmente el tamaño, el contenido en azúcares (CSS), la acidez total (AT) y el índice de maduración (CSS/AT) (Tsantili, 1990; Crisosto y Kader, 2004; Flaishman *y col.*, 2008; Crisosto *y col.*, 2011). Todos estos parámetros a su vez, van a depender del genotipo y del estado de maduración en el cual se encuentran los frutos (Darjazi, 2011).

La **forma y tamaño** de brevas e higos depende en gran medida del genotipo y pueden ser ovoide, turbinada, esférica, cucurbiforme, piriforme y urceolada (López-Corrales *y col.*, 2011). Su peso y calibre puede variar desde los 47,6 a 115 g y de 45,7 a 61,4 mm respectivamente en brevas y de 39 a 60,7 g y 42,3 a 54 mm en higos (Corrales *y col.*, 2011). Tanto el peso como el calibre son parámetros importantes para la comercialización del higo y la breva en fresco ya que, por un lado, el fruticultor percibe los precios más altos por los frutos de mayor peso y calibre y, por otro lado, permite seleccionar y diseñar el embalaje más adecuado para la comercialización de estos frutos.

El **contenido en sólidos solubles (CSS)** está relacionado con el dulzor del fruto. La concentración de sólidos solubles, de forma general, varía de 10 a valores superiores a 20 °Brix (IPGRI y CIHEAM, 2003).. Estos valores son significativamente variables entre variedades y entre estados de maduración de los frutos. Tsantili (1990) puso de manifiesto que el CSS aumenta a lo largo de la maduración debido al aumento de azúcares reductores, principalmente fructosa seguido por glucosa a partir de la Fase II del desarrollo del fruto y por la conversión del almidón en azúcares (Venu *y col.*, 2005). El dulzor de las brevas e higos se debe principalmente al contenido en glucosa y fructosa y algo menos a la sacarosa (Vinson, 1999; Melgarejo *y col.*, 2003; Veberic *y col.*, 2008a; Slatnar *y col.*, 2011; Çalişkan y Polat, 2012).

La **acidez total o titulable (AT)** depende fundamentalmente del contenido en ácidos orgánicos. Entre los ácidos orgánicos descritos en brevas e higos se encuentran el ácido málico y el ácido cítrico, siendo este último, el principal ácido presente en la mayoría de las variedades, mostrando un comportamiento descendente a lo largo de la maduración

del fruto (Tsantili, 1990, Melgarejo *y col.*, 2003; Aljane y Ferchichi, 2009; Crisosto *y col.*, 2010; Slatnar *y col.*, 2011). Este parámetro también va a depender de la variedad, del estado de maduración del fruto y de las condiciones edafoclimáticas, oscilando entre valores superiores a 0,05 e inferiores a 0,3 % de ácido cítrico (IPGRI y CIHEAM, 2003). Asimismo, el pH medio de las brevas e higos se encuentra en torno a 5-6, por lo que puede considerarse un fruto ligeramente poco ácido (López-Corrales *y col.*, 2011).

Por último, otro de los parámetros importantes en la evaluación de brevas e higos es **el índice de maduración (IM)** que viene definido como la relación o ratio entre CSS y AT. Este índice, se correlaciona positivamente con la aceptabilidad del consumidor y va a ser de gran importancia a la hora de seleccionar las variedades (Crisosto *y col.*, 2011). El estado de maduración es uno de los factores que más influye en la comercialización de los frutos, de acuerdo con Crisosto *y col.* (2010) los higos cosechados en madurez de consumo en el árbol presentaron un mayor nivel de CSS y un menor de AT y, por lo tanto, mostraron un mayor IM y con ello una mejor aceptación por parte del consumidor que los frutos cosechados en su madurez comercial (antes de la madurez de consumo).

II.2.2- Parámetros sensoriales

La **apariciencia externa** y el **color** del fruto son dos de los principales parámetros de calidad sensorial, ya que determina la decisión de compra por parte del consumidor (Kays *y col.*, 1999; Trad *y col.*, 2014). Además, entre los índices de calidad sensorial de brevas e higos hay que incluir la ausencia de defectos como el picado por pájaros, las quemaduras de sol, las rupturas en la piel, los insectos y las pudriciones (Crisosto *y col.*, 2011).

En cuanto al **color** de la epidermis y de la pulpa, está influenciado por la acumulación de antocianinas y carotenoides, así como por la degradación de clorofilas, acaecidos durante el desarrollo y la maduración de los frutos. Los cambios de color comienzan en fases tempranas de su desarrollo y aumentan durante la maduración, pasando por tonalidades verdes hasta moradas (Crisosto *y col.*, 2011; Valero y Serrano, 2010). La mayor concentración de estos compuestos se encuentra en la epidermis de estos frutos sobre todo en las variedades de piel oscura (Solomon *y col.*, 2006; Dueñas *y col.*, 2008; Vallejo *y col.*, 2012). De forma general, el color de la piel de brevas e higos varía de negro a morado, marrón, verde, verde-amarillento y amarillo, si bien hay variedades

I. Introducción

bicolores como 'Panaché'. La epidermis se caracteriza por presentar un color de fondo y un sobre color dependiendo de la variedad y del estado de maduración. El sobre color puede llegar a cubrir totalmente el color de fondo del fruto en estados de maduración avanzados. Por otro lado, la pulpa es jugosa y dulce y también de color variable según el genotipo, y varía de púrpura, a roja, marrón claro, rosa o ámbar (Figura II.7) (López-Corrales *y col.*, 2011).



Figura II.26. Diferentes colores de piel y pulpa de brevas e higos.

Fuente: López-Corrales *y col.*, 2011.

La **firmeza** y el color de brevas e higos están relacionados con su calidad y su periodo de vida útil y, además, determinan el punto de maduración del fruto (Tsantili, 1990, Crisosto y Kader, 2004). Crane y Brown (1950) describieron el proceso de maduración o desarrollo de brevas e higos como un crecimiento sigmoideo representando por tres fases en el desarrollo del fruto. La Fase I se caracteriza por un rápido crecimiento del tamaño del fruto en la que la firmeza se mantiene elevada. En la Fase II, la firmeza y el tamaño se mantienen estables, mientras que la acidez titulable y la cantidad de pectinas alcanzan su máximo. Por último, en la Fase III aumenta el tamaño y se produce el ablandamiento de los tejidos por lo que la firmeza cae drásticamente, siendo éste su punto óptimo para ser recolectado o consumido. Además, en esta última fase, se producirá una acumulación de azúcares así como cambios en el color, que harán que el fruto sea comestible. Tras la recolección, el color y la textura de los frutos seguirá evolucionando (Tsantili, 1990; Chessa, 1997).

El **aroma**, es otra de las características organolépticas más atractivas de las frutas, y se debe a una mezcla compleja de componentes volátiles que se sintetizan durante las rutas metabólicas de las plantas. La formación de compuestos volátiles en frutas es un proceso

dinámico y, en general, el sabor típico de fruta se desarrolla una vez completada su maduración en el árbol. Es uno de los factores más importantes para atraer al consumidor y es el parámetro de calidad más significativos para frutos fresco o procesados (Gozlekci y col., 2011). La composición química del fruto en azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles serán determinantes del sabor y aroma de los mismos (Valero y Serrano, 2010). Las variaciones en los compuestos aromáticos dependen de factores tales como las condiciones edafoclimáticas, el genotipo, el grado de maduración y los factores tecnológicos como la cosecha, las condiciones de procesamiento y el almacenamiento (Douillard y Guichard, 1990).

II.3.- Factores precosecha que influyen sobre las características físico-químicas, nutricionales y bioactivas de los frutos

Entre los principales factores precosecha que afectan a las características físico-químicas, nutricionales y bioactivas o fitoquímicas de brevas e higos destacan principalmente el genotipo y el estado de maduración del fruto, aunque también son importantes otros factores como las prácticas agronómicas y los factores ambientales (Vicente y col., 2009; Crisosto y col., 2011). Para conservar las características de calidad de brevas e higos hay que tener en cuenta una serie de factores que van a influir sobre ellas y su posterior conservación post-recolección, con el objetivo de satisfacer las necesidades del consumidor.

Los **factores genéticos** son de gran importancia porque reflejan la información genética de la variedad y van a determinar su contenido nutricional, bioactivo y sensorial. En el caso de brevas e higos, las variedades se diferencian en tamaño, forma, color, contenido en sólidos solubles, acidez titulable, firmeza, diámetro del ostiolo, cavidad interna o sensibilidad al rajado. Muchos autores han estudiado el efecto del genotipo en parámetros como el color, pH, contenido en azúcares, fibra, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos en diferentes variedades de higuera, mostrando gran variabilidad (Solomon y col., 2006; Dueñas y col., 2008; Çalışkan y Polat, 2011, 2012; Ercisli y col., 2012). Así, por ejemplo, se sabe que las variedades de piel oscura presentan mayor contenido en compuestos fenólicos y mayor actividad antioxidante que las variedades de piel clara (Solomon y col., 2006; Dueñas y col., 2008; Çalışkan y Polat, 2011).

I. Introducción

Como **factor fisiológico** importante destaca principalmente el estado de maduración de brevas e higos, ya que tiene un papel esencial en la composición química del fruto y en los atributos de calidad nutricional, fitoquímica y sensorial. Cuando los frutos alcanzan la madurez se produce una serie de procesos que llevan al momento óptimo de consumo, en el que la textura, el color, el contenido en sólidos solubles, la acidez titulable y el aroma hacen que los frutos sean más apetecibles. Una vez que se ha alcanzado este momento, se inicia, por lo general la senescencia y la degradación de los tejidos y la pérdida de la calidad nutritiva, fitoquímica y sensorial. En especies climatéricas como las brevas y los higos el aumento de síntesis de etileno, tiene lugar en el árbol, es responsable del inicio de la maduración y dota al fruto de la posibilidad de continuar el proceso (Freiman y *col.*, 2012). Por tanto, los atributos sensoriales, como el color, la textura, el aroma y los aspectos nutricionales y fitoquímicos serán dependientes del momento de la recolección. El momento óptimo de maduración va a depender de la variedad y del uso al que se destine, bien sea para consumo en fresco, secado o uso industrial. En estudios de post-recolección, se observó que los higos cosechados en madurez comercial presentaron una mayor vida útil que los higos cosechados en madurez de consumo en el árbol (Crisosto y *col.*, 2010). Además el estado de maduración, también influye en la susceptibilidad del fruto a determinados desordenes fisiológicos a lo largo de su vida post-recolección (Tsantili, 1990).

Los **factores ambientales**, así como la localización del cultivo, influyen también en su calidad final (Botti y *col.*, 2003). Por ejemplo, el contenido en sólidos solubles, acidez titulable y compuestos fenólicos varió según la zona de cultivo (Crisosto y *col.*, 2010; Çalişkan y Polat, 2011; Vallejo y *col.*, 2012). Factores como la intensidad de luz, la temperatura, la disponibilidad de agua y el contenido en CO₂ afectan tanto a la producción total como a la calidad nutritiva y fitoquímica de los frutos. Las variaciones estacionales también afectan al aroma debido en parte a la acumulación de azúcares y ácidos orgánicos y a la forma de los frutos. La luz es esencial para el color de la piel de los frutos y se requieren un mínimo de horas de luz para la síntesis de pigmentos como clorofilas, carotenoides y antocianinas. Igualmente, este parámetro también influye en el contenido en sólidos solubles aumentando con la intensidad solar. La temperatura afecta al crecimiento y desarrollo de los frutos por su contribución directa al metabolismo, a la estructura celular y a los componentes que determinan la textura. Hay una relación

indirecta entre este parámetro y la firmeza del fruto, por lo que la firmeza se mantiene mejor o es mayor cuando la temperatura no es alta (Martínez-Madrid *y col.*, 2001). Sin embargo, la exposición a altas temperaturas origina una serie de alteraciones como inhibir la maduración u originar una maduración prematura y un aumento de la desecación por pérdida acelerada de agua. Todo esto provoca alteraciones desfavorables en el aspecto interno y externo de los frutos. Además, cuando la temperatura es alta y va acompañada de una radiación solar intensa se pueden producir daños fisiológicos, alteraciones en el color por disminución de la síntesis de pigmentos, pardeamiento y modificación de las propiedades organolépticas ya que afectan a la acidez titulable y al contenido en sólidos solubles (Martínez-Madrid *y col.*, 2001). Por otro lado, las heladas provocan daños en el fruto. Teniendo en cuenta lo anterior, las mejores condiciones de cultivo y de desarrollo de brevas e higos se encuentran en climas Mediterráneos (Flaishman *y col.*, 2008; Crisosto *y col.*, 2011).

Por último, otro factor a tener en cuenta son las **técnicas de cultivo** como por ejemplo la poda que tiene importancia sobre el tamaño de los frutos, si bien reduce la producción total, por lo que hay que mantener un equilibrio entre ambos puntos ya que las brevas e higos de mayor tamaño son los que alcanzan precios más altos en el mercado. Por otro lado, sistemas de poda eficientes reducen el número de frutos sombreados. La nutrición mineral es otro factor importante ya que deficiencias, excesos o desequilibrios, generan desórdenes que limitan la vida útil de los frutos. Por otro lado, el contenido mineral depende principalmente del tipo de suelo y de la fertilización aplicada. Como la higuera es un frutal que tolera muy bien los suelos salinos, esto hace que sus frutos presenten una gran riqueza de minerales (Flaisham *y col.*, 2008). La disponibilidad de agua y humedad afectan tanto al tamaño como al contenido en sólidos solubles de brevas e higos, ya que están implicados en el desarrollo y crecimiento de los frutos. Sin embargo, temperaturas frías y alta humedad, mientras el fruto está madurando, pueden provocar el rajado de los mismos por cambios en la presión interna, exponiendo a los frutos a un mayor ataque de microorganismos e insectos y con ello a una pérdida de calidad (Crisosto *y col.*, 2011).

I. Introducción

II. OBJETIVOS/OBJECTIVES

El objetivo general de este trabajo fue determinar la aptitud agronómica de diez variedades de higueras interesantes para la comercialización de sus frutos (brevas e higos) en fresco, así como la caracterización de los mismos a nivel nutricional, fitoquímica y organoléptica. Para su consecución se plantean los siguientes objetivos específicos:

The main objective of this work was to determine the agronomic aptitude of ten fig tree varieties interesting for the marketability of their fruits (brebas and figs) in fresh as well as the characterization of themselves at nutritional, phytochemical and organoleptic level. To achieve this goal, the following specific objectives were proposed:

1.- Determinar el comportamiento agronómico de 10 variedades de higuera en las condiciones edafoclimáticas de Extremadura.

Determine the agronomic behavior of ten fig tree varieties grown in edaphoclimatic conditions of the region of Extremadura.

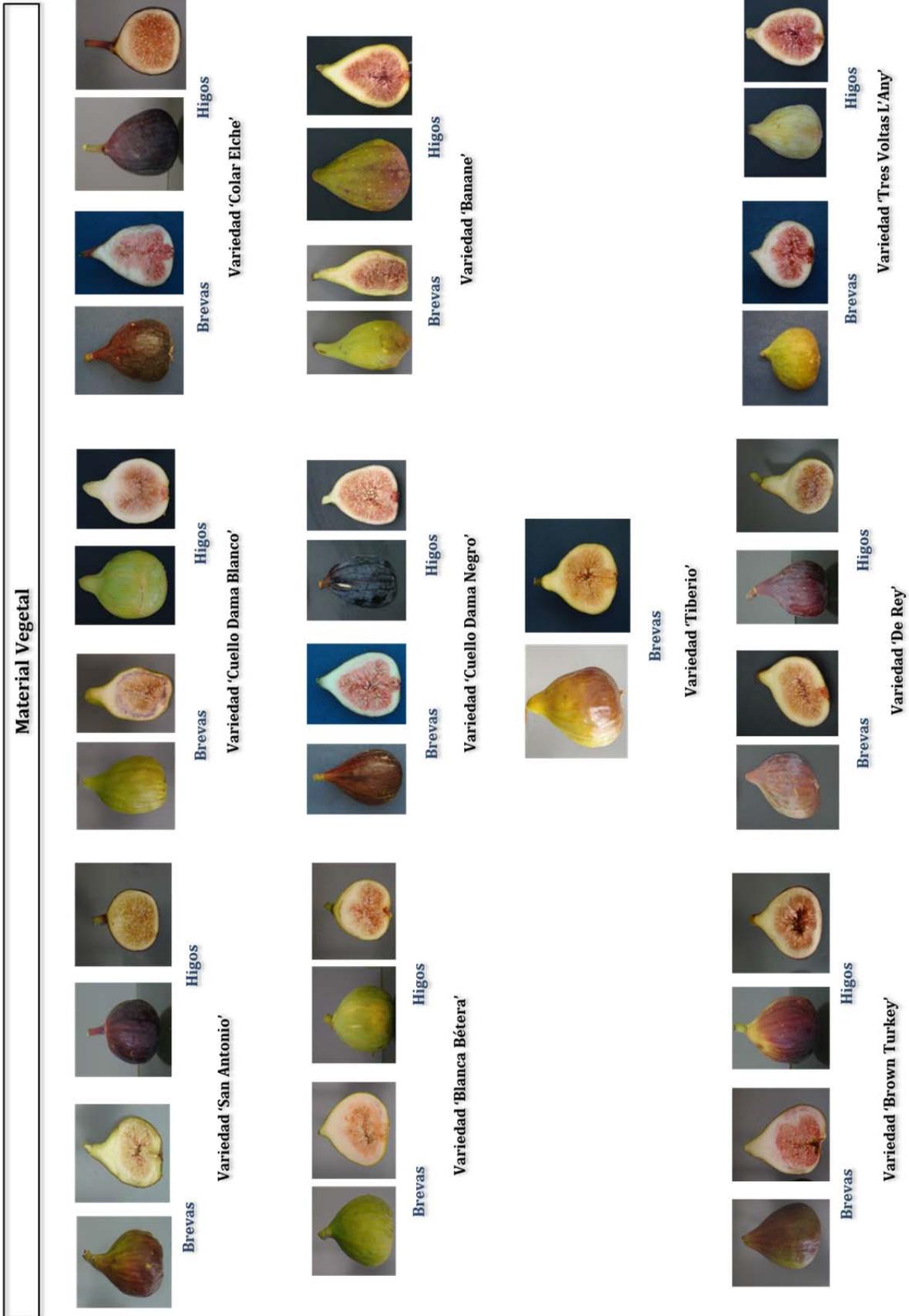
2.- Determinar la composición de las brevas y los higos de las variedades seleccionadas en el estudio para su caracterización nutricional, fitoquímica y organoléptica.

Determine the composition of brebas and figs from varieties selected in this study for their nutritional, phytochemical and organoleptic characterization.

3.- Establecer la influencia del grado de maduración comercial de los frutos sobre la calidad nutricional, fitoquímica y organoléptica de las brevas e higos de cada una de las variedades en estudio.

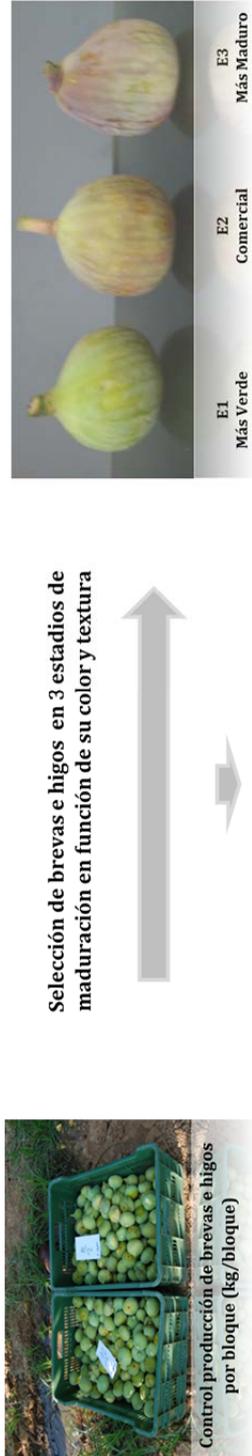
Establish the influence of commercial ripening stage from fruits on nutritional, phytochemical and organoleptic quality from brebas and figs of each variety under studying.

III. MATERIAL Y MÉTODOS



III. Material y Métodos

III. Material y Métodos



c) Determinación de parámetros nutricionales (Capítulo 2)

Azúcares y ácidos orgánicos
(Serrano y col., 2005)

Fibra y Proteína
(AOAC, 2006)
Minerales
(MAGRAMA, 1986)

d) Determinación de parámetros sensoriales (Capítulo 2)

Compuestos Volátiles
(Serradilla y col., 2012)

Actividad antioxidante total: ABTS
(Cano y col., 1998)

Identificación de polifenoles y antocianinas
(Vallejo y col., 2012)

Clorofilas
(Fernández-León y col., 2013)

Hoja de cata de brevas e higos

e) Determinación de parámetros funcionales en higos (Capítulo 3)

Fenoles totales
(Lima y col., 2005)

Vitamina C
(Zapata y Dufour, 1992)

Actividad antioxidante total: ABTS
(Cano y col., 1998)

Identificación de polifenoles y antocianinas
(Vallejo y col., 2012)

Clorofilas
(Fernández-León y col., 2013)

III. Material y Métodos

III.1- Material

III.1.1.- Reactivos químicos

Los productos químicos empleados para la realización de la parte experimental de este trabajo han sido de calidad reactivo y suministrado por las casas comerciales Extresynthese, Merck, Scharlab, Sigma-Aldrich, Fisher, Acros y Panreac.

Los gases utilizados fueron suministrados por Air Liquide.

III.1.2.- Instrumental

III.1.2.1. Para la determinación de parámetros fisicoquímicos, nutricionales, funcionales y volátiles

Las pesadas de las muestras se realizaron en una balanza mod. AE-166 de la marca Mettler Toledo con pesada máxima de 2,100 g, con una precisión de $\pm 0,01$ g y en una balanza plataforma modelo W-106568 de la marca Kern con pesada máxima de 65 kg y una precisión de $\pm 0,100$ g. Las pesadas de precisión se llevaron a cabo en una balanza modelo AB54-S de la Mettler Toledo de precisión $\pm 0,0001$ g.

El calibre, longitud, longitud del cuello, longitud del pedúnculo y ancho del ostiolo de las muestras fue determinado con un pie de rey digital modelo DL-10 de la marca Mitutoyo.

El color de la piel y de la pulpa de brevas e higos fue determinado con un espectrofotómetro modelo CM600D de la marca Kónica Minolta con un diámetro de paso de 10 mm y el iluminante en C. El color se determinó con las coordenadas del espacio CIELab (L^* , a^* y b^*), en donde el parámetro L^* está relacionado con la luminosidad, donde 0 es negro y 100 es blanco, el parámetro a^* , en donde a^* positivo está relacionado con el color rojo, mientras a^* negativo está relacionado con el color verde. Otro parámetro de color es b^* , que cuando es positivo está relacionado con el color amarillo y negativo con el color azul. El ángulo de tono (h^*) se obtiene a partir de la fórmula $\arctg(b^*/a^*)$ y nos indica el color que es, así por ejemplo, cuando es 0° está relacionado con el color rojo-púrpura, 90° con el color amarillo, 180° con el color verde-grisáceo y 270° con el color azul. El último parámetro de color es la cromaticidad (C^*) que se calcula a partir de la fórmula $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ y nos indica el grado de saturación del color.

III. Material y Métodos

La determinación de la firmeza se llevó a cabo mediante un texturómetro modelo TA-XT Plus de la marca Aname, con un disco de compresión de 70 mm de diámetro.

La conservación de las muestras se realizó en un congelador vertical de -80 °C modelo Forma Scientific Ecnofreezer de la marca Thermo Fisher Scientific y un congelador vertical de -45°C modelo CVF 350/45 de la marca Ing. Climas. También fueron usados para conservar reactivos y muestras frigoríficos de las marcas Zanussi modelo Tropic System y Whirpool.

Las muestras fueron trituradas con una batidora modelo 60335-2-14. Minipimer 5 hand processor de la marca Braun y fueron homogeneizadas mediante un homogeneizador de la marca Omni Mixer.

Las centrifugaciones se desarrollaron en la centrifuga refrigerada modelo 5810 R de la marca Eppendorf.

La homogenización de las muestras se realizó por medio de un homogenizador de la marca Omni Mixer.

La evaporación de etanol se llevó a cabo en un rotavapor modelo 210R de la marca Buchi que estaba equipado con una bomba de control de presión y el agua de refrigeración a temperatura constante.

Para la obtención de agua desionizada se utilizó un sistema de purificación de agua Elix 3 y otro para agua Mili-Q de la marca Millipore.

Para filtrar las muestras se utilizaron filtros de 20 y 45µm de nylon de la marca Millipore.

El contenido en sólidos solubles (CSS), fue determinado con la ayuda de un refractómetro digital modelo RM40 Mettler Toledo.

La acidez titulable (AT) y el pH fueron determinados con un valorador automático modelo T50 compact Stirrer de la marca Mettler Toledo.

La identificación y cuantificación de azúcares fue determinado con un cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC) Agilent Technologies modelo 1200 Series con un detector de índice de refracción (IR) de la marca Agilent Technologies y empleando para la separación una columna Supelcosil LC-NH₂ (5µm, 250 mm x 4,6 mm)

La identificación y cuantificación de ácidos orgánicos fue llevado a cabo con un cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC) Agilent Technologies modelo 1200 Series con un detector Diodo de Array (DAD) de la marca Agilent Technologies y empleando una columna Supelcogel C610H (9µm, 300 mm x 7,8 mm) para la separación.

La determinación de fibra bruta se realizó mediante un analizador automático de la marca Ankon²⁰⁰⁰ y las proteínas mediante un analizador de N₂/proteínas de la marca Leco®. La determinación de los minerales se realizó mediante un espectrofotómetro de absorción atómica de la marca Varian modelo SprettrAA 110 y un espectrofotómetro modelo Evolution 201 UV-VIS de la marca Thermo Scientific. La identificación y cuantificación de azúcares fue determinado con un cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC) modelo 1200 Series de la marca Agilent Technologies con un detector de índice de refracción (IR) de la marca Agilent Technologies utilizando para la separación una columna Supercosil LC- NH₂ (5µm, 250mm x 4,6mm).

La cuantificación de fenoles totales, actividad antioxidante total y clorofilas fue llevada a cabo usando un espectrofotómetro modelo Evolution 201 UV-VIS de la marca Thermo Scientific.

Para la separación de los compuestos fenólicos y antocianinas se realizó mediante columnas de separación SPE C18-Max de la marca Fisher. La identificación y cuantificación de compuestos fenólicos y antocianinas de forma individualizada fue llevada a cabo mediante un cromatógrafo modelo 1100 Series de la marca Agilent Technologies con una columna C18 (Phenomenex, 5 µm, 150 mm x 4,6 mm) que tenía acoplado un espectrómetro de masas (MS) API-ESI cuadrupolo simple de la marca Agilent Technologies, un detector de fluorescencia (FLD) y detector Diodo de Array (DAD) de la marca Agilent Technologies.

La identificación y cuantificación de la vitamina C fue llevado a cabo mediante un cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC) Agilent Technologies modelo 1200 Series con

III. Material y Métodos

un detector Diodo de Array (DAD) de la marca Agilent Technologies y empleando una columna Zorbax SB C18 (5µm, 4,6 mm x 250 mm) para la separación.

Para la extracción de compuestos volátiles se utilizó una fibra de 10 mm de longitud y 100 µm de diámetro recubierta de carboxen/polidimethylsiloxano.

La identificación y semicuantificación de compuestos volátiles se realizó mediante un cromatógrafo de gases Agilent Technologies modelo 6890 que tenía acoplado un espectrómetro de masas (MS) modelo 5973 de Agilent Technologies. Se utilizó una columna DB5 (1,05 µm, 30 m x 0,32 mm).

Además, se utilizó diverso material de uso general de laboratorio, como destilador, matraces, vaso de precipitado, probetas, etc.

III.1.3.- Material vegetal

El material vegetal del presente estudio procedía de estaquillas del banco nacional de germoplasma de higuera situado en el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas CICYTEX -'La Orden' en Guadajira, Badajoz (latitud 38° 85' 19" N y longitud -6° 68' 28" W). El estudio se realizó sobre un ensayo experimental de 10 variedades de higuera interesantes para consumo en fresco, establecido en el 2007 y situado en este mismo centro de investigación a una altitud de 223 m sobre el nivel del mar y con un clima templado medio, de inviernos suaves, con una pluviometría media de 550 mm, cuyo periodo seco se extiende desde la última semana de abril hasta la primera decena de septiembre.

El diseño experimental del ensayo fue de cuatro bloques al azar con tres árboles por bloque y por variedad a una separación entre árboles de 5 x 4 m y con una densidad de 500 árboles/ha. El sistema de formación de los árboles fue en vaso y se le aplicó riego por goteo de 2,300 m³ / ha por año y un abonado en base a un tipo de suelo franco-arenoso con pH 6,8 y con una profundidad media de 1,5m. Cada invierno se le aportó 400 kg/ha de abono complejo 9-18-27 y en primavera 100kg/ha de nitrato potásico teniendo en cuenta las necesidades de la higuera y el contenido en nutrientes. Las 10 variedades de higuera del ensayo estudiadas fueron: 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco', 'Brown Turkey', 'Tiberio', 'San Antonio', 'Cuello Dama Negro', 'Banane', 'Colar Elche', 'Tres Voltas L' Any' y 'Blanca Bétera'.



Figura III.1. Imagen de la parcela y diseño experimental del ensayo de higueras para consumo en fresco situado en el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas CICYTEX -'La Orden'. Variedades: 1: 'De Rey', 2: 'Cuello Dama Blanco', 3: 'Brown Turkey', 4: 'Tiberio', 5: 'San Antonio', 6: 'Cuello Dama Negro', 7: 'Banane', 8: 'Colar Elche', 9: 'Tres Voltas L'Any' y 10: 'Blanca Bétera'.

Todas la variedades del ensayo eran partenocarpicas y bíferas, excepto 'Tiberio' que es de tipo San Pedro. Las brebas y los higos de cada variedad y bloque se recolectaban a medida que maduraban, en su madurez comercial de acuerdo a su color y textura e inmediatamente después de la cosecha, la fruta era trasladada al laboratorio para su posterior análisis.

III. Material y Métodos



Figura III.2. Variedades de higueras estudiadas.

III.2.- Métodos

III.2.1.-Determinación de parámetros agronómicos (Capítulo 1)

Para el estudio de comportamiento agronómico se recolectaron manualmente las brevas y los higos de cada variedad y bloque, dos o tres días a la semana en función del volumen de producción y durante las primeras horas de la mañana y a lo largo de un periodo de 6 años consecutivos (2009-2014). Se controló la producción de cada variedad por bloque (kg/ bloque) y a continuación, de cada uno de los bloques, se tomó una muestra de 25 frutos para determinar el peso medio de los mismos y se contabilizaron los frutos de pequeño calibre y los dañados. Seguidamente, de esta muestra se seleccionaron 10 frutos en su punto óptimo de maduración o madurez comercial para su posterior análisis de calidad.

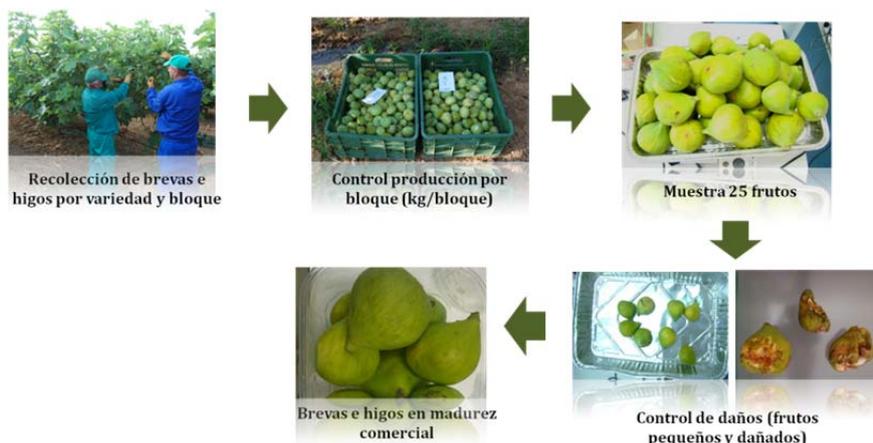


Figura III.3. Control de la producción de brevas e higos por variedad y bloque.

III.2.1.1.-Medidas de crecimiento

Para determinar esta medida se calculó la sección del tronco (SDT) en cm^2 . Durante el reposo invernal, por el mes de enero, se midió a cada uno de los árboles el diámetro del tronco a unos 20 cm del suelo. Esto permitió calcular la sección transversal del tronco mediante la fórmula:

$$\text{SDT} = p^2 / 4 \pi.$$

También se realizó el seguimiento de los árboles de cada una de las variedades durante su ciclo vegetativo, para observar si fueron afectados por las heladas o eran sensibles a plagas y enfermedades.

III.2.1.2.-Medidas en recolección

Se determinó la fecha inicio y final de la recolección de cada una de las variedades. Estas medidas permitieron determinar el período medio de producción y la fecha media de máxima producción y en consecuencia un calendario de recolección con las variedades estudiadas.

III.2.1.3.-Producción acumulada (kg/árbol).

Se calculó como el sumatorio de las producciones anuales en kg/árbol de cada una de las variedades a estudio en brevas y en higos.

III.2.1.4.-Índice de Productividad o Eficiencia Productiva (kg/cm²).

Se calculó como la relación existente entre la producción acumulada y la sección del tronco (TCA).

III.2.2.- Determinaciones físico-químicas (Capítulo 1)

Las determinaciones físico-químicas se realizaron de brevas e higos de cada variedad y bloque y año de cosecha y por triplicado.

III.2.2.1.- Determinación del peso, calibre, longitud, longitud del cuello, longitud del pedúnculo y anchura del ostiolo (Capítulo 1)

El peso (g) y el calibre, la longitud, la longitud del cuello, la longitud del pedúnculo y la anchura del ostiolo (en mm) se determinó de 10 brevas e higos de cada variedad, bloque y estadio de maduración mediante una balanza AE-166 (Mettler Toledo) y un pie de rey digital Mitutoyo DL-10.

III.2.2.2.- Determinación de la firmeza (Capítulos 1 y 2)

Se evaluó con un texturómetro marca Aname (TA-XT Plus) la firmeza de 10 brevas e higos de cada variedad, bloque y estadio de maduración, mediante un ensayo de compresión al 6% de deformación determinándose la pendiente de la curva de compresión. Los resultados fueron expresados en N/mm.

III.2.2.3.- Determinación del contenido en sólidos solubles, acidez titulable, pH e índice de maduración (Capítulos 1 y 2)

Diez brevas e higos de cada variedad, bloque y estadio de maduración se utilizaron para determinar el contenido en sólidos solubles (CSS) que fueron homogeneizadas. Para la medición se empleó un refractómetro digital expresándose los resultados como °Brix.

Para la determinación del pH y acidez titulable (AT) se pesaron 5 g de breva e higo de cada variedad, bloque y estadio de maduración que fue homogeneizada y diluida en 50 mL de agua desionizada obtenida con un sistema de purificación agua Mili-Q (Millipore, Bedford, MA, USA). Se utilizó un valorador automático, titulándose con NaOH 0,1 N hasta pH 7,8 (Serrano *y col.*, 2005). Los resultados fueron expresados como g de ácido cítrico por 100g de peso fresco.

El índice de maduración (IM) fue calculado como la relación entre el contenido en sólidos solubles (CSS) y la acidez titulable (AT).

III.2.3.-Determinación del punto óptimo de maduración (Capítulos 2 y 3)

Una vez controlada la producción de cada variedad y bloque, para la determinación del punto óptimo de maduración, de cada una de las 10 variedades tanto de brevas como de higos se establecieron tres estadios de maduración en de acuerdo con los técnicos de campo, en base a su color de piel y su textura. Se estableció el estadio 2 como el estadio comercial de los frutos. Una vez establecidos los estadios de maduración, se establecieron triplicados de cada estadio, variedad y cosecha. Para ello se seleccionaron 10 frutos de cada uno de los 3 estadios establecidos y se agruparon en 3 repeticiones. Este estudio se realizó durante dos años consecutivos (2011-2012). Seguidamente, las muestras fueron congelados a -80°C para su posterior análisis nutricional, sensorial y funcional.

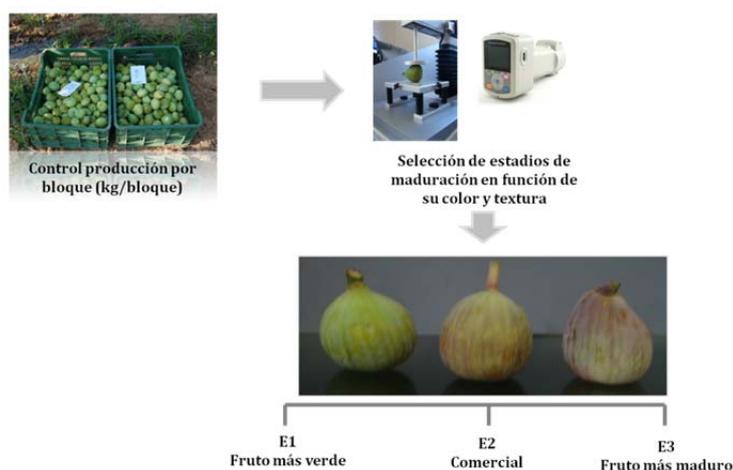


Figura III.4. Selección de estadios de maduración de brevas e higos clasificados en base al color de piel y a su textura.

III.2.3.1- Determinaciones físico-químicas (Capítulo 2)

Las determinaciones físico-químicas se realizaron de brevas e higos de cada variedad y de cada uno de los estadios de maduración establecidos, por triplicados. Las determinaciones de firmeza y contenido en sólidos solubles, acidez titulable, pH e índice de maduración se realizaron tal como se indica en el apartado anterior.

III. 2.3.1.1.- Determinación del peso y calibre (Capítulo 2)

El peso (g) y el calibre, (en mm) se determinó de 10 brevas e higos de cada variedad y estadio de maduración mediante una balanza AE-166 (Mettler Toledo) y un pie de rey digital Mitutoyo DL-10.

III.2.3.1.2- Determinación del color de la piel y el color de la pulpa (Capítulo 2)

El color de la piel y de la pulpa tanto de brevas como de higos se determinó 10 frutos de cada variedad y estadio de maduración, realizando dos medidas en caras opuestas para la piel y pulpa. Se realizó mediante un espectrofotómetro Konica Minolta CM600. El color fue medido en el espacio de color CIELab y a partir de los parámetros L*, a* y b* se calcularon la cromaticidad (C*) y el ángulo de tono (h*), dos parámetros que describen la apariencia del color (Little, 1975).

III.2.3.2.- Determinaciones nutricionales (Capítulo 2)

La caracterización de los compuestos nutricionales se realizó en los 3 estadios de maduración establecidos de brevas e higos de las 10 variedades estudiadas y por triplicado durante dos años consecutivos (2011-2012).

III.2.3.2.1.- Determinación de proteína, fibra bruta y minerales (Capítulo 2)

Para la determinación del contenido proteico de brevas e higos primeramente, se determinó el contenido en nitrógeno total mediante el método Dumas por combustión directa con un analizador Leco ®. El % de proteína fue cuantificado mediante el factor de

conversión 6,25 de vegetales ($N_2 \times 6,25$). Los resultados fueron expresaron en % de materia seca.

Para determinar el % de fibra bruta de brevas e higos se determinó mediante un analizador automático de fibra Ankom²⁰⁰⁰. En el cual se cuantificó el residuo orgánico que permanece después de las digestión con HS_2O_4 0.255N y NaOH 0.313N. Los compuestos retirados son predominantemente celulosa y hemicelulosa. Los resultados fueron expresados en % de materia seca (AOAC, 2006).

El contenido en minerales de brevas e higos se cuantificaron mediante métodos oficiales de plantas (MAGRAMA, 1986). Diez brevas e higos, se pesaron y se pusieron a secar durante dos días a 65°C. Una vez las muestras desecadas, se cortaron, se congelaron y posteriormente se procedió a su molienda. Las muestras secas se homogeneizaron en un mortero. Se pesó un 1g de materia seca en una crisol de porcelana y se puso en un horno de mufla a 550°C durante 1 día obteniéndose así las cenizas. Una vez calcinadas las muestras, se procedió a su digestión añadiendo 2 mL de agua destilada y 1 mL de HCl (37%). La solución correspondiente se calentó hasta que apareció un humo blanco. La solución clara se diluyó hasta 100 mL con agua destilada y se filtró con papel de filtro Whatman. Con el estándar de soluciones de elementos de interés se preparó una curva de calibración estándar. Los elementos minerales, potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe) y zinc (Zn) se analizaron por espectrometría de absorción atómica (AAS) y el fósforo (P) se determinó mediante una reacción colorimétrica con un espectrofotómetro a 430 nm. Los resultados para el K, Ca, Mg, P fueron expresados en g/kg de materia seca y el Fe y el Zn en partes por millón (ppm).

III. 2.3.2.2.- Determinación de azúcares y ácidos orgánicos (Capítulo 2)

Los azúcares y ácidos orgánicos tanto de piel como de la pulpa de brevas e higos se determinaron siguiendo el método descrito por Serrano y *col.* (2005).

La extracción de los azúcares se realizó a partir de 1g de muestra homogeneizada que fue diluida con 10 mL de agua destilada, filtrada por filtros de 0,45 μ m analizadas en un cromatógrafo Agilent 1200 Series (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA) con una columna Supercosil LC- NH₂ (5 μ m, 250 mm x 4,6mm) termostaticada a 40°C y una fase móvil de acetonitrilo/agua (75/25) en modo isocrático, a un flujo de 1 mL/min y un

III. Material y Métodos

volumen de inyección de 10 µL. El detector a utilizado fue el un índice de refracción (IR). Resultados fueron expresados en g/kg de peso fresco.

Los ácidos orgánicos fueron determinados a partir del mismo extracto de azúcares pero en este caso las muestras fueron analizadas con un cromatógrafo Agilent modelo 1200 Series (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA) con una columna Supelcogel C610H (9µm, 300 mm x 7,8 mm) termostaticada a 40 °C y una fase móvil acuosa con ácido fórmico (4 mM) en modo isocrático, a un flujo de 0,5 mL/min y un volumen de inyección de 10 µL. El detector utilizado fue un Diode de Array (DAD) configurado a 210 nm. Resultados fueron expresados en g/kg de peso fresco.

III.2.3.3- Determinaciones sensoriales (Capítulo 2)

III. 2.3.3.1.- Determinación de compuestos volátiles (Capítulo 2)

La caracterización de los compuestos volátiles se realizó en los 3 estadios de maduración de brevas e higos de las 10 variedades estudiadas durante las campañas (2011-2012).

Para la extracción, separación, identificación y cuantificación de los compuestos volátiles en brevas e higos de los tres estadios de maduración, se utilizó un sistema de espacio de cabeza dinámico automatizado acoplado a un cromatógrafo de gases con detector selectivo de masas.

Para su extracción se utilizó una fibra de microextracción en fase sólida de 75 µm de diámetro de carboxen-polidimetilsiloxano (Serradilla *y col.*, 2012). Se utilizó 1 g de breva o higo homogeneizado, que se introdujo en un vial sellado por un septum. Tras la perforación del septum por el sistema de inyección de la fibra, ésta fue expuesta a la muestra durante 45 minutos a 40°C para obtener una óptima extracción de los compuestos volátiles. La temperatura se consiguió sumergiendo dos tercios de vial en un baño a temperatura regulable durante la extracción.

Tras la extracción de los compuestos volátiles, la fibra fue inmediatamente llevada al inyector del cromatógrafo de gases para el análisis de los volátiles captados.

Las condiciones cromatográficas empleadas para la separación de los compuestos volátiles se exponen a continuación:

Temperatura inicial del horno: 35°C - 5 min

- Rampa de temperatura: 4°C/min hasta 150°C
- 20°C/min hasta 250°C
- 250°C-5 min
- Temperatura de la interfase: 180°C

La identificación de los compuestos volátiles se realizó mediante su espectro de masas así como por su índice de Kovats calculado a partir del tiempo de retención del pico con respecto al de los patrones de alcanos.

III. 2.3.3.2.- Análisis sensorial (Capítulo 2)

Se evaluó las características organolépticas en los estadios de maduración 2 y 3 de brevas e higos de las diez variedades de higuera estudiadas durante dos años consecutivos (2011-2012) y se realizaron dos tipos de test:

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo según la norma ISO 4121-2006 con 15 jueces entrenados donde se evaluaron 10 descriptores (Figura III.3). Las percepciones de los catadores fueron señaladas en una escala con un rango de 0 a 10. Los datos fueron integrados automáticamente para su posterior análisis estadístico.

En segundo lugar, se realizó un test hedónico con un panel de cata no entrenado, compuesto por 17 catadores no entrenados. Las muestras fueron comparadas aleatoriamente evaluando su aceptabilidad entre ellas. La escala de puntuación empleada fue de 0 a 10 (Figura III.4).

III. Material y Métodos

Hoja de cata de brevas e higos

Nombre Catador: _____

Fecha: _____

Aspecto externo _____

Defectuoso

Muy bueno

Color piel _____

Defectuoso

Muy bueno

Color pulpa _____

Defectuoso

Muy bueno

Sabor a fruta _____

Débil

Intenso

Sabor dulce _____

Débil

Intenso

Sabor ácido _____

Débil

Intenso

Sabor amargo _____

Débil

Intenso

Jugosidad _____

Poca

Mucha

Textura _____

Blanda

Dura

Semillas _____

Presencia

Ausencia

Figura III.5. Hoja de cata empleada para el análisis descriptivo de brevas e higos.

Hoja de cata de brevas e higos

Valoración global _____

Rechazable

Excelente

Figura III.6. Hoja de cata empleada para la prueba hedónica de brevas e higos.

III.2.3.4.- Determinaciones funcionales (Capítulo 3)

La caracterización de los compuestos funcionales, actividad antioxidante total (AAT), vitamina C total e identificación de polifenoles y antocianinas se realizó en los higos de los 3 estadios de maduración establecidos y por triplicado tanto de la piel como de la pulpa de las 10 variedades estudiadas durante la campaña 2012.

III.2.3.4.1.- Determinación de fenoles totales (Capítulo 3)

Los fenoles totales se determinaron por espectrofotometría según el método descrito por Lima *y col.* (2005). La extracción de los compuestos fenólicos totales tanto de la piel como de la pulpa de higos se realizó sobre 5 g de muestra fresca con una disolución de etanol (80% v/v) acidificado con ácido clorhídrico (1% v/v). La reacción colorimétrica se desarrolló a través del reactivo Folin-Ciocalteau. Tras una hora de reacción en oscuridad, se midió la absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro. La cuantificación del contenido total de fenoles se realizó mediante un patrón externo, expresando el resultado en mg de ácido gálico/100 g peso fresco.

III.2.3.4.2.- Determinación de actividad antioxidante total por ABTS (2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (Capítulo 3)

La determinación de la actividad antioxidante total en este caso se analizó según el método de Cano *y col.* (1998). Mediante la medición de la capacidad de neutralización del compuesto ABTS* previamente radicalizado. Esta actividad fue medida tanto en la fracción hidrófila (H-AAT) como de la fracción lipófila (L-AAT) de la piel y pulpa de los higos. Se preparó un radical ABTS* (reactivo cromóforo) con tampón fosfato (pH 7,5, 50 mM) para la fracción acuosa y un radical ABTS* con etanol acidificado para la fracción lipófila. Se pesaron 5 g de pulpa y 2 g de piel de cada muestra y se extrajeron mediante la adición de 10 mL de tampón fosfato a pH 7,5 (para la fracción hidrófila) y 6 mL de acetato de etilo (para la fracción lipófila). Posteriormente, las muestras fueron homogeneizadas y centrifugadas a 10,500 r.p.m. durante 20 minutos a 4°C para la separación de las dos fracciones. Inmediatamente después, se recogieron ambas fases por separado, la fracción hidrófila y la fracción lipófila. A continuación, 20 µL de cada una de las fracciones se hizo reaccionar con 1mL de ABTS* (reactivo cromóforo) y se midió la caída de absorbancia (730 nm) producida a los 20 minutos y a una temperatura de 20 °C en un espectrofotómetro.

III. Material y Métodos

Para la cuantificación de la actividad antioxidante total hidrófila y lipófila se utilizó como patrón de referencia Trolox™ (en las distintas fracciones analizadas), expresando los resultados en mM Trolox/100 g de producto fresco.

III. 2.3.4.3.- Determinación del contenido en vitamina C total (Capítulo 3)

La vitamina C total se analizó mediante la suma del contenido en ácido ascórbico (AA) y el contenido de ácido dehidroascórbico (DHAA), de acuerdo con el método descrito por Fernández-León et al. (2013), basado en Zapata y Dufour (1992), con algunas modificaciones (Gil et al., 1999). 10 g de piel o pulpa de higos de cada muestra se homogeneizó con 10 ml de una mezcla metanol / agua (5:95), más ácido cítrico (21 g / L) y EDTA (0,5 g / L). El homogeneizado se filtró a través de una gasa ajustándose su pH a 2,2-2,4 con HCl 6N y después se centrifugó a 9000 rpm y 4°C durante 5 minutos en una centrífuga. Seguidamente se filtró el sobrenadante a través de un Sep-pak C18 (Waters, Milford, MA, USA) acoplado a un filtro de nylon Millipore de 0,45 µm. El análisis cromatográfico se realizó después de la derivatización del ácido dehidroascórbico en el fluoróforo 3-(1,2-dihidroxietyl) furol[3,4-b]quinoxalina-1-ona(DFQ) con 1,2-fenilendiamina dihidrocloruro (OPDA). Para ello, a 750 µL del extracto obtenido anteriormente se le añadieron 250 µL de OPDA (0,034g/10 mL agua ultrapura) y se incubaron en oscuridad durante 36 minutos. La identificación y cuantificación tanto de ácido ascórbico como dehidroascórbico se realizó la inyección de 20 µl a un HPLC Agilent modelo 1200 Series (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA), con una columna Zorbax SB C18 (5µm, 4,6mm x 250mm) y una fase móvil formada por metanol:agua (5:95), cetrimide (5mM) y KH₂PO₄ (50mM) en modo isocrático, a un flujo de 1,8mL/min y un volumen de inyección de 20 µL. El detector utilizado fue un diodo de array (DAD) configurado a 348nm para DHAA y a 261 nm para AA. La vitamina C total se expresó como mg de ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico/100 g de peso fresco.

III. 2.3.4.4.- Determinación e identificación compuestos fenólicos y de antocianinas de forma individual (Capítulo 3)

La extracción, separación y cuantificación de los compuestos fenólicos y antocianinas se realizó siguiendo el método propuesto por Vallejo y col. (2012) mediante el

cual se determinaron los principales compuestos fenólicos empleando dos métodos de extracción.

La extracción de los compuestos fenólicos y de antocianinas presentes en la fase extraíble y no extraíble se determinó tanto de la piel como de la pulpa de higos. Para la fase extraíble se pesaron 5g de piel y 10 g de pulpa y se homogenizaron en 40 mL de una disolución de acetona: ácido fórmico (95:5). Seguidamente se agitó y se centrifugó a 10,000 r.p.m. durante 5 min. Se recogió el sobrenadante y se concentró mediante un rotavapor y a continuación, se purificaron las muestras por Sep-Pack C18 (Fisher) donde se quedaron recogidos los compuestos fenólicos y antocianinas. El extracto metanólico eluido fue utilizado para su análisis mediante HPLC. La separación cromatográfica se realizó con un cromatógrafo modelo 1100 Series de la marca Agilent Technologies empleando una columna C18 (*Phenomenex*, 5 μ m, 150 mm x 4,6 mm) termostaticada a 35°C y una fase móvil acuosa con ácido fórmico (95:5) en modo gradiente y a un flujo de 0,5 mL/min y un volumen de inyección de 5 μ L. El detector utilizado fue un API-ESI-MS cuadrupolo simple Agilent (Agilent Technologies, Inc., Palo Alto, CA, USA) en modo ión-positivo, la retención de los patrones y la cuantificación se llevo a cabo con los detectores DAD y FLD y con un API-ESI-MS simple cuadrupolo. Los resultados fueron expresados en mg/100g de peso fresco.

Por el contrario para la fracción no extraíble, se realizó la despolimerización de protoantocianidinas como los Flavan3-ols mediante el empleo de una extracción ácida mediada por fluoroglucinol. Para ello, se utilizaron tres disoluciones (A, B, C): solución A (0,01 M HCl al 37% v/v), solución B (120 mg de fluoroglucinol en la solución A) y solución C (20 mg ácido ascórbico en 2mL de solución B). Se pesaron 0,05 g de piel y 0,1 g de pulpa y se le añadió 1,8 mL de solución extractora C y se incubaron a 50°C durante 20 minutos. Pasado este tiempo, se detuvo la reacción llevando las muestras a frío. Después, se les añadieron 2 mL de acetato sódico 40 mM y se centrifugó a máxima revolución durante 5 minutos. El sobrenadante fue filtrado por filtros de 0,22 μ m para ser analizados. 10 μ L de muestra fueron inyectados para su análisis por HPLC. La separación cromatográfica se realizó con un cromatógrafo modelo 1100 Series de la marca Agilent Technologies con una columna C18 (*Phenomenex*, 5 μ m, 150 mm x 4,6 mm) termostaticada a 35°C y una fase móvil con acético al 2,5% (v/v), en modo gradiente, a un flujo de 10mL/min. El análisis

III. Material y Métodos

cromatográfico fue realizado a 280 nm Los resultados fueron expresados en mg /100g de peso fresco.

III. 2.3.4.5.- Determinación de clorofilas (Capítulo 3)

La determinación de clorofilas se realizó de la piel de los higos de las variedades verdes como eran 'Cuello Dama Blanco', 'Banane', 'Tres Volta L'Any' y 'Blanca Bétera'. La extracción de los pigmentos clorofílicos fue realizada siguiendo el método descrito por Fernández-León *et al.* (2010, 2013). Para ello, se preparó un homogeneizado con 4 g de muestra y 15 mL de acetona usando para ello un Omni Mixer. A continuación, los extractos se centrifugaron durante 15 min a 15000 rpm y 4 °C recogiendo el sobrenadante. Esta operación se realizó dos veces más, hasta la completa decoloración de la muestra. Seguidamente, los sobrenadantes se juntaron y se filtraron sobre lana de vidrio llevándolos a un volumen final de 50 mL con acetona. Antes de realizar la medida espectrofotométrica, las muestras fueron filtradas por un filtro de nylon Millipore de 0,45 µm. El espectro de absorción fue recogido entre 600 y 700 nm en un espectrofotómetro. Las clorofilas a y b fueron determinadas usando el método de calibración de mínimos cuadrados parciales (PLS) utilizando el software MATLAB 7.3 (The Math Works Inc., Natick, USA). Los resultados fueron expresados en mg clorofila a/100g de peso fresco y mg clorofila b/100g de peso fresco, respectivamente.

III.2.4.- Análisis Estadístico (Capítulos 1, 2 y 3)

El análisis estadístico se llevó a cabo usando el programa estadístico SPSS para Windows, realizando en cada caso un análisis de la varianza (ANOVA) siguiendo el procedimiento de una y dos vías y después la comparación de medias se llevó a cabo mediante el test de Tukey ($p < 0,05$). La relación entre variables fue evaluada mediante el análisis de componentes principales (PCA). Mientras que la correlación fue estimada con el test de Pearson con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

IV. RESULTADOS

CAPÍTULO IV.1. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y DE CALIDAD DE VARIEDADES DE HIGUERA.

IV.1.1. Artículo 1: “Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for fresh consumption”

IV.1.2. Artículo 2: “Evaluación agronómica y de parámetros de calidad de variedades de higuera (*Ficus carica* L.) en condiciones mediterráneas”

IV.1.1. Artículo 1: “Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for fresh consumption”



Contents lists available at ScienceDirect

Scientia Horticulturae

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scihorti

Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for fresh consumption



Cristina Pereira^a, Manuel Joaquín Serradilla^a, Alberto Martín^b,
María del Carmen Villalobos^b, Fernando Pérez-Gragera^a,
Margarita López-Corrales^{a,*}

^a Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Área de Hortofruticultura y Vegetales, Gobierno de Extremadura, Autovía Madrid-Lisboa s/n, 06187 Badajoz, Spain

^b Nutrición y Bromatología, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Ctra. de Cáceres s/n, 06071 Badajoz, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 November 2014
Received in revised form 19 January 2015
Accepted 23 January 2015

Keywords:

Ficus carica L.
Breba crop
Main crop
Agronomic characteristics
Fruit quality

ABSTRACT

The purpose of this work was to study the agronomic behaviour and quality of six fig cultivars (the breba and main crops) for fresh consumption grown in Extremadura, an area considered to have a Mediterranean climate. The fig cultivars studied were 'Cuello Dama Blanco', 'Brown Turkey', 'Colar Elche', 'San Antonio', 'Banane' and 'Blanca Bétera', all belonging to the national germplasm bank of fig trees located in Guadajira, Extremadura. Several pomological and agronomic characteristics of these cultivars were determined in four consecutive years (2009–2013). Total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pH, maturation index (MI) and firmness were also evaluated. Based on these parameters, 'Banane' and 'Brown Turkey' presented the highest yield of the breba and main crops and also produced the largest fruit in terms of fruit weight and width. 'Cuello Dama Blanco' was characterised by presenting the highest TSS and MI levels both the breba and main crops, followed by 'San Antonio'. In general, all these cultivars have great potential for the fresh fig industry and also have excellent quality attributes that are appreciated by consumers.

© 2015 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

The fig tree (*Ficus carica* L.) is among the earliest cultivated fruit trees in the world (Solomon et al., 2006). Although the fig tree is native to central Asia, it has spread throughout the Mediterranean region where it is well-adapted to several types of soils and climates due to its tolerance to salinity and drought. Consequently, figs are grown in many parts of the world where the climate is moderate (Crisosto et al., 2011).

The common fig is a gynodioecious plant species with two different genders: female trees that produce syconia with female flowers that will develop into edible seeded figs (syconium with multiple one-seed fruits or drupelets) and caprifigs that produce syconia with male and female flowers that present a style shorter than the fruit of female trees. Pollen is only produced by caprifigs, so the reproductive system is functionally dioecious (Kjellberg et al., 1987). Three edible types of female figs are grown

commercially: the common fig type that develops fruit parthenocarpically, the Smyrna type that needs pollination from caprifigs (caprification) to develop fruit, and the San Pedro type that produces a first crop (breba) parthenocarpically and a second or main crop (fig) only after caprification. Common-type figs can produce one (unifera types) or two crops (bifera types) (Flaishman et al., 2008). The breba crop figs are borne on old shoots and are larger and juicier than the main crop figs, which is produced by the axils of leaves.

Brebas and figs are an important part of the Mediterranean diet. These fruits are highly nutritious and are consumed either fresh or dried around the world (Trichopoulou et al., 2006; Solomon et al., 2006). These fruits are appreciated for their size, light colour, and sweetness. Additionally, they are an excellent source of minerals, vitamins, fibre and polyphenols, especially anthocyanins and other flavonoids that act as antioxidants and can protect against several common degenerative diseases (Crisosto et al., 2010; Slavin, 2006; Trad et al., 2014; Vinson, 1999). Consequently, the consumption of brebas and figs has an important role in contributing positively to human health and protection against several human diseases (Dueñas et al., 2008; Veberic et al., 2008; Oliveira et al., 2010; Çaliskan and Polat, 2011).

* Corresponding author. Tel.: +34 924 014065; fax: +34 924 014001.
E-mail address: margarita.lopez@gobex.es (M. López-Corrales),
URL: <http://cicytex.gobex.es/> (M. López-Corrales).

Globally, the fig tree cultivation area exceeds on 386,737 ha, with an estimated production of 1,102,000 t according to Food and Agriculture Organisation of the United Nations statistics (FAOSTAT, 2014). Turkey is the leading worldwide fig producer with 27% of the world's total production and is also the main country for fig exports with 52% of total world fig exports (Çalışkan and Polat, 2008). In Europe, Spain is the most important producer, with 30% of European fig production and 3% of the world's total production, followed by Albania, Portugal, Italy, Greece, Montenegro, France, and Croatia. In general, in the last 20 years, a clear tendency has been observed with a 7% decrease in planting areas but increased production and yields of 5% and 12%, respectively, during the same period (MAGRAMA, 2014).

In Spain, the fig tree is considered an underutilised fruit species, whose production is primarily intended for consumption as dried whole figs. Conversely, in the last decade, the consumption of fresh whole brebas and figs has increased in both the USA (Stover et al., 2007b) and in Europe, reaching in the case of Spain average exports of around 3000 t of dried figs and 2100 t of fresh figs, with sales of approximately 7 million euros counting both types. The main market for fresh figs is in France which represents more than 85% of the market, followed by Italy, Germany and the Netherlands (FAOSTAT, 2014).

Nowadays, the economic potential of the crop in certain Spanish areas is very limited and, as this demand increases, significant advances in cultivation systems to make them more efficient and sustainable are necessary. The use of varieties suited to new user requirements and the application of postharvest technology to extend the postharvest life of fresh whole brebas and figs is also important. The nutritional and functional contributions offered by these products, combined with rising consumer demand, are key to increasing the position of Spanish figs in national and international markets. Several studies have reported on the development and behaviour of the fig tree in regions of Turkey (Aljane and Ferchichi, 2008; Şimşek, 2009; Çalışkan and Polat, 2011; Gozlekci, 2011). However, no studies are available in Spain. The Scientific and Technological Research Centre of Extremadura (CICYTEX 'Finca La Orden' in Guadajira, Badajoz) is the reference fig centre in Spain, mainly due to the existence of the national germplasm bank of fig trees with over 200 different varieties that are consumed either fresh or dried. Extremadura is located in the southwest of the Iberian Peninsula and is characterised by a Mediterranean climate with hot and dry summers and mild, wet winters. Also, in certain areas of southwestern Spain, the fig tree is traditionally grown under rainfed conditions, with large frames and tree varieties for drying (López-Corrales et al., 2012). Consequently, this area has the climatic conditions necessary for the development of this crop, where the temperature, relative humidity and wind provide the best conditions to produce high quality brebas and figs. Therefore, it would be interesting to study the agronomic characteristics of fig varieties grown in this region regarding the development of yield and fruit quality in order to improve the crop and to obtain high quality fruit, mainly for fresh consumption.

Thus, the aim of this work was to evaluate the agronomic and quality behaviour of six fig cultivars of breba and main crop figs for fresh consumption and also to determine the fruit quality of these cultivars grown in southwestern Spain.

2. Materials and methods

2.1. Plant material

For this study, six fig tree cultivars (*F. carica* L.), 'Cuello Dama Blanco', 'Brown Turkey', 'Colar Elche', 'San Antonio', 'Banane' and 'Blanca Bétera' were used and were propagated by cuttings

from national fig germplasm bank located in the research centre "Finca La Orden-Valdesequera" (latitude 38° 85' 19" N, longitude -6° 68' 28" W, Guadajira, Badajoz, Spain), belonging to the Scientific and Technological Research Centre of Extremadura (CICYTEX) (Government of Extremadura, Spain). The experimental design of this trial of six cultivars for fresh consumption, established in the field in 2007, used four randomised blocks with three single-tree replications per block for each cultivar with a tree spacing of 5 m × 4 m and drip irrigation (2300 m³/ha per year) and located at an altitude of 223 m above sea level. The breba and the main crop were harvested at the commercial ripening stage and immediately after harvest, the fruit was transported to the laboratory. Vegetative and fruit quality traits were evaluated over four consecutive years (2009–2013).

2.2. Yield and vegetative growth

The yield was measured for each cultivar, year and block. Fruit were hand-picked three times per week throughout harvest time. Results were expressed in kg/tree. Additionally, 25 fruits were randomly selected per cultivar and block for determining the percentage of damage fruit caused by birds (*Sturnus vulgaris*).

Trunk girths were measured during the dormant season at 20 cm from the ground, and the trunk cross-sectional area (TCSA) was calculated by the following equation: $TCSA = p^2/8\pi$. Results were expressed in cm². Cumulative yield per tree and yield efficiency (cumulative yield in kg per final TCSA) of each cultivar were computed from the harvest data.

2.3. Fruit and plant characteristics

Fruit and plant characteristics of the breba and main crops were determined according to the fig descriptor of the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), now Biodiversity International (IPGRI and CIHEAM, 2003) and UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) Guidelines for *F. carica* L. (<http://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg265.pdf>). The fruit index was calculated by dividing the width by length.

2.4. Quality parameters

As mentioned before, both brebas and the main crop figs were hand-picked at commercial maturity according to their colour and firmness. At each harvest, 10 fruits were sampled randomly from each cultivar and block and were immediately used to determine the physicochemical characteristics.

2.4.1. Morphological analysis

Fruit weight, in grams, was determined using an AE-166 balance (Mettler, Madrid, Spain), while fruit width, fruit length, neck length, and ostiole width were measured using a DL-10 digital micrometre (Mitutoyo, Kawasaki, Japan). The characterisation of fruit was carried out by using fig UPOV Guidelines.

2.4.2. Firmness

Firmness was measured on 10 fruits, both brebas and figs, from each block per cultivar using a TA.XT2i Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Godalming, UK) connected to a computer. Force was applied to produce a 6% deformation by a 70 mm aluminium plate. The slope was determined in the linear zone of the force–deformation curve and the results are expressed as N mm⁻¹.

2.4.3. Soluble solids, titratable acidity, pH and maturation index

Total soluble solids (TSS), pH, titratable acidity (TA) and the maturation index (MI) were measured for each block per cultivar. A homogenate of the samples was obtained from ten fruits,

both brebas and figs, from each block using a lab blender (Braun, Madrid, Spain). The TSS values were measured using a model RM40 digital refractometer (Mettler Toledo, Madrid, Spain). Results are expressed as °Brix. TA and pH were determined in 5 g aliquots diluted to 50 mL with deionised water from a Milli-Q water purification system (Millipore, Bedford, MA). Analyses were conducted using a T50 automatic titrator (Mettler Toledo, Madrid, Spain). Samples were titrated with 0.1 mol L⁻¹ NaOH up to pH 7.8. Results are expressed as g citric acid 100 g⁻¹ fresh weight (FW). The MI was calculated as the ratio between TSS (°Brix) and TA (g citric acid 100 g⁻¹ fresh weight).

2.5. Statistical analysis

Statistical analysis of the data was carried out using SPSS for Windows, 19.0. Mean values of the interaction factors 'cultivar-year', 'cultivar-block' and 'year-block' for pomological and quality characteristics were studied by multivariate analysis of variance (ANOVA). Mean values were analysed by Tukey's honestly significant difference (HSD) test ($p \leq 0.05$).

3. Results and discussion

3.1. Yield and vegetative growth

3.1.1. Ripening period, yield, cumulative production, trunk cross-sectional area (TCSA) and yield efficiency

Fig growth and production are strongly dependent on environmental conditions. Generally, figs grow best and produce high quality fruit in Mediterranean and drier warm-temperate climates (Flaishman et al., 2008). In this sense, this area has suitable conditions for fresh breba and fig production. Nowadays, there is a market trend that is characterised by an increasing demand for fresh consumption cultivars. Consequently, Spanish fresh fig production has increased recently. These cultivars used in this study all fruit parthenocarpically, are grown in homogeneous conditions and are used for fresh consumption brebas and figs, although the main crop of 'Cuello Dama Blanco' and 'Colar Elche' can also be used for dried figs (Stover et al., 2007a).

The results on the ripening period, the annual production (kg/tree), cumulative yield (kg/tree), trunk cross-sectional area (cm²) and yield efficiency (kg/cm²) for each block from each cultivar of brebas and figs throughout the period 2009–2013 are presented in Tables 1 and 2.

The ripening period ranged between 9 and 21 days for brebas and 67 and 75 days for the main crop. 'San Antonio' was the earliest maturing cultivar, mature in the first week of June. The breba fruit of 'Brown Turkey' and 'Blanca Bétera' matured in mid-June, followed by 'Banane', 'Cuello Dama Blanco' and 'Colar Elche', whose fruit matured in the third week of June. The second crops of 'San Antonio', 'Brown Turkey' and 'Blanca Bétera' matured in mid-July, while 'Banane', 'Cuello Dama Blanco' and 'Colar Elche' matured at the end of July. The period of maturation of these six cultivars was at least until early October, when temperatures dropped and the first autumn rainfall started.

Regarding the date of entry into production, all cultivars began production on second green figs. Conversely, the breba production began on the third green because pruning in winter and training conducted during the early years of tree life eliminated much of the wood where brebas grow in the next year. 'Colar Elche' showed much slower entry into production (Table 1). From the beginning of entry into production (2009) to the sixth agronomic green of these cultivars (2013), differences were revealed among them. Thus, fruit yield was influenced by genotype, growth conditions and harvest year, although cultivar was the main source of variance among

them. On the other hand, the crop year influenced the behaviour of cultivars mainly in terms of yield and fruit quality due to the climatic conditions of the area (Botti et al., 2003; Flaishman et al., 2008; Çaliskan and Polat, 2012).

The annual production of the breba crop (kg/tree) presented by each cultivar and block were significantly lower than the annual production of the main crop, showing irregular values between years and blocks. 'San Antonio' and 'Brown Turkey' cultivars showed the highest annual production of the breba crop with maximum values of 5.5 and 5.4 kg/tree on the fifth green (2012). On the other hand, the annual production of the main crop per block and cultivar increased annually, reaching the sixth green (2013) with values of 83.2, 74.6, 60.2, 56.7, 53.7, 27.2 kg/tree for 'Banane', 'Brown Turkey', 'Colar Elche', 'Cuello Dama Blanco', 'San Antonio' and 'Blanca Bétera' respectively. Additionally, during the harvest of brebas and main crop figs, a high percentage of damaged fruit was observed, varying between 30% and 11% depending on the brebas and main crop figs; the dark cultivars had the highest percentage of damaged fruit. Finally, the annual production also presented differences between blocks due mainly to severe pruning during the winter, which delayed entry into production for these trees.

The cumulative yield of the breba crop (kg/tree) for the studied period of 4 years (2010–2013) was significantly lower than the cumulative yield for main crop figs during the same period. The cultivars 'San Antonio', 'Banane', and 'Brown Turkey' showed the highest cumulative yield for brebas, with 17.4, 17.2, and 10.8 kg/tree respectively, while the cultivar 'Cuello Dama Blanco' presented the lowest cumulative yield with 4.2 kg/tree (Table 1). In the case of main crop figs, the 'Banane' and 'Brown Turkey' cultivars showed the highest cumulative yields with 229 and 186.9 kg/tree, respectively. Conversely, the cultivar 'Blanca Bétera' showed the lowest cumulative yield with 65.8 kg/tree (Table 2).

In general, 'Banane' was the cultivar that presented the highest yield for both brebas and main crop figs, followed of 'Brown Turkey' and 'San Antonio'. Considering the plant density (number tree/ha), the average yield per hectare of the main crop was much higher than those obtained by Abo-El-Ez et al. (2013) for 'Kadota' and Khamis et al. (2006) for 'Black Mission' and 'Kadota' cultivars. These cultivars are synonymous for 'Colar Elche' and 'Cuello Dama Blanco' respectively (López-Corrales et al., 2011), with average annual yields in the period 2002–2003 of 17.55 kg/tree for Black Mission and 13.50 kg/tree for Kadota. Average yields of the main crop in the sixth green (2013) of 17,700 t/ha for 'Kadota' and 22,000 t/ha for 'Black Mission' were smaller compared to those obtained in our culture conditions which exceeded 28,000 t/ha for 'Cuello Dama Blanco', 30,000 t/ha for 'Colar Elche', and 37,000 t/ha for 'Brown Turkey'. The results obtained with these cultivars were almost fivefold higher than the average yields of tree figs in Spain (MAGRAMA, 2014).

The trunk cross-sectional area (TCSA), related to tree vigour, was different between cultivars during the sixth green. The cultivar 'Cuello Dama Blanco' was the most vigorous with a trunk section of 93.3 cm², followed by 'Banane' and 'Colar Elche' with 90.5 and 79 cm², respectively. According to IPGRI and under these growth conditions, these three cultivars presented only average vigour. Despite this, these cultivars are considered to be productive cultivars. On the other hand, the 'Colar Elche' cultivar has a spreading growing habit, and for this reason, commercial plantations for this cultivar would be needed with wider tree spacing, for instance 6 m × 6 m, to avoid overlap among trees.

Yield efficiency (kg/cm²), calculated as the ratio between the cumulative yield and the trunk cross-sectional area, was significantly different among cultivars. Brebas presented values lower than main crop figs due to the low yields obtained annually. However, these cultivars were highly productive for main crop figs; the 'Brown Turkey' and 'Banane' cultivars had excellent yield efficiency

Table 1
Yield (kg/tree), cumulative yield (kg/tree), TCSA (cm²) and yield efficiency (kg/cm²) of the breba crops of the six cultivars.

Breba crop	Ripening period	Block	3th green (2010)	4th green (2011)	5th green (2012)	6th green (2013)	Cumulative yield (2009–2013)	TCSA	Yield efficiency
'Cuello Dama Blanco'	25 June–5 July	1	0.4	1.6	0.3	1.5	3.8	84.8	0.04
		2	0.3	2.0	0.4	1.5	4.1	86.6	0.05
	July	3	0.2	0.9	0.5	0.6	2.2	91.1	0.02
		4	0.6	1.5	1.1	3.6	6.7	110.8	0.06
	Total		0.3	1.5	0.6	1.8	4.2	93.3	0.04
'Brown Turkey'	16 June–5 July	1	1.6	6.8	5.8	2.6	16.7	63.9	0.26
		2	0.2	0.4	3.4	1.1	5.0	54.4	0.09
	July	3	0.2	4.7	5.0	1.9	11.7	67.7	0.17
		4	–	0.9	7.8	1.2	9.9	95.6	0.1
	Total		0.6	3.2	5.5	1.7	10.8	70.4	0.2
'Colar Elche'	28 June–6 July	1	–	0.3	3.9	2.3	6.5	72.3	0.09
		2	0.2	0.0	2.7	1.6	4.5	69.1	0.07
	July	3	0.3	1.2	2.8	0.2	4.4	70.9	0.06
		4	0.4	0.5	4.3	3.8	9.0	103.7	0.09
	Total		0.3	0.5	3.4	2.0	6.1	79.0	0.08
'San Antonio'	8 June–20 June	1	0.5	1.9	3.5	4.0	10.9	51.4	0.21
		2	1.0	2.6	4.6	4.3	14.5	75.4	0.19
	June	3	3.1	6.3	6.8	7.7	26.9	65.6	0.41
		4	1.5	2.3	6.6	3.1	17.4	69.7	0.25
	Total		1.5	3.3	5.4	4.8	17.4	65.5	0.3
'Banane'	24 June–6 July	1	3.1	5.8	4.8	4.9	19.6	81.2	0.24
		2	2.1	5.7	3.1	2.9	15.8	80.2	0.20
	July	3	1.3	2.8	3.7	4.2	14.9	75.0	0.20
		4	2.4	6.3	2.6	3.3	18.5	125.6	0.15
	Total		2.2	5.1	3.5	3.8	17.2	90.5	0.2
'Blanca Bétera'	15 June–28 June	1	0.2	0.2	1.0	0.6	3.0	32.1	0.09
		2	0.1	0.7	2.4	0.9	6.0	59.4	0.10
	June	3	0.0	0.6	2.8	1.3	7.8	55.4	0.14
		4	0.0	1.5	4.0	1.1	10.6	76.6	0.14
	Total		0.1	0.8	2.6	1.0	6.9	55.8	0.1

with 2.7 and 2.6 kg/cm², respectively, followed by the 'San Antonio' and 'Colar Elche' cultivars with productive efficiency values of 1.9 and 1.6 kg/cm², respectively.

3.2. Fruit and plant characteristics

The fruit shape differed among the cultivars and crops (Table 4). According to the International Plant Genetic Resources Institute now Biodiversity International (IPGRI and CIHEAM, 2003), for brebas, all cultivars were oblong except for 'San Antonio' and 'Blanca Bétera' which were globose. With respect to the main crop, 'San Antonio' and 'Blanca Bétera' cultivars were oblate while 'Cuello Dama Blanco' was globose and the rest of the cultivars were oblong (Table 3). It has also been reported by Condit (1941) that the fruit index (width/length) is of great importance in packing and transportation. The results obtained for this index in this study were similar to those obtained by Çaliskan and Polat (2008) from different genotypes in Turkey (Table 3).

The abscission of the stalk from the twig was easy for 'San Antonio' and 'Blanca Bétera' for both brebas and main crop figs, as well as for figs of the cultivar 'Colar Elche'. In contrast, 'Cuello Dama Blanco', 'Brown Turkey' and 'Banane' presented a much harder abscission. In general, the studied cultivars ranged from intermediate to easy to peel. Skin cracking was only detected in the 'Colar Elche' and 'San Antonio' cultivars. This characteristic is related to shortened postharvest life in fresh figs (Kong et al., 2013) and depends on genotype and orchard conditions (Crisosto et al., 2011). The results obtained from this study show that the cultivar 'Colar Elche' was

highly susceptible to skin side cracking during fruit growth and development, showing severe skin side cracking when the fruit is at the tree ripe stage. Therefore, this cultivar has a reduced postharvest market life as the fruits present moderate or severe skin side cracking which provides entry sites for fungal decay and moisture loss (Kong et al., 2013).

The skin thickness was moderate for the 'Cuello Dama Blanco' and 'Blanca Bétera' cultivars and thin for the rest of the studied cultivars. The cultivar 'Brown Turkey' presented a large internal cavity diameter, while this cavity was very small for 'San Antonio' and 'Banane'. The fruit skin colour ranged from black to yellow-green while the pulp colour ranged from amber to pink (Table 3).

3.3. Fruit quality

3.3.1. Morphological analysis

Among the fruit quality attributes of fresh brebas and figs are fruit size, weight, firmness, skin and flesh colour, soluble solids content and titratable acidity. All these attributes are very important for the fresh consumption in figs, since consumer acceptance depends on them (Askoy et al., 1992; Flaishman et al., 2008; Çaliskan and Polat, 2008; Gozlekci, 2011). In this study, these six fig tree cultivars were selected with special emphasis on the quality characteristics; the data are shown in Table 4. For fruit weight and width, breba crops presented higher values than main crops. Fruit weight and width are considered as important parameters for consumer preferences (Çaliskan and Polat, 2008).

Table 2
Yield (kg/tree), cumulative yield (kg/tree), TCSA (cm²) and yield efficiency (kg/cm²) of the main crops of the six cultivars.

Main crop	Ripening period	Block	2th green (2009)	3th green (2010)	4th green (2011)	5th green (2012)	6th green (2013)	Cumulative yield (2009–2013)	TCSA	Yield efficiency
'Cuello Dama Blanco'	22 July–6 October	1	4.8	17.9	37.5	36.8	52.1	149.0	84.8	1.8
		2	4.0	10.6	19.8	22.0	35.3	91.7	86.6	1.1
	3	3	5.1	13.7	35.0	33.5	63.6	150.9	91.1	1.7
		4	5.4	19.3	42.8	33.5	75.7	176.7	110.8	1.6
	Total		4.8	15.4	33.8	31.5	56.7	142.1	93.3	1.5
'Brown Turkey'	12 July–6 October	1	7.0	22.4	29.7	40.3	52.6	152.0	63.9	2.4
		2	3.0	17.0	30.0	47.4	80.5	177.9	54.4	3.3
	3	3	7.3	27.3	28.9	39.4	70.6	173.6	67.7	2.6
		4	8.3	42.9	46.0	52.1	94.6	243.9	95.6	2.6
	Total		6.4	27.4	33.7	44.8	74.6	186.9	70.4	2.7
'Colar Elche'	30 July–6 October	1	1.8	13.9	26.3	24.1	51.3	117.4	72.3	1.6
		2	0.2	6.7	17.1	22.0	63.4	109.4	69.1	1.6
	3	3	1.7	13.1	23.5	21.1	63.3	122.7	70.9	1.7
		4	0.2	13.8	26.9	25.6	62.7	129.2	103.7	1.3
	Total		1.0	11.9	23.5	23.2	60.2	119.7	79.0	1.6
'San Antonio'	22 July–3 October	1	2.3	12.8	34.5	27.5	36.6	113.8	51.4	2.2
		2	1.6	11.6	34.1	28.1	54.4	129.7	75.4	1.7
	3	3	2.3	13.6	31.2	21.0	58.2	126.4	65.6	1.9
		4	1.3	13.6	27.4	23.1	65.5	130.9	69.7	1.9
	Total		1.9	12.9	31.8	24.9	53.7	125.2	65.5	1.9
'Banane'	24 July–3 October	1	10.1	26.7	46.0	54.5	87.7	224.9	81.2	2.8
		2	13.1	29.4	42.8	47.5	58.0	190.7	80.2	2.4
	3	3	8.7	25.6	46.1	50.5	77.3	208.2	75.0	2.8
		4	16.6	43.2	54.9	67.5	109.8	292.1	125.6	2.3
	Total		12.1	31.2	47.4	55.0	83.2	229.0	90.5	2.6
'Blanca Bétera'	22 July–3 October	1	0.2	2.7	11.4	11.4	17.2	42.9	32.1	1.3
		2	0.3	5.9	16.9	18.8	25.6	67.4	59.4	1.1
	3	3	0.8	7.5	16.7	19.3	32.9	77.2	55.4	1.4
		4	0.3	6.9	17.8	17.4	33.2	75.7	76.6	1.0
	Total		0.4	5.7	15.7	16.7	27.2	65.8	55.8	1.2

Table 3
Fruit and plant characteristics of the breba and main crops of the six cultivars grown in Extremadura.

Cultivars	Fruit width/length	Fruit shape	Abcission of the stalk from the twig	Ease of peeling	Fruit skin cracks	Thickness of the fruit skin	Fruit internal cavity	Fruit skin colour	Fruit skin overcolour	Fruit pulp colour
Breba crop										
'Cuello Dama Blanco'	0.8	Oblong	Hard	Intermediate	None	Intermediate	None	Light green	None	Amber
'Brown Turkey'	0.8	Oblong	Hard	Easy	None	Thin	Medium	Yellow–green	Purple	Pink
'Colar Elche'	0.7	Oblong	Hard	Easy	Scarce longitudinal	Thin	None	Black	None	Pink
Main crop										
'San Antonio'	0.9	Globose	Easy	Intermediate	Cracked	Thin	Very small	Yellow–green	Purple	Amber
'Banane'	0.5	Oblong	Hard	Easy	None	Thin	Small	Light green	Purple	Red
'Blanca Bétera'	0.9	Globose	Easy	Intermediate	None	Intermediate	None	Light green	None	Red
Main crop										
'Cuello Dama Blanco'	1.0	Globose	Hard	Intermediate	None	Intermediate	None	Yellow–green	None	Amber
'Brown Turkey'	0.9	Oblong	Hard	Easy	None	Thin	Medium	Yellow–green	Purple	Pink
'Colar Elche'	0.6	Oblong	Easy	Easy	Scarce longitudinal	Thin	None	Black	None	Pink
'San Antonio'	1.1	Oblate	Easy	Intermediate	Cracked	Thin	Very small	Yellow–green	Purple	Amber
'Banane'	0.8	Oblong	Hard	Easy	None	Thin	Small	Light green	Purple	Red
'Blanca Bétera'	1.1	Oblate	Easy	Intermediate	None	Intermediate	None	Yellow–green	None	Red

For breba crops, the highest values for fruit weight and width were obtained from 'Brown Turkey' at 115.8 g and 61.6 mm, followed by 'Banane' at 99.5 g and 53 mm and 'Colar Elche' at 71 g and 50.8 mm, respectively. Meanwhile, for main crop figs, the cultivar 'Blanca Bétera' had 39.7 g and 44.3 mm followed by 'Colar Elche'

and 'Cuello Dama Blanco' were observed 46.9 g and 42.3 mm and 42.1 g and 42.6 mm respectively. Therefore, 'Brown Turkey' showed the highest values for fruit weight and width for both kinds of fruit. These findings are similar to those obtained by other authors for main crop figs for accession 'KZTP-38' (Şimşek and Yildirim, 2010)

Table 4
Pomological and quality characteristics of the breba and main crops of the six fig cultivars during the studied period (2011–2013).

	'Cuello Dama Blanco'	'Brown Turkey'	'Colar Elche'	'San Antonio'	'Banane'	'Blanca Bétera'	<i>p</i>	<i>P</i> _{int 1}	<i>P</i> _{int 2}	<i>P</i> _{int 3}
Breba crop										
Fruit weight (g)	47.6 ± 11.7 ^e	115 ± 27.6 ^a	76.5 ± 19.7 ^c	56.4 ± 10.4 ^d	99.5 ± 24.2 ^b	57.4 ± 10.8 ^d	0	***	ns	*
Fruit width (mm)	45.7 ± 4.8 ^d	61.4 ± 6.8 ^a	50.9 ± 5.1 ^c	50.8 ± 3.8 ^c	53 ± 6.1 ^b	52.1 ± 4.7 ^b	0	***	ns	*
Fruit length (mm)	57.3 ± 5 ^b	76.6 ± 7.3 ^d	74.7 ± 9.2 ^c	55.8 ± 4.8 ^d	106 ± 15 ^a	56.8 ± 4.6 ^d	0	***	***	**
Neck length (mm)	13 ± 4 ^e	11.7 ± 5 ^d	14.5 ± 4.8 ^b	10.2 ± 3.8 ^e	36.1 ± 7.8 ^a	9.5 ± 3.4 ^e	0	***	*	ns
Ostiole width (mm)	7.1 ± 2.8 ^d	11.7 ± 3.6 ^a	8.1 ± 2.2 ^c	8.5 ± 4.5 ^c	6.6 ± 2.3 ^e	10.2 ± 2.3 ^b	0	***	***	**
TSS (° Brix)	18.7 ± 2.6 ^a	16.4 ± 1.1 ^d	18.1 ± 1.7 ^b	16.6 ± 1.2 ^d	15.6 ± 1.4 ^e	17.6 ± 1.7 ^c	0	***	***	***
pH	6.0 ± 0.3 ^a	5.7 ± 0.3 ^b	5.5 ± 0.3 ^c	5.7 ± 0.2 ^b	5.6 ± 0.4 ^d	5.3 ± 0.4 ^e	0	***	***	***
TA (g citric acid 100 g ⁻¹ fresh weight)	0.1 ± 0.03 ^d	0.1 ± 0.02 ^d	0.1 ± 0.04 ^c	0.1 ± 0.02 ^d	0.2 ± 0.05 ^b	0.2 ± 0.05 ^a	0	***	***	***
Firmness N mm ⁻¹	1.1 ± 0.5 ^d	1.3 ± 0.6 ^b	1.5 ± 0.6 ^a	1.2 ± 0.5 ^c	1.5 ± 0.7 ^a	1.2 ± 0.6 ^c	0	***	***	ns
Maturation index (TSS/TA)	187 ± 62 ^a	149 ± 33 ^b	150 ± 56 ^c	157 ± 35 ^c	108 ± 41 ^c	105 ± 36 ^c	0	***	**	***
Main crop										
Fruit weight (g)	42.1 ± 13.3 ^c	60.7 ± 26.3 ^a	49.6 ± 9.8 ^b	54 ± 9.6 ^{ab}	55.4 ± 12.5 ^{ab}	39.7 ± 9.1 ^c	ns	ns	ns	ns
Fruit width (mm)	42.6 ± 5.4 ^a	54 ± 5.9 ^a	42.3 ± 3.8 ^a	52.2 ± 5.2 ^a	44.2 ± 5.6 ^a	44.3 ± 5 ^a	ns	ns	ns	ns
Fruit length (mm)	46.5 ± 6.6 ^c	57.7 ± 8 ^b	54.3 ± 7 ^c	40.7 ± 4.8 ^d	60.4 ± 10.3 ^a	42.9 ± 4.8 ^f	0	***	***	***
Neck length (mm)	8.1 ± 3.2 ^c	10.3 ± 4.5 ^b	8 ± 3.6 ^c	8.1 ± 3.4 ^c	11.3 ± 5.2 ^a	7.1 ± 2.3 ^c	0	*	ns	ns
Ostiole width (mm)	5.3 ± 2.6 ^c	5.7 ± 2.7 ^b	3.5 ± 2 ^e	6.3 ± 3 ^a	4.6 ± 2.5 ^d	6.2 ± 2.6 ^a	0	***	***	***
TSS (° Brix)	21.4 ± 1.9 ^a	18.3 ± 2.2 ^c	20.8 ± 3.3 ^a	20.1 ± 1.7 ^b	17.5 ± 2.3 ^d	21 ± 2.6 ^a	0	***	*	***
pH	5.9 ± 0.3 ^a	5.6 ± 0.3 ^c	5.5 ± 0.3 ^d	5.8 ± 0.2 ^b	5.5 ± 0.3 ^c	5.3 ± 0.2 ^f	0	***	***	*
TA (g citric acid 100 g ⁻¹ fresh weight)	0.08 ± 0.03 ^f	0.1 ± 0.04 ^d	0.1 ± 0.04 ^b	0.09 ± 0.03 ^e	0.1 ± 0.03 ^c	0.1 ± 0.03 ^c	0	***	*	*
Firmness N mm ⁻¹	0.9 ± 0.4 ^c	1.0 ± 2.3 ^{bc}	1.2 ± 0.6 ^a	1.0 ± 0.5 ^b	1.0 ± 1.1 ^{bc}	1.1 ± 1.1 ^b	0	ns	ns	*
Maturation index (TSS/TA)	278 ± 72 ^a	198 ± 68 ^c	175 ± 52 ^d	231 ± 57 ^b	170 ± 63 ^d	151 ± 45 ^e	0	***	***	***

*P*_{int 1}: *P* cultivar-year interaction values.

*P*_{int 2}: *P* cultivar-block interaction values.

*P*_{int 3}: *P* year-block interaction values.

^{a-d} Different letters indicate that there is a significant difference (*P* < 0.05).

* *p* < 0.05.

** *p* < 0.01.

*** *p* < 0.001.

⁺ *p* < 0.1.

and for the cultivar 'Bursa Siyahi' (Çaliskan and Polat, 2012), which are several genotypes grown in Turkey. Nevertheless, these findings are in contrast to those obtained by Crisosto et al. (2010) for these cultivars grown in California. In the case of the 'Cuello Dama Blanco', 'Brown Turkey', and 'Colar Elche' cultivars, the values obtained in the present study for fruit weight were higher than those obtained by Crisosto et al. (2010). These differences could be explained by the different growth conditions (Çaliskan and Polat, 2008).

For fruit length, the highest values were observed for 'Banane' with 106 mm for brebas and 60.4 mm for figs while 'San Antonio' had the lowest for both kinds of crop (55.8 mm for brebas and 40.7 mm for main crop figs). However, the 'Banane' and 'Brown Turkey' cultivars were among the largest brebas and main crop figs. Ours results were higher than those of Çaliskan and Polat (2008) and Küden et al. (2008).

With respect to neck length, the cultivar 'Banane' with 36.1 mm and the cultivar 'Colar Elche' with 14.5 mm had the longest neck for breba crops, whereas for main crop figs, fruit neck length values were below that observed for breba crops; the cultivar 'Banane' had the highest value with 11.3 mm. (Table 3). The neck length values in the current study were higher than those obtained by Şimşek and Yildirim (2010) and Çaliskan and Polat (2012) and were similar to values obtained by Gozlekci (2011) for genotypes A4 and A5. For the fresh fig industry, fruits with necks that are too long are not desirable; however, according to the list of qualitative and quantitative IPGRI *F. carica* L. descriptors, all brebas and main crop figs had a medium sized neck length for these cultivars.

The ostiole width ranged between 6.6 and 11.7 mm for brebas and between 3.5 and 6.2 mm for main crop figs. Furthermore, the ostiole width for main crop figs was lower than for the breba crop; the cultivar 'Brown Turkey' had the largest ostiole opening for brebas with a value of 11.8 mm while for main crop figs, the 'San Antonio' and 'Blanca Bétera' cultivars had the highest values at 6.3 and 6.2 mm, respectively. The breba crop of 'Brown Turkey'

was characterised by having a large ostiole opening. In general, this characteristic is undesirable for the fig industry because it is an entryway for yeasts, bacteria and fungal pathogens, which are transported by insects that cause diseases such as souring, fermentation spoilage, endosepsis, and smut. Therefore, the size of the ostiole opening is one of the most important problems for the fresh fig trade (Crisosto et al., 2011). 'Cuello Dama Blanco', 'Banane', and 'Colar Elche' had an ostiole opening smaller than that of 'Brown Turkey', and for this reason, these cultivars should have a better postharvest market life since cultivars with smaller ostioles are less affected by decay. These results are similar to those obtained for these same cultivars by Kong et al. (2013). However, the size of the ostiole opening presented by these cultivars was larger than those obtained from cultivars grown in Turkey, as shown by Çaliskan and Polat (2008) and than those obtained by other authors (Aljane and Ferchichi, 2008; Küden et al. (2008) Polat and Özkaya, 2005; Şimşek and Yildirim, 2010; Çaliskan and Polat, 2012). In addition, the cultivar 'Brown Turkey' presented a large internal cavity diameter in the majority of fruit that, together with the ostiole width, may explain the grade of oxidation found in flesh of this cultivar (Table 4).

3.3.2. Firmness

Regarding firmness, significant differences were found among cultivars for both brebas and main crop figs (Table 4). The 'Colar Elche' and 'Banane' cultivars presented the highest values for brebas at 1.5 N mm⁻¹ and 1.2 N mm⁻¹ for main crop figs of the 'Colar Elche' cultivar. Conversely, the firmness was lowest for samples of 'Cuello Dama Blanco' for both crops. In general, the breba crop presented a higher firmness value than that of the main crop. These results are in contrast to those obtained by Crisosto et al. (2010) for the cultivar 'Cuello Dama Blanco' or 'Kadota' whose figs presented the highest values for firmness after the cultivar 'Calimyrna'.

Fruit firmness and colour are the most useful criteria for selecting fruit suitable for picking (Flaishman et al., 2008).

3.3.3. Total soluble solids, titratable acidity, pH and maturation index

For total soluble solids (TSS), figs of the main crop had the highest values, ranging from 20.1 °Brix ('San Antonio') to 21.5 °Brix ('Cuello Dama Blanco'). On the contrary, breba crops showed the lowest values, between 15.6 °Brix for 'Banane' and 16.6 °Brix for 'San Antonio'. Consequently, the cultivar 'Cuello Dama Blanco' showed the highest soluble solids values for both brebas and figs. In general, these results were lower than those shown by Çaliskan and Polat (2008, 2012) for different cultivars grown in Turkey, with TSS values ranging between 20.1 and 27.4 °Brix for figs. Nevertheless, the TSS values obtained in this study for 'Cuello Dama Blanco' and 'Colar Elche' were higher than those for the same cultivars grown in California described by Crisosto et al. (2010). Regarding titratable acidity (TA), the 'Blanca Bétera' and 'Banane' cultivars presented the highest TA values with 0.2 and 0.1 g citric acid 100 g⁻¹ fresh weight for brebas and main crops respectively. In contrast, the 'Cuello Dama Blanco' cultivar showed the lowest TA values for both crops. TA values for brebas were higher than those obtained for main crop figs. In the case of TA values obtained in this study, as a general rule, they were lower than those found by other authors for the same cultivars or different cultivars under different conditions, i.e. Crisosto et al. (2010), and similar to those obtained by Çaliskan and Polat (2008). Therefore, according to our results, the cultivar 'Cuello Dama Blanco' can be considered the sweetest cultivar among the studied cultivars. The pH varied between 5.3 and 6 both brebas and main crop figs; the 'Blanca Bétera' cultivar had the lowest pH values in all of the cases.

For MI (TSS/TA), the highest levels were obtained from 'Cuello Dama Blanco', whose values ranged between 187 and 278 for brebas and figs. The best MI, both breba and main crop figs, was obtained from the 'Cuello Dama Blanco' cultivar, followed by the 'San Antonio' cultivar (Table 4). Furthermore, main crops presented higher values than breba crops in all cases. This index has been reported as one of the most important factors in fruit taste and moreover can be used as guidance in selecting cultivars for specific uses (Çaliskan and Polat, 2008). Our results concerning MI (TSS/TA) were in general higher than those reported by other authors (Çaliskan and Polat, 2008; Crisosto et al., 2010) for cultivars grown under different conditions, though the results obtained from figs of the 'Cuello Dama Blanco' cultivar were higher than those obtained by Crisosto et al. (2010) when figs were harvested at commercial maturity. The MI result obtained for figs of the cultivar 'Cuello Dama Blanco' show that this cultivar has good characteristics for producing high quality fresh figs.

The results of this study confirm that the quality attributes were more affected by the interaction between cultivar and year than by other interactions (Table 4).

4. Conclusion

We can conclude that the results of our investigation indicate that the six studied cultivars have great potential to develop a fresh fig industry since they are very productive and have good physico-chemical characteristics.

For all cultivars, the main crop yield was higher than that of the breba crop. In addition, brebas had greater weight, width and TA values than figs of the main crop, while figs presented higher TSS and MI (TSS/TA) values than brebas. The cultivar 'San Antonio' was the earliest maturing cultivar. 'Banane' and 'Brown Turkey' had the highest yield with an excellent fruit weight and width for both crops, followed by 'Colar Elche'. Finally, the cultivar 'Cuello Dama Blanco' had the third highest yield for figs and was demonstrated to have a good aptitude to be consumed fresh.

Acknowledgements

Financial support for this research was provided by Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Economía y Competitividad (Spain) (Project grant RTA 2010–00123). C. Pereira was financed by INIA (Grand 30 (BOE n° 31, Sec. III. pág.: 12862)) doctoral fellowship. M. López-Corrales was financed by Comunidad Autónoma de Extremadura (Grand TA13040).

References

- Abo-El-Ez, A.T., Mostafa, R.A.A., Ibtisam, F.M.B., 2013. Growth and productivity of three fig (*Ficus carica* L.) cultivars grown under upper Egypt conditions. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 7, 709–714.
- Aljane, F., Ferchichi, A., 2008. Pomological characteristics of local fig (*Ficus carica*) cultivars in southern Tunisia. *Acta Hort.* 798, 123–128.
- Askoy, U., Seferoglu, G., Misirli, A., Kara, S., Sahin, N., Bulbul, S., Duzbastilar, 1992. Selection of the table fig genotypes suitable for Egean Region. In: *Proceeding of the First National Horticultural Congress*, pp. 545–548 (in Turkish).
- Botti, C., Franck, N., Prat, L., Ioannidis, D., 2003. The effect of climatic conditions on fresh fig fruit field quality and type of crop. *Acta Hort.* 605, 37–42.
- Çaliskan, O., Polat, A.A., 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Sci. Hort.* 115, 360–367.
- Çaliskan, O., Polat, A.A., 2011. Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Sci. Hort.* 128, 473–478.
- Çaliskan, O., Polat, A.A., 2012. Effects of genotype and harvest year on phytochemical and fruit quality properties of Turkish fig genotypes. *Span. J. Agric. Res.* 10, 1048–1058.
- Condit, I.J., 1941. Fig characteristics useful in the identification of varieties. *Hilgardia* 14, 1–69.
- Crisosto, C.H., Bremer, V., Ferguson, L., Crisosto, G.M., 2010. Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *Hortscience* 45, 707–710.
- Crisosto, C.H., Ferguson, L., Bremer, V., Stover, E., Colelli, G., 2011. Fig (*Ficus carica* L.). In: Yahlia, E.E. (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Fruits, 3. Cocona to Mango. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK, pp. 134–158.
- Dueñas, M., Pérez-Alonso, J.J., Santos-Buelga, C., Escribano-Bailón, T., 2008. Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.). *J. Food Compos. Anal.* 21, 107–115.
- FAOSTAT, 2014. FAO Database, <http://faostat.fao.org>
- Fig UPOV Guideline (265/1), 2010. International Union for the Protection of New Varieties of Plants, Geneva, <http://www.upov.int>
- Flaishman, M.A., Rodov, V., Stover, E., 2008. The fig: botany, horticulture and breeding. *Hortic. Rev.* 34, 113–197.
- Gozlekci, S., 2011. Pomological traits of fig (*Ficus carica* L.) genotypes collected in the west Mediterranean region in Turkey. *J. Anim. Plant Sci.* 21, 646–652.
- IPGRI, CIHEAM, 2003. Descriptors for Fig International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy and International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France, pp. 52.
- Kjellberg, F., Gouyon, P.-H., Ibrahim, M., Raymond, M., Valdeyron, V., 1987. The stability of the symbiosis between dioecious figs and their pollinators: a study of *Ficus carica* L. and *Blastophaga psenes* L. *Evolution* 41, 704–963.
- Khamis, M.A., Bakry, K.A., El-Sayed, M.E., El-Husseiny, A.M., 2006. Evaluation of some fig cultivar in Egypt. 2-Fruiting and fruit quality. *J. Biol. Chem. Environ. Sci.* 1, 105–116.
- Kong, M., Lampinen, B., Ken, S., Crisosto, C.H., 2013. Fruit skin side cracking and ostiole-end splitting shorten postharvest life in fresh figs (*Ficus carica* L.), but are reduced by deficit irrigation. *Postharvest Biol. Technol.* 85, 154–161.
- Küden, A.B., Bayazit, S., Çömlekcioglu, S., 2008. Morphological and pomological characteristics of fig genotypes selected from Mediterranean and south east Anatolia regions. *Acta Hort.* 798, 95–102.
- López-Corrales, M., Gil, M., Pérez, F., Cortés, J., Serradilla, M.J., Chome, P.M., 2011. Variedades de higuera: descripción y registro de variedades. In: *Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y Marino*, Madrid, ISBN 978-84-491-1103-7.
- López-Corrales, M., Pérez, F., Serradilla, M.J., Pereira, C., 2012. Estructura varietal del cultivo de la higuera en Extremadura. In: *La agricultura y ganadería extremeña*, Informe 2011. Caja Badajoz, ISBN 978-84-695-5300-8, pp. 121–130.
- MAGRAMA, 2014. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, <http://www.magrama.gob.es>
- Oliveira, A.P., Silva, L.R., Guedes de Pinho, P., Gil-Izquierdo, A., Valentão, P., Silva, B.M., Pereira, J.A., Andrade, P.B., 2010. Volatile profiling of *Ficus carica* varieties by HS-SPME and GC-IT-MS. *Food Chem.* 123, 548–557.
- Polat, A.A., Özkaya, M., 2005. Selection studies on fig in the Mediterranean region of Turkey. *Pak. J. Bot.* 37, 567–574.
- Slavin, J.L., 2006. Figs: Past, present, and future. *Nutr. Today* 41, 180–184.
- Şimşek, M., 2009. Fruit performances of the selected fig types in Turkey. *Afr. J. Agric. Res.* 4, 1260–1267.
- Şimşek, M., Yıldırım, H., 2010. Fruit characteristics of the selected fig genotypes. *Afr. J. Biotechnol.* 9, 6056–6060.

IV. Resultados

128

C. Pereira et al. / *Scientia Horticulturae* 185 (2015) 121–128

- Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z., Flaishman, M.A., 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *J. Agric. Food Chem.* 54, 7717–7723.
- Stover, E., Aradhya, M., Crisosto, C., Ferguson, F., 2007a. Overview of the California fig industry and new interest in varieties for fresh fruit. In: *Proc. California Plant and Soil Conference: Opportunities for California Agriculture*, Sacramento, CA, pp. 169–175.
- Stover, E., Aradhya, M., Ferguson, L., Crisosto, C.H., 2007b. The fig: overview of an ancient fruit. *Hortscience* 42, 1083–1087.
- Trad, M., Le Bourvellec, C., Gaaliche, B., Renard, M.G.C., Mars, M., 2014. Nutritional compounds in figs from the southern Mediterranean region. *Int. J. Food Prop.* 17, 491–499.
- Trichopoulou, A., Vasilopoulou, E., Geoga, K., Soukara, S., Dilis, V., 2006. Traditional foods: why and how to sustain them. *Trends Food Sci. Technol.* 17, 496–504.
- Veberic, R., Jakopic, J., Stampar, F., 2008. Internal fruit quality of figs (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Ital. J. Food Sci.* 20, 255–262.
- Vinson, J.A., 1999. The functional food properties of figs. *Cereal Foods World* 44, 82–87.

IV.1.2. Artículo 2: “Evaluación agronómica y de parámetros de calidad de variedades de higuera (*Ficus carica* L.) en condiciones mediterráneas”

1 **Evaluación agronómica y de parámetros de calidad de variedades de higuera**
2 **(*Ficus carica* L.) en condiciones mediterráneas**

3 **Evaluation of agronomic and fruit quality traits of fig tree varieties (*Ficus***
4 ***carica* L.) grown in Mediterranean conditions**

5 Cristina Pereira¹; Manuel Joaquín Serradilla¹; Fernando Pérez-Gragera¹;
6 Alberto Martín²; María del Carmen Villalobos²; Margarita López-Corrales^{1,*}

7 ¹Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura
8 (CICYTEX). Áreas de Hortofruticultura y Vegetales. Junta de Extremadura. Autovía
9 Madrid-Lisboa s/n, 06187 Badajoz, Spain.

10 ²Nutrición y Bromatología, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de
11 Extremadura, Ctra. de Cáceres s/n, 06071 Badajoz, Spain.

12 **Resumen**

13 En este trabajo se ha evaluado el comportamiento agronómico y de calidad
14 de diez variedades de higuera, para el establecimiento de nuevas plantaciones
15 comerciales con destino al consumo en fresco. Para ello se han determinado las
16 producciones anuales, las acumuladas, la tasa de crecimiento activo (SDT) y la
17 eficiencia productiva, así como, el peso y el calibre medio, el contenido en sólidos
18 solubles (CSS), el pH, la acidez titulable (AT) y el índice de maduración (IM) de
19 ambas producciones (brevas e higos). Los resultados de este estudio han puesto de
20 manifiesto que las mayores producciones de brevas e higos se han obtenido con
21 ‘Banane’ y ‘Brown Turkey’ destacando también ‘San Antonio’, ‘Colar Elche’ y ‘Cuello
22 Dama Blanco’ por su alta producción de higos. Por otro lado, fueron ‘Cuello Dama
23 Blanco’ y ‘De Rey’ las que mostraron las mejores características organolépticas con
24 un elevado contenido en sólidos solubles e índice de maduración, seguidos de ‘San
25 Antonio’ y ‘Cuello Dama Negro’.

26 **Palabras clave adicionales:** *Ficus carica* L., brevas, higos, producción,
27 consumo en fresco y calidad.

28

29 **Abstract**

30 In this work has been evaluated agronomic behaviour and fruit quality of
31 ten varieties of fig tree for the establishment of new commercial orchards destined
32 for fresh consumption. The following traits were measured: annual yield,
33 cumulative yield, active growth rate (TS) and yield efficiency of each cultivar as
34 well as weight, width, soluble solids content (SSC), pH, titratable acidity (TA) and
35 maturation index (MI) of brebas and main crop. The results of this study have
36 showed that the highest yields were obtained from 'Banane' and 'Brown Turkey'
37 cultivars. 'San Antonio', 'Colar Elche' and 'Cuello Dama Blanco' also presented a
38 notable production of main crops. On the other hand, 'Cuello Dama Blanco' and 'De
39 Rey' exhibited the best organoleptic characteristics, showing a high content of
40 soluble solids and maturation index, followed by 'San Antonio' and 'Cuello Dama
41 Negro'.

42 **Additional key words:** *Ficus carica* L., brebas, figs, yield, fresh
43 consumption and fruit quality.

44 **Introducción**

45 En los países del área mediterránea de la Unión Europea, el cultivo de la
46 higuera (*Ficus carica* L.) se ha incluido dentro de las especies menores o
47 infrautilizadas, debido probablemente a que su producción es pequeña en relación
48 a otros cultivos característicos de dicha área como el olivo, la vid o el naranjo. En
49 España, esta especie se ha cultivado y mantenido en determinadas Comunidades
50 Autónomas, principalmente en secano y en parcelas de pequeña superficie o bien
51 como árboles diseminados. En cuanto al material vegetal, cada zona ha utilizado
52 materiales locales adaptados a diferentes usos, aplicándose técnicas de cultivo
53 tradicionales.

54 Ante esta situación, la superficie y la producción de la higuera en España ha
55 ido disminuyendo lenta pero inexorablemente, pasando de unas 20 mil ha y 65 mil
56 toneladas en los años 90 a 12 mil ha de superficie cultivada con una producción de
57 30 mil toneladas al año aproximadamente en la actualidad (MAGRAMA, 2015).
58 Entre las principales razones de este declive se pueden citar la limitada

59 información sobre variedades comerciales y los escasos estudios sobre técnicas de
60 cultivo (poda, riego o fertilización) (Goldhamer *et al.*, 1999; Melgarejo, P., 1996,
61 1998; Tapia *et al.*, 2003), y de manejo de los frutos en recolección y postcosecha. En
62 los últimos años, se ha observado un notable aumento del consumo tanto en fresco
63 como en seco, principalmente en México y Estados Unidos, así como en Japón,
64 China y los Emiratos del Golfo Pérsico (FAOSTAT, 2015). Este hecho ha provocado
65 un mayor interés del sector productivo por esta especie, por lo que sería
66 interesante la reactivación del cultivo de la higuera, principalmente en las zonas
67 dónde su cultivo es tradicional. Esto debería llevar aparejado la introducción de
68 estos frutos en diferentes industrias agroalimentarias, el desarrollo de nuevos
69 productos y el incremento de la oferta en diferentes mercados nacionales e
70 internacionales. Sin embargo, el potencial de desarrollo de la higuera está ligado a
71 la implantación de técnicas agronómicas modernas y a la selección de variedades
72 productivas y con frutos de calidad relacionados con parámetros como el peso, el
73 calibre, la forma y el color de la piel y la pulpa, el sabor, el aroma, el contenido en
74 sólidos solubles y la acidez (Flaishman *et al.*, 2008). También, con el desarrollo de
75 técnicas postcosecha que ayuden a preservar y alargar la vida útil del fruto,
76 favoreciendo el acceso a nuevos mercados (Crisosto *et al.*, 2011; Villalobos *et al.*,
77 2014). Países como Turquía, Israel, Egipto, EEUU o Chile han realizado, en
78 diferentes zonas, estudios con variedades y/o técnicas de cultivo para mejorar la
79 productividad y la calidad de los frutos en las nuevas plantaciones comerciales
80 (Çalışkan & Polat, 2008; Abo-el-ez, AT, 2013; Assaf, 2001; Botti *et al.*, 2003;
81 Flaishman *et al.*, 2008). En España, los estudios se han centrado principalmente en
82 la identificación y caracterización de los recursos fitogenéticos de esta especie
83 (Giraldo *et al.*, 2008;2010) y en la aplicación de diferentes técnicas de conservación
84 de los frutos (Villalobos *et al.*, 2015), siendo muy escasos los relacionados con el
85 comportamiento agronómico, técnicas de cultivo y la mejora de la productividad
86 (Puebla *et al.*, 2003; Valdés *et al.*, 2009).

87 En consecuencia, sería de gran interés estudiar diferentes variedades
88 para el establecimiento de plantaciones comerciales destinadas al consumo en
89 fresco, así como mejorar y optimizar el manejo del cultivo para la producción de
90 fruta de alta calidad. Por tanto, el objetivo principal de este trabajo es evaluar el

91 comportamiento agronómico y la calidad de fruto de diez variedades de higuera
92 interesantes para consumo en fresco.

93 **Material y métodos**

94 **Material Vegetal**

95 El estudio se ha realizado en un ensayo establecido en el año 2007 en el
96 Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura CICYTEX -'La
97 Orden' en Guadajira, Badajoz (latitud 38° 85' 19" N, longitud -6°68' 28" W), con
98 suelo de textura franco arenosa, pH 6,8 y una profundidad media de 1,5m. En
99 cuanto a la clasificación climática, el clima es templado medio, de inviernos suaves,
100 con una pluviometría media de 550 mm, cuyo periodo seco se extiende desde la
101 última semana de abril hasta la primera decena de septiembre.

102 El material vegetal procedió de estaquillas del Banco de germoplasma de
103 higuera situado en CICYTEX -'La Orden'. El ensayo incluyó 10 variedades de
104 higuera seleccionadas por considerarlas interesantes para el consumo en fresco:
105 'San Antonio', 'Banane', 'Cuello Dama Blanco', 'Cuello Dama Negro', 'Tiberio', 'Tres
106 Voltas L'Any', 'Colar Elche', 'Brown Turkey', 'Blanca Bétera' y 'De Rey' (López-
107 Corrales *et al.*, 2011), todas ellas partenocárpicas y bíferas, excepto 'Tiberio' que es
108 de tipo San Pedro. 'Cuello Dama Blanco' y 'Colar Elche' presentan además una
109 doble aptitud ya que sus higos pueden destinarse para el secado (Stover *et al.*,
110 2007). Todas ellas, excepto 'Tres Voltas L'Any' están incluidas en el Registro oficial
111 de Variedades Comerciales de higuera (Orden ARM/2935/2011, de 21 de octubre;
112 BOE nº 262, 31 de Octubre de 2011), si bien únicamente se comercializan a nivel
113 nacional 'Cuello Dama Blanco', 'Colar Elche' y 'Brown Turkey'.

114 Las brevas de todas las variedades son de forma oblonga u ovoide a
115 excepción de 'San Antonio' que son globosas. Los higos de 'San Antonio' son de
116 forma achatada, mientras que los de 'Cuello Dama Blanco' son globosos y para el
117 resto de las variedades su forma es ovoide. El color de la piel del fruto varía entre
118 marrón en 'Brown Turkey', 'San Antonio' y 'Tiberio', negro-morado en 'Cuello
119 Dama Negro', Colar Elche' y 'De Rey' y amarillo-verdoso en 'Cuello Dama Blanco',
120 'Blanca Bétera', 'Tres Voltas L'Any' y 'Banane'. El color de la pulpa varía de ámbar

121 en 'Cuello Dama Blanco', 'De Rey', 'Blanca Bétera' y 'Tiberio' a roja en 'Tres Voltas
122 L'Any', 'Brown Turkey' y 'Banane' y rosa en 'Cuello Dama Negro' y 'Colar Elche'
123 (López-Corrales *et al.*, 2011).

124 El diseño experimental del ensayo, situado a una altitud de 223 m sobre el
125 nivel del mar, es de cuatro bloques al azar por variedad, con tres árboles por
126 bloque, con una línea de bordadura alrededor del ensayo. Las plantas
127 autoenraizadas y después de un año en vivero fueron establecidas en campo a
128 finales de febrero a un marco de plantación de 5 x 4 m que supone una densidad de
129 500 árboles/ha. En cuanto a las técnicas de cultivo, el sistema de formación fue en
130 vaso, limitando en la poda de invierno la altura de los árboles a unos 2 metros y
131 medio para facilitar las recolecciones desde el suelo. El sistema de riego fue por
132 goteo: los dos primeros años un gotero de 4 L/h por árbol y a partir del tercer
133 verde dos goteros por árbol, con una frecuencia de 3 riegos a la semana durante 5
134 horas/día. Esto ha supuesto unos 2.300 m³/ha y año distribuidos desde mediados
135 de mayo hasta finales de septiembre, no observándose a lo largo del periodo de
136 estudio ni caída de hojas ni otros síntomas atribuibles a falta de agua. En cuanto al
137 abonado, cada invierno fueron aportados 400 kg/ha del abono complejo 9-18-27 y
138 en primavera 100 kg/ha de nitrato potásico teniendo en cuenta las necesidades de
139 la higuera (Jones *et al.*, 1991) y el contenido en nutrientes del suelo. Las
140 recolecciones de brevas e higos fueron realizadas en estado de maduración
141 comercial de acuerdo a su color y textura, cuando los frutos empezaron a mostrar
142 el color característico de la variedad y además fue posible realizar una ligera
143 presión con los dedos en dichos frutos. Inmediatamente después la cosecha fue
144 analizada en el laboratorio. La evaluación de las variedades fue realizada durante
145 el periodo de 2009 al 2014.

146 **Parámetros agronómicos**

147 Para el estudio de la fecha de entrada en producción, la producción anual, la
148 producción acumulada, la eficiencia productiva y el calendario de maduración
149 fueron realizadas las recolecciones de brevas e higos por variedad, año y bloque.
150 Los frutos fueron recogidos a mano por variedad y bloque, tres veces a la semana
151 desde el inicio hasta el final de la maduración de las brevas e higos

152 respectivamente. Las producciones anuales fueron expresadas en kg/árbol.
153 Además, de cada una de las recolecciones, 100 frutos fueron seleccionados al azar
154 por variedad y bloque para determinar el porcentaje de frutos pequeños y dañados
155 por las aves, principalmente estorninos (*Sturnus unicolor*). Los frutos pequeños
156 fueron aquellos que mostraron pesos medios inferiores a unos 15-20 gramos
157 dependiendo de las variedades. Las producciones acumuladas fueron definidas
158 como la suma de las producciones anuales a lo largo de los años de estudio y
159 fueron expresadas en kg/árbol.

160 La eficiencia productiva o productividad fue calculada como la relación
161 existente entre la producción acumulada en el año 2014 y la sección del tronco
162 (SDT) correspondiente a este año. Para ello, en el mes de enero fue medido, a unos
163 20 cm del suelo, el perímetro del tronco de cada una de los árboles y por bloque
164 fue calculado este parámetro mediante la siguiente ecuación: $SDT = p^2 / 4 \pi$. Los
165 resultados fueron expresados en cm^2 . Las eficiencias productivas fueron
166 expresadas en kg/cm^2 .

167 El calendario de maduración de cada una de las variedades fue establecido
168 en base a las fechas medias de maduración de cada una de ellas durante el periodo
169 de estudio 2009-2014, cuando entraron en producción las higueras hasta el
170 séptimo verde en el que la producción en esta especie y con este marco de
171 plantación fue considerada en plena producción.

172 **Parámetros de calidad**

173 Una vez pesada la producción total por variedad y bloque, de cada una de
174 las recolecciones realizadas tres veces a la semana, fueron seleccionados 10 frutos
175 al azar, que supone 40 frutos por variedad y recolección. Teniendo en cuenta que
176 cada año, se realizaron aproximadamente 12 recolecciones de brevas y 27 de
177 higos, en total fueron analizados alrededor de 500 brevas y 1000 higos por año de
178 estudio. Estos frutos fueron seleccionados en aptitud comercial, con ausencia de
179 daños y fueron determinados los siguientes parámetros fisicoquímicos durante el
180 periodo 2011-2014.

181 El **peso** en gramos fue determinado con una balanza Mettler AE-166 y el
182 **calibre** de los frutos en mm mediante un pie de rey digital Mitutoyo DL-10.

183 El **contenido en sólidos solubles** (CSS) fue determinado con un
184 refractómetro digital modelo RM40 Mettler Toledo, expresando los resultados
185 como °Brix. Para ello, fueron seleccionados por bloque y variedad cinco frutos de
186 la muestra inicial, que fueron homogeneizados con una batidora y filtrados con una
187 gasa de nylon para determinar el CSS.

188 El **pH** y la **acidez titulable** (AT) fueron medidos con un valorador
189 automático T50 Mettler Toledo Compact Stirrer. A partir del mismo
190 homogeneizado, fueron pesados 5 g y fueron añadidos 50 ml de agua desionizada.
191 Mediante el pHmetro incorporado al valorador fueron obtenidas las medidas de
192 pH y seguidamente fue titulada la muestra con NaOH 0,1 N hasta un pH 7,8 y los
193 resultados de AT fueron expresados como % de ácido cítrico (% m/m). El índice de
194 maduración (**IM**) fue definido como el ratio entre CSS y AT, el cual fue
195 correlacionado positivamente con la aceptabilidad del consumidor (Crisosto *et al.*,
196 2010; Valero & Serrano, 2013).

197 La **firmeza** fue evaluada con un texturómetro Aname (TA-Xt Plus),
198 realizando un ensayo al 6% de deformación con un disco de compresión de 70 mm
199 de diámetro y los resultados fueron expresados en N/mm (Pereira *et al.*, 2015).

200 **Análisis estadístico**

201 Los datos fueron analizados con el programa estadístico SPSS 19.0. Se
202 realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía del factor variedad*año y la
203 comparación de medias se llevó a cabo mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

204 **Resultados y discusión**

205 **Parámetros agronómicos**

206 En relación a los resultados obtenidos en cuanto a producciones (Tablas 1 y
207 2), todas las variedades iniciaron la entrada en producción de higos en el 2º verde
208 (2009). Sin embargo, en el caso de las brevas, la entrada en producción fue en el

209 tercer verde (2010) debido a que las podas de formación, realizadas en invierno
210 durante los dos primeros años del ensayo, eliminaron gran parte de la cosecha de
211 brevas. La Tabla 2 ha puesto de manifiesto diferencias entre variedades, siendo
212 'Banane' y 'Brown Turkey' las que presentaron una rápida entrada en producción,
213 con valores en el segundo verde (2009) de 12,1 y 6.4 Kg/ árbol respectivamente,
214 seguidas de producciones que han superado los 25 Kg/árbol en el tercer verde. Las
215 variedades 'Cuello Dama Blanco', 'Cuello Dama Negro', 'San Antonio' y 'Colar Elche'
216 han presentado una entrada en producción media con valores en el tercer verde
217 (2010) que superaron los 10 Kg/árbol. El resto de variedades 'Tres Voltas L'Any',
218 'Blanca Betera', 'Tiberio' y 'De Rey' han mostrado una lenta entrada en producción.
219 En cambio, con las brevas, únicamente la variedad 'Banane' ha mostrado una
220 rápida entrada en producción, con valores en el tercer y cuarto verde de 2,21 y
221 5,14 kg/árbol, respectivamente.

222 En relación a las fechas medias de maduración, la Figura 1 muestra el
223 calendario de maduración de brevas e higos de las diez variedades estudiadas. 'San
224 Antonio' fue la variedad más temprana tanto en producción de brevas como en
225 higos, mientras que 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' y 'De Rey' fueron las más
226 tardías. Las brevas de 'San Antonio' se recolectaron en la segunda semana de junio,
227 seguidas de 'Blanca Bétera', 'Brown Turkey', 'Tres Voltas L'Any' y 'Tiberio' que se
228 recolectaron en la tercera semana de junio y ya a finales de junio maduraron
229 'Banane', 'Cuello Dama Blanco', 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' y 'De Rey'. Los
230 higos de 'San Antonio' se recolectaron en la segunda semana de julio, seguidos de
231 'Blanca Bétera', 'Brown Turkey', 'Tres Voltas L'Any' y 'Cuello Dama Blanco' en la
232 tercera semana de julio y 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' y 'De Rey' a finales de
233 julio.

234 En relación a la amplitud de recolección, las brevas mostraron menor
235 amplitud que los higos, oscilando entre los 9 y 21 días a lo largo del mes de junio.
236 En higos, la amplitud de recolección osciló entre 67 y 75 días, finalizando en la
237 primera semana de octubre con el inicio de las primeras lluvias y el descenso de las
238 temperaturas. La elaboración del calendario de maduración de estas variedades
239 permitirá al fruticultor diseñar la plantación comercial de acuerdo a las

240 necesidades del mercado, en cuanto a fechas y demandas de producción, siendo
241 posible el suministro de brevas e higos a lo largo de toda la campaña.

242 Los resultados de las producciones anuales, las acumuladas y la eficiencia
243 productiva por bloque y variedad para brevas e higos durante el periodo 2009-
244 2014 se muestran en las Tablas 1 y 2. Las producciones anuales de brevas (Tabla
245 1) fueron significativamente menores que las de higos, mostrando valores
246 irregulares entre años, mientras que la producción de higos fue aumentado
247 gradualmente a lo largo de los años. ‘San Antonio’ y ‘Brown Turkey’ fueron las
248 variedades con mayores producciones de brevas con 15 y 10,6 kg/árbol en el 7º
249 verde (2104) seguidas de ‘Banane’, ‘Tres Voltas L’Any’ y ‘Tiberio’ con 5,8, 5,8 y 5,7
250 kg/árbol en el mismo año respectivamente. En el caso de los higos (Tabla 2)
251 ‘Banane’ ha mostrado la mayor producción anual de higos, con 76 kg/árbol en el
252 último año seguida de ‘Brown Turkey’ (57,6 kg/árbol), ‘Cuello Dama Blanco’ (52
253 kg/árbol) y ‘Colar Elche’ (39 kg/árbol), durante el año 2014.

254 Estas diferencias de producción entre brevas e higos también fueron
255 observadas en las producciones acumuladas (kg/árbol) durante el mismo periodo,
256 siendo las producciones acumuladas de brevas significativamente menores que la
257 de higos (Tablas 1 y 2). Estas diferencias de producciones podrían explicarse por
258 las características productivas de cada una de las variedades, si bien ‘Tiberio’,
259 productora únicamente de brevas, su producción comercial fue baja, debido a las
260 podas realizadas a los árboles en este marco de plantación intensivo,
261 desaconsejándose para futuras plantaciones comerciales de esta variedad.

262 Las producciones de brevas por árbol obtenidas en este estudio fueron más
263 altas que las obtenidas por Abo-el-ek *et al.*, (2013) en árboles de 7 años con un
264 marco de plantación de 3 x 3 metros, en el que las producciones observadas para
265 ‘Kadota’ (syn, ‘Cuello Dama Blanco’) fueron de 0,5 kg/árbol. En el caso de los higos,
266 Khamis *et al.*, (2006) obtuvieron en árboles de 5 años y un marco de plantación de
267 3x3 m unas producciones por árbol de 17,5 kg/árbol para ‘Black Mission’ y 13,5
268 kg/árbol para ‘Kadota’ inferiores a las obtenidas en este estudio. Estos cultivares
269 son sinónimos de ‘Colar Elche’ y ‘Cuello Dama Blanco’ respectivamente analizados
270 en este estudio (López-Corrales *et al.*, 2011).

271 En relación a la Eficiencia productiva o productividad definida como la
272 relación entre la producción acumulada y sección de tronco, ‘San Antonio’ y ‘Brown
273 Turkey’ pueden considerarse variedades productivas en brevas, mientras que
274 ‘Banane’, ‘Brown Turkey’, ‘Cuello Dama Blanco’ y ‘San Antonio’ lo son en higos
275 (Tablas 1 y 2).

276 Las diferencias en el rendimiento y la producción de frutos ponen de
277 manifiesto, además de la influencia del genotipo, otras como las condiciones
278 climáticas, las técnicas de cultivo (como la poda y el riego) y el año de cosecha
279 (Botti *et al.*, 2003; Flaishman *et al.*, 2008; Çalışkan & Polat, 2012).

280 Uno de los principales problemas que puede presentar este tipo de
281 plantaciones comerciales durante la recogida de brevas e higos es la presencia de
282 pájaros principalmente estorninos, que picotean los frutos durante su maduración
283 provocando pérdidas económicas importantes. En este estudio, se observó un alto
284 porcentaje de frutos dañados, oscilando entre un 11 y un 30% dependiendo de la
285 variedad y siendo mayor en brevas (30%) que en higos (14%). Así, las variedades
286 de piel oscura y de maduración más temprana, como ‘San Antonio’ y ‘Colar Elche’
287 fueron las que presentaron mayores porcentajes de frutos dañados con valores de
288 un 39% y un 30% respectivamente.

289 **Parámetros de calidad de los frutos**

290 Además de los aspectos productivos, es necesario producir frutos con la
291 máxima calidad posible. Entre los atributos de calidad de brevas e higos para el
292 consumo en fresco destacan el tamaño, el peso, la firmeza, el color de la piel, el
293 contenido en sólidos solubles (CSS) y la acidez titulable (AT). Todos estos atributos
294 son muy importantes, ya que de ellos depende la aceptación de los frutos por parte
295 del consumidor (Askoy *et al.*, 1992; Flaishman *et al.*, 2008, Çalışkan & Polat, 2008;
296 Crisosto *et al.*, 2010; Gozlekci, 2011).

297 Los resultados de peso y calibre, CSS, pH, AT, firmeza e índice de
298 maduración (IM) de brevas e higos de las 10 variedades estudiadas se muestran en
299 la Tabla 3. El peso y calibre de las brevas fue mayor que el de los higos. Los valores
300 medios de peso oscilaron entre 42,5 g (‘De Rey’ y ‘Tres Voltas L’Any’) y 115,8 g

301 ('Brown Turkey') para brevas, mientras que en higos estuvieron entre 36,9 g
302 ('Cuello Dama Blanco') y 56,8 g ('Brown Turkey'). Por otro lado, los calibres medios
303 en brevas oscilaron en torno a 42,4 mm ('De Rey') y 59,2 mm ('Tiberio') mientras
304 que en higos mostraron un rango de 34,2 mm ('Colar Elche') a 47,3 mm ('San
305 Antonio'). 'Brown Turkey' y 'Banane' fueron las variedades que presentaron los
306 frutos de mayor peso y calibre, tanto en brevas como higos, seguida de 'Tiberio' en
307 brevas y 'San Antonio' en higos. Estos valores fueron más altos que los obtenidos
308 por Çalışkan & Polat, 2008 y Küden *et al.*, 2008 en variedades cultivadas en
309 Turquía, siendo similares a los obtenidos por Crisosto *et al.*, (2010) con variedades
310 cultivadas en California (USA). Tanto el peso como el calibre son dos parámetros
311 de gran interés para la comercialización de los frutos ya que, por un lado, el
312 fruticultor percibe los precios más altos por los frutos de mayor peso y calibre. Por
313 otro lado, permite seleccionar y diseñar el embalaje más adecuado para la
314 comercialización de estos frutos. Normalmente el mercado del higo demanda
315 calibres comprendidos entre los 30 y 36 mm y comercializados en cajas de unos
316 2,5 ó 3 kg con todos los higos uniformes en tamaño, calidad, color y ausencia de
317 año.

318 En base a los resultados obtenidos, el 80% de la producción de 'San
319 Antonio', 'Banane', 'Cuello Dama Blanco', 'Colar Elche' y 'Blanca Bétera' podrían
320 destinarse al consumo en fresco con calibres de brevas e higos que oscilan entre
321 los 40y 50,8 mm para 'San Antonio'; 34,2 y 53,1 mm para 'Banane'; 40,7 y 47,5 mm
322 para 'Cuello Dama Blanco'; 36 y 50,8 mm para 'Colar Elche' y 44,4 y 52,1 mm para
323 'Blanca Bétera'. Cuando estas producciones ya son escasas o los frutos son de
324 menor tamaño, podrían destinarse a la industria para la producción de higos en
325 almíbar, mermeladas, pasta de higos, vinagres balsámicos o para pastelería y
326 repostería en forma de bombones o dulces. El resto de variedades como 'Tres
327 Voltas', 'De Rey' y 'Tiberio' debido a sus bajas producciones podrían descartarse
328 como variedades destinadas a la comercialización en fresco.

329 En relación a otros parámetros estudiados como la apertura del ostiolo, en
330 general, los higos presentaron una menor apertura que las brevas, excepto 'Brown
331 Turkey' que fue la variedad con mayor apertura del ostiolo en ambas cosechas.
332 Variedades con ostiolos muy grandes no son demandados por la industria del higo

333 fresco ya que suponen una entrada de microorganismos que pueden deteriorar el
334 fruto durante su conservación (Crisosto *et al.*, 2011).

335 En relación al contenido en sólidos solubles y a la acidez titulable, por lo
336 general, los higos mostraron un mayor contenido en sólidos solubles que las
337 brevas y a su vez, las brevas fueron algo más ácidas que los higos. Los valores de
338 CSS oscilaron en torno a 16,4 °Brix ('Brown Turkey') y 20,4 °Brix ('De Rey') para
339 brevas y de 17,5 °Brix ('Banane') a 23,3 °Brix ('De Rey') para higos. 'De Rey' fue la
340 variedad con mayor CSS para brevas e higos, seguida de 'Cuello Dama Blanco' y
341 'Tres Voltas L'Any'. En general, estos resultados fueron más bajos que los
342 obtenidos por Çalişkan & Polat (2008; 2012) en diferentes cultivares estudiados en
343 Turquía. Sin embargo, los valores de CSS obtenidos en este estudio para 'Cuello
344 Dama Blanco', 'Brown Turkey' y 'Cuello Dama Negro' fueron más altos que los
345 obtenidos por Crisosto *et al.*, (2010) para estas mismas variedades cultivadas en
346 California.

347 Por otro lado, 'Cuello Dama Negro' y 'Banane' fueron las variedades con
348 mayor contenido en acidez titulable, oscilando entre 0,2 y 0,16 % ácido cítrico en
349 brevas. Los higos 'Cuello Dama Negro' y 'Blanca Bétera' mostraron los valores más
350 altos de acidez con 0,15 y 0,17 % ácido cítrico. Por el contrario, 'Cuello Dama
351 Blanco' fue la variedad menos ácida en ambas cosechas. Estos resultados de acidez,
352 fueron inferiores a los obtenidos por otros autores para diferentes cultivares y en
353 diferentes condiciones edafoclimáticas (Crisosto *et al.*, 2010). Sin embargo, fueron
354 similares a los obtenidos por Çalişkan & Polat, (2008) en Turquía. Además, algunos
355 frutos de 'Colar Elche' y 'San Antonio' presentaron grietas en la piel producidas
356 durante el crecimiento y desarrollo de los frutos, lo cual fue indicativo de que el
357 fruto había alcanzado su maduración plena. Desde el punto de vista comercial, este
358 agrietamiento no es deseable ya que puede ser una vía de entrada de hongos y, a su
359 vez, una pérdida de humedad que podrían reducir su vida postcosecha y por tanto
360 acortar su periodo de comercialización (Kong *et al.*, 2013). Tanto CSS con AT están
361 relacionados con la maduración de los frutos y por tanto, son parámetros
362 importantes para la comercialización de éstos ya que influyen en su vida útil,
363 siendo los frutos con mayor contenido en CSS y menor AT los más sensible al daño
364 físico y en consecuencia se reduce la vida comercial. En definitiva, los higos para su

365 comercialización deben cosecharse en su madurez comercial o en su defecto, en un
366 estado de maduración adecuado para su destino final. Los resultados de firmeza de
367 los frutos (Tabla 3) mostraron valores más altos en las brevas, oscilando entre 0,7
368 y 1,5 N/mm para ambas cosechas. Las brevas de 'Banane', 'Brown Turkey' y 'De
369 Rey' fueron las que mostraron mayores valores de firmeza con 1,5; 1,3 y 1 N/mm
370 respectivamente, mientras que en los higos fueron 'Banane' y 'Colar Elche' con 1,5
371 N/mm cada una de ellas. Las brevas y los higos de 'Tres Voltas L'Any' presentaron
372 los valores de firmeza más bajos. Estos resultados estuvieron en concordancia con
373 los obtenidos por Villalobos *et al.*, (2014) para los cultivares 'San Antonio' y
374 'Banane' que mostraron valores al inicio del almacenamiento de 1,8 y 1,4 N/mm
375 respectivamente. Los parámetros de firmeza y color de la piel son los dos atributos
376 más útiles para la selección de la fruta en óptimas condiciones para ser cosechada
377 (Flaishman *et al.*, 2008).

378 Por último, el índice de maduración IM (CSS/AT) (Tabla 3) está relacionado
379 con el sabor de la fruta y con el grado de aceptabilidad por parte del consumidor.
380 Este índice fue mayor en higos que en brevas, mostrando valores que oscilaron
381 entre 105 y 203 en brevas y 132 y 278 en higos. Para ambas cosechas, 'De Rey' y
382 'Cuello Dama Blanco' presentaron los mayores valores de IM con 178 y 203 en
383 brevas y 255 y 278 en higos, seguido de 'San Antonio' con 157 en brevas y 231 en
384 higos. Estos resultados fueron en general superiores a los observados por otros
385 autores para variedades cultivadas en otras condiciones edafoclimáticas (Çalışkan
386 & Polat, 2008; Crisosto *et al.*, 2010). También los higos de 'Cuello Dama de Blanco'
387 mostraron valores superiores a los obtenidos por Crisosto *et al.*, (2010), cuando
388 fueron cosechados en su madurez comercial.

389 Conclusiones

390 Las variedades de higuera 'San Antonio', 'Cuello Dama Blanco', 'Colar Elche',
391 'Banane', 'Brown Turkey' y 'Blanca Bétera' estudiadas, mostraron un alto potencial
392 para el consumo en fresco debido a que son muy productivas y presentan buenas
393 características de calidad. 'San Antonio' fue la variedad de maduración más
394 temprana, con producciones medias de brevas e higos. En todas las variedades, la
395 producción de higos fue mayor que la de brevas, siendo 'Banane' y 'Brown Turkey'

396 las más productivas para ambas cosechas, con las mayores eficiencias productivas
397 y con los frutos de mayor peso y calibre. Por otro lado, 'Cuello Dama Blanco' y 'De
398 Rey' destacaron por sus altos índices de maduración (CSS/AT), sugiriendo por
399 tanto, una mayor aceptación de estos frutos por parte de los consumidores.
400 Finalmente, este estudio permitirá al fruticultor seleccionar la variedad más
401 interesante y adecuada en base a las necesidades del mercado en cuanto a la época
402 de maduración (temprana, media o tardía) y la coloración del fruto (verdes,
403 morados o negros).

404 **Agradecimientos**

405 Esta investigación ha sido financiada por el proyecto RTA2010-00123-C02
406 del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria,
407 Ministerio de Educación y Ciencia y fondos FEDER. Cristina Pereira Jiménez es
408 beneficiaria de una beca predoctoral financiada por el Instituto Nacional de
409 Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Margarita López Corrales
410 es beneficiaria de un contrato financiado por la Comunidad Autónoma de
411 Extremadura y fondos FEDER.

412 **Referencias**

413 Abo-el-ez, AT, Mostafa, RAA, Ibtesam, FMB, 2013. Growth and productivity
414 of three fig (*Ficus carica* L.) cultivars grown under upper Egypt conditions.
415 Australian Journal of Basic and Applied Sciences 7: 709-714.

416 Askoy, U, Seferoglu, G, Misirili, A, Kara, S, Sahin, N, Bulbul, S, Duzbastilar, N,
417 1992. Selection of the table fig genotypes suitable for Egean Region. Proceeding of
418 the first national horticultural congress (in Turkish). 545-548.

419 Assaf, R, 2001. Sélection des varieties locales et techniques de culture du
420 figuier en Israël. Fruits 56 (2): 101-121.

421 Botti, C, Franck, N, Prat, L, Ioannidis, D, 2003. The effect of climatic
422 conditions on fresh fig fruit field quality and type of crop. Acta Horticulturae 605:
423 37-42.

424 Çalışkan, O, Polat, AA, 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and
425 genotypes grown in Turkey. *Scientia Horticulturae* 115: 360-367.

426 Çalışkan, O, Polat, AA, 2012. Effects of genotype and harvest year on
427 phytochemical and fruit quality properties of Turkish fig genotypes. *Spanish*
428 *Journal of Agricultural Research* 10: 1048-1058.

429 Crisosto, CH, Bremer, V, Ferguson, L, Crisosto, GM, 2010. Evaluating quality
430 attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity
431 stages. *Hortscience* 45: 707-710.

432 Crisosto, CH, Ferguson, L, Bremer, V, Stover, E, Colelli, G, 2011. Fig (*Ficus*
433 *carica* L.). In: Yahia E. E. (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Tropical and*
434 *Subtropical Fruits*. *Fruits* 3: 134-158.

435 FAOSTAT, 2015. Food and Agriculture Organization statistical database.
436 [http:// faostat.fao.org/default.aspx](http://faostat.fao.org/default.aspx).

437 Flaishman, MA, Rodov, V, Stover, E, 2008. The Fig: Botany, horticulture and
438 breeding. *Horticultural Review* 34: 113-197.

439 Giraldo, E, Hormaza, JI, López-Corrales, M, 2008. Selection of morphological
440 quantitative variables in the characterization of *Ficus carica* L. *Acta Horticulturae*
441 798: 103-108.

442 Giraldo, E, López- Corrales, M, Hormaza, JI, 2010. Selection of the Most
443 Discriminating Morphological Qualitative Variables for Characterization of Fig
444 Germplasm. *Journal of American of the Horticultural Science* 135(3): 240- 249.

445 Goldhamer, D, Salinas, M, 1999. Black Mission fig production improved by
446 heavier irrigation. *California Agriculture* 53(6): 30-34.

447 Gozlekci, S, 2011. Pomological traits of fig (*Ficus carica* L.) genotypes
448 collected in the west Mediterranean region in Turkey. *Journal of Animals and Plant*
449 *Sciences* 21: 646-652.

- 450 Jones, JB Jr, Wolf, B, Mills, HA, 1991. Plant analysis Handbook II. Micro-
451 Macro Pbs. Athens. Georgia. USA. 253 pp.
- 452 Khamis, MA, Bakry, KA, El-Sayed, ME, El-Husseiny, AM, 2006. Evaluation of
453 some fig cultivar in Egypt. 2- Fruiting and fruit quality. Journal Biology Chemistry
454 Environment Science 1: 105-116.
- 455 Kong, M, Lampinen, B, Ken, S, Crisosto, CH, 2013. Fruit skin side cracking
456 and ostiole-end splitting shorten postharvest life in fresh figs (*Ficus carica* L.), but
457 are reduced by deficit irrigation. Postharvest Biology and Technology 85: 154-161.
- 458 Küden, AB, Bayazit, S, Çömlekcioglu, S, 2008. Morphological and
459 pomological characteristics of fig genotypes selected from Mediterranean and
460 south east Anatolia regions. Acta Horticulturae 798: 95-102.
- 461 López-Corrales, M, Gil, M, Pérez, F, Cortés, J, Serradilla, MJ, Chome, PM, 2011.
462 Variedades de higuera: descripción y registro de variedades. Ministerio de Medio
463 Ambiente y Medio rural y Marino, Madrid.
- 464 MAGRAMA, 2015. Anuario de estadística agroalimentaria. Ministerio de
465 Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, Spain.
- 466 Melgarejo, P (1996). La Higuera (*Ficus carica* L.). Universidad Politécnica de
467 Valencia, Orihuela, 83 pp.
- 468 Melgarejo, P (1998). El Cultivo de la Higuera (*Ficus carica* L.). ed. A. Madrid
469 Vicente, IRAGRA, SA Madrid.
- 470 Pereira, C, Serradilla, MJ, Martín, A, Villalobos, MC, Pérez-Gragera, F, López-
471 Corrales, M, 2015. Agronomic behavior and quality of six cultivars for fresh
472 consumption. Scientia Horticulturae 185: 121-128.
- 473 Puebla, M, Toribio, F, Montes, P, 2003. Determination of fruit bearing
474 pruning date and cutting intensity in "San Pedro" (*Ficus carica* L.) type fig cultivars.
475 Acta Horticulturae 605, 147-157.

476 Stover, E, Aradhya, M, Crisosto, C, Ferguson, F, 2007. Overview of the
477 California fig industry and new interest in varieties for fresh fruit. Proc. California
478 Plant and Soil Conference: Opportunities for California Agriculture, Sacramento,
479 Calif. 169–175 pp.

480 Tapia, R, Botti, C, Carrasco, O, Prat, L and Franck, N, 2003. Effect of four
481 irrigation rates on growth of six fig tree varieties. Acta Horticulturae 605:113-118.

482 Valdés, G, Escartín, N, Lorente, M, Malagón, J, Bartual, J, 2009. Evaluación
483 agronómica y caracterización morfológica de material seleccionado de higuera
484 para producción de brevas en Alicante. Acta de Horticultura 54: 135-138.

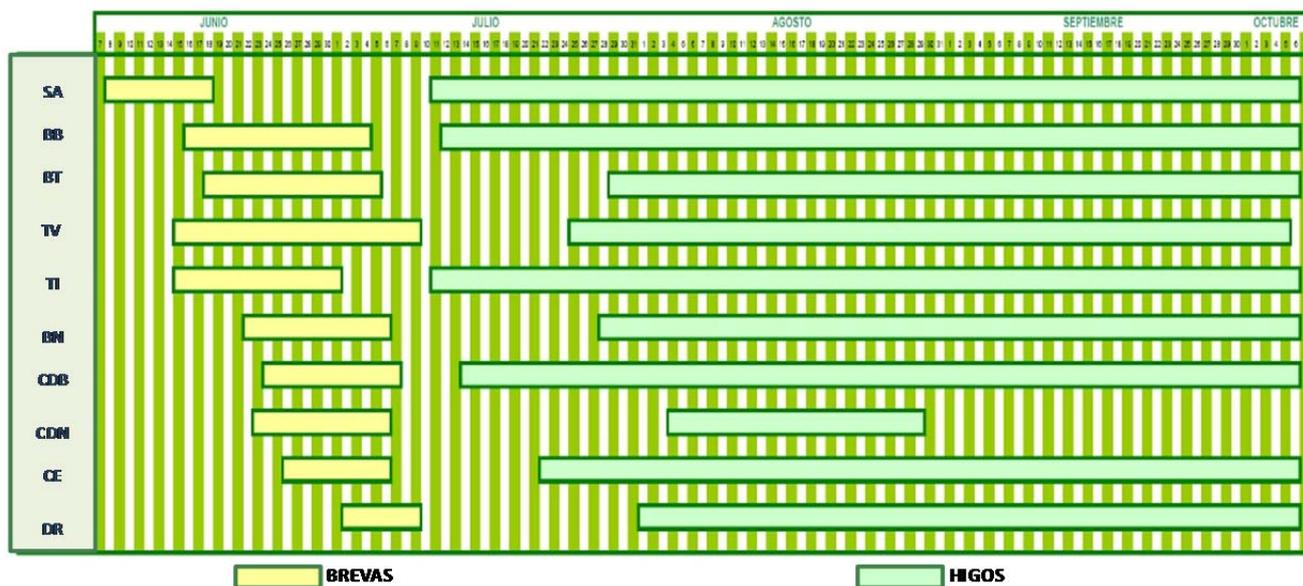
485 Valero, D, Serrano, M, 2013. Growth and ripening stage at harvest
486 modulates postharvest quality and bioactive compounds with antioxidant activity.
487 Stewart Postharvest Review 3 (5): 1-8.

488 Villalobos, MC, Serradilla, MJ, Martín, A, Ruiz-Moyano, S, Pereira, C y
489 Córdoba, MG, 2014. Use of equilibrium modified atmosphere packaging for
490 preservation of 'San Antonio' and 'Banane' breba crops (*Ficus carica* L.).
491 Postharvest Biology and Technology 98: 14-22.

492 Villalobos, MC, 2015. Estudio para la prolongación de la vida útil de
493 variedades de higos y brevas interesantes para consumo en fresco y seco y estudio
494 de técnicas alternativas para el secado de higos. Tesis Doctoral. Universidad de
495 Extremadura, Badajoz, Spain.

496

497 **Figura 1:** Calendario de maduración de brevas e higos de las diez variedades
 498 estudiadas



499

500 SA: 'San Antonio', BT: 'Brown Turkey', CDN: 'Cuello Dama Negro', TV: 'Tres
 501 Voltas L'Any', BB: 'Blanca Bétera', CE: 'Colar Elche', BN: 'Banane', TI: 'Tiberio', CDB:
 502 'Cuello Dama Blanco' y DR: 'De Rey'.

503

Tabla 1: Producción anual (kg/árbol), producción acumulada (kg/tree), tasa de crecimiento activo (SDT) (cm²) y la eficiencia productiva (kg/cm²) de brevas.

Brevas ¹	3 ^o verde (2010)	4 ^o verde (2011)	5 ^o verde (2012)	6 ^o verde (2013)	7 ^o verde (2014)	Producción acumulada (kg/árbol)	SDT (cm ²)	Eficiencia productiva (kg/cm ²)
	kg/árbol	kg/árbol	kg/árbol	kg/árbol	kg/árbol	2009-2014		
'DR'	0,1±0,1 ^{3,f}	0,3±0,2 ^{1,2,3,d}	0,3±0,1 ^{1,2,3,c}	0,3±0,3 ^{2,3,d}	0,7±0,1 ^{1,2,3,e}	1,7	114,2	0,01
'CDB'	0,3±0,2 ^{4,5,c,d,e}	1,5±0,4 ^{3,c}	0,6±0,3 ^{4,5,c}	1,8±1,3 ^{2,b}	3,0±1,5 ^{1,c,d}	7,1	143,4	0,05
'BT'	0,6±0,8 ^{5,c,d,e}	3,2±3,1 ^{2,3,a}	5,5±1,8 ^{2,3,a}	1,7±0,7 ^{4,b}	10,6±2,2 ^{1,b}	18,5	102,8	0,18
'TI'	0,4±0,2 ^{5,c,d,e}	3,5±0,6 ^{3,4,a}	2,9±0,4 ^{3,4,b}	5,7±1,6 ^{1,2,a}	5,7±1,5 ^{1,2,c,d}	18,2	239,6	0,08
'SA'	1,5±1,1 ^{5,b}	3,3±2,0 ^{2,3,4,a}	5,4±1,6 ^{2,3,4,a}	4,8±2,0 ^{2,3,4,a}	15±2,1 ^{1,a}	29,9	107,6	0,28
'CDN'	0,2±0,2 ^{5,f}	0,6±0,3 ^{3,4,d}	5,0±2,1 ^{1,a}	1,3±0,6 ^{3,4,c}	1,5±1,1 ^{2,e}	8,2	142,8	0,06
'BN'	2,2±0,7 ^{5,a}	5,1±1,6 ^{2,3,4,a}	3,5±0,9 ^{2,3,4,b}	3,8±0,9 ^{2,3,4,a}	5,9±1,5 ^{1,c}	20,6	134,7	0,15
'CE'	0,3±0,1 ^{5,c,d,e}	0,5±0,5 ^{5,d}	3,4±0,8 ^{1,2,b}	1,9±1,5 ^{4,b}	2,8±2,0 ^{1,2,c,d}	8,9	133,0	0,07
'TV'	0,2±0,1 ^{5,f}	2,3±0,4 ^{4,b}	2,7±1,1 ^{2,3,b}	3,5±0,5 ^{2,3,a}	5,8±1,2 ^{1,c}	14,6	125,6	0,12
'BB'	0,07±0,05 ^{5,f}	0,7±0,5 ^{3,4,d}	2,5±1,2 ^{1,2,b}	1,0±0,3 ^{3,4,c}	3,8±1,5 ^{1,2,c,d}	8,2	88,2	0,09

¹DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', TI 'Tiberio', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera.

p año-variedad ***

Por fila, mismo número en el superíndice indica que no hay diferencias significativas (P<0,05).

Por columna, la misma letra en el superíndice indica que no hay diferencias significativas (P<0,05).

Tabla 2: Producción anual (kg/árbol), producción acumulada (kg/tree), tasa de crecimiento activo (SDT) (cm²) y la eficiencia productiva (kg/cm²) de higos.

Higos ¹	2º verde (2009) kg/árbol	3º verde (2010) kg/árbol	4º verde (2011) kg/árbol	5º verde (2012) kg/árbol	6º verde (2013) kg/árbol	7º verde (2014) kg/árbol	Producción acumulada (kg/árbol) 2009-2014	SDT (cm ²)	Eficiencia productiva (kg/cm ²)
'DR'	1,2±1,2 ^{6,d}	5,7±2,6 ^{5,e}	11,6±2,6 ^{4,f}	17,1±2,2 ^{3,d}	30,5±8,4 ^{1,f}	26,9±3,7 ^{2,g}	93,1	114,2	0,8
'CDB'	4,8±0,6 ^{6,c}	15,4±4,0 ^{5,c}	33,8±9,8 ^{2,b}	31,4±6,5 ^{4,b}	56,7±17,1 ^{1,d}	52±7,9 ^{2,c}	194,1	143,4	1,4
'BT'	6,4±2,3 ^{6,b}	27,4±11,1 ^{5,b}	33,6±8,2 ^{4,b}	44,8±6,0 ^{3,a}	74,6±17,6 ^{1,a,b}	57,6±11 ^{2,b}	244,5	102,8	2,4
'SA'	1,9±0,5 ^{6,c,d}	12,9±0,9 ^{5,d}	31,8±3,3 ^{3,b,c}	24,9±3,4 ^{4,c}	53,7±12,3 ^{1,d}	34,3±7,9 ^{2,e}	159,5	107,6	1,5
'CDN'	2,5±2,4 ^{6,c,d}	14,6±7,1 ^{5,c}	27,2±3,2 ^{3,c}	21,6±2,4 ^{4,c}	62,6±8,1 ^{1,b,c}	47,8±6,5 ^{2,c}	176,4	142,8	1,2
'BN'	12,1±3,5 ^{5,a}	31,2±8,1 ^{4,a}	47,4±5,2 ^{3,a}	55±8,8 ^{2,a}	83,2±21,6 ^{1,a}	76,1±13,1 ^{1,a}	305,1	134,7	2,3
'CE'	0,9±0,9 ^{5,d}	11,9±3,5 ^{4,d}	23,5±4,5 ^{3,d}	23,2±2,0 ^{3,c}	60,2±5,9 ^{1,b,c}	39±4,1 ^{2,d}	158,7	133,0	1,2
'TV'	0,7±0,6 ^{6,d}	6,9±2,9 ^{5,e}	14,2±2,0 ^{4,e}	19,5±1,1 ^{3,c}	38,3±6,1 ^{1,e}	29,8±8,5 ^{2,f}	109,5	125,6	0,9
'BB'	0,4±0,3 ^{5,d}	5,7±2,1 ^{4,e}	15,7±2,9 ^{3,e}	16,7±3,6 ^{3,d}	27,2±7,5 ^{2,g}	30,2±7,6 ^{1,f}	96,0	88,2	1,1

¹DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera.

p año-variedad ***

Por fila, mismo número en el superíndice indica que no hay diferencias significativas (P<0,05).

Por columna, la misma letra en el superíndice indica que no hay diferencias significativas (P<0,05).

Tabla 3: Valores medios de peso, calibre, sólidos solubles (CSS), pH, acidez titulable (AT), firmeza e índice de maduración (IM) de brevas e higos.

Brevas							
Variedades ¹	Peso (g)	Calibre (mm)	CSS (°Brix)	pH	AT (% ácido cítrico)	Firmeza (N/mm)	IM (CSS/AT)
'DR'	42,5 ^{fg}	42,4 ^g	20,4 ^a	6,1 ^a	0,11 ^e	1,3 ^{bc}	203,3 ^a
'CDB'	47,6 ^f	45,7 ^f	18,7 ^b	6,0 ^a	0,11 ^e	1,1 ^f	187,1 ^b
'BT'	115,8 ^a	61,6 ^a	16,4 ^e	5,7 ^b	0,11 ^e	1,3 ^c	149,2 ^c
'TI'	85 ^c	59,2 ^b	16,5 ^e	5,4 ^c	0,14 ^d	1,1 ^{ef}	123,6 ^d
'SA'	53,3 ^e	50,8 ^d	16,6 ^e	5,8 ^b	0,10 ^e	1,2 ^{def}	157,5 ^c
'CDN'	59,5 ^e	47,1 ^e	18,7 ^b	5,2 ^e	0,20 ^a	1,2 ^{cd}	106,9 ^e
'BN'	99,6 ^b	53,1 ^c	15,6 ^f	5,3 ^d	0,16 ^c	1,5 ^a	108,6 ^e
'CE'	76,1 ^d	50,8 ^d	18,2 ^c	5,5 ^c	0,13 ^d	1,5 ^{ab}	150 ^c
'TV'	42,5 ^g	44,8 ^f	18,3 ^{bc}	5,4 ^c	0,17 ^c	0,9 ^g	115,3 ^{de}
'BB'	57,4 ^e	52,1 ^c	17,6 ^d	5,2 ^e	0,18 ^b	1,2 ^{cde}	105,6 ^e
p variedad	***	***	***	***	***	***	***
Higos							
Variedades ¹	Peso (g)	Calibre (mm)	CSS (°Brix)	pH	AT (% ácido cítrico)	Firmeza (N/mm)	IM (CSS/AT)
'DR'	39,6 ^{cd}	40,2 ^{cde}	23,3 ^a	6,0 ^a	0,10 ^{ef}	1,1 ^c	255,6 ^b
'CDB'	36,9 ^d	40,7 ^{cd}	21,4 ^b	5,9 ^a	0,08 ^g	1,1 ^c	278,7 ^a
'BT'	56,8 ^a	51,6 ^a	18,4 ^d	5,6 ^c	0,10 ^e	1,3 ^{ab}	198,1 ^d
'SA'	47,3 ^b	47,3 ^{ab}	20,1 ^c	5,8 ^b	0,09 ^f	1,2 ^{bc}	231,6 ^c
'CDN'	44,2 ^{bc}	40 ^{cde}	21,3 ^b	5,2 ^e	0,17 ^a	1,3 ^{ab}	132,5 ^g
'BN'	54 ^a	43,9 ^b	17,5 ^e	5,5 ^d	0,11 ^d	1,5 ^a	169,6 ^e
'CE'	46,5 ^b	34,2 ^e	20,9 ^b	5,5 ^d	0,13 ^c	1,5 ^a	175,3 ^e
'TV'	27,2 ^e	36 ^{de}	22,8 ^a	5,6 ^c	0,13 ^c	0,7 ^d	192,4 ^d
'BB'	38,3 ^{cd}	44,4 ^b	21,0 ^b	5,3 ^e	0,15 ^b	1,2 ^{bc}	151,8 ^f
p variedad	***	***	***	***	***	***	***

¹DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', TI 'Tiberio', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera. Por columna, la misma letra en el superíndice indica que no hay diferencias significativas (P<0,05).

CAPÍTULO IV.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA, NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE BREVAS E HIGOS.

IV.2.1. Artículo 3: “Physicochemical and nutritional characterization of brebas for fresh consumption from nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura (Spain)”

IV.2.2. Artículo 4: “Characterization of nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura (Spain) for fresh consumption”

IV.2.3. Artículo 5: “Compuestos volátiles y análisis sensorial de brevas e higos”

IV.2.1. Artículo 3: “Physicochemical and nutritional characterization of brebas for fresh consumption from nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura (Spain)”

1 **Physicochemical and nutritional characterization of brebas for fresh**
2 **consumption from nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura**
3 **(Spain)**

4 Cristina Pereira[†], Margarita López Corrales[†], Alberto Martín^{‡,§,*}, María del
5 Carmen Villalobos^{‡,§}, María de Guía Córdoba^{‡,§}, Manuel Joaquín Serradilla[¶]

6 [†]Finca La Orden-Valdesequera Research Center (CICYTEX). Horticulture.
7 Government of Extremadura. Autovía Madrid-Lisboa s/n, 06187 Badajoz, Spain.

8 [‡]Food Science and Nutrition, School of Agricultural Engineering, University
9 of Extremadura, Avda. Adolfo Suárez s/n, 06071 Badajoz, Spain.

10 [§]University Institute of Agricultural Resources (INURA). University of
11 Extremadura. Avda. De Elvas, s/n, 06007. Badajoz, Spain.

12 [¶]Agri-Food Technology Institute of Extremadura (INTAEX-CICYTEX). Plant
13 Food. Government of Extremadura. Avda. Adolfo Suárez s/n, 06071 Badajoz, Spain.

14

15 *Corresponding author

16 Tel.: +34 924 286200; fax: +34 924 286201

17 E-mail address: amartin@unex.es

18 <http://eia.unex.es>

19

20

21 **ABSTRACT**

22 The purpose of this work was to study physicochemical and nutritional
23 characteristics of brebas for fresh consumption from nine fig varieties grown in
24 Extremadura (Spain) at different commercial ripening stages. Quality parameters
25 such as weight, width, firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA),
26 pH, maturation index (MI), and color were determined. Nutritional characteristics
27 of brebas such as sugars, organic acids, protein, crude fiber and minerals were also
28 analyzed for both skin and flesh, and the findings were compared among varieties
29 and ripening stages. The results revealed that the major nutrient components in
30 brebas are sugars, such as glucose and fructose, and mineral elements, including K,
31 Ca, P and Mg. Most nutrients evaluated are important elements that contribute to
32 the commercial quality of brebas. 'Brown Turkey' and 'Banane' varieties showed
33 the highest weight and width. The concentrations of the monomer sugars studied
34 were higher in flesh than skin, and the 'Cuello Dama Blanco' and 'Colar Elche'
35 varieties showed the highest content of these sugars. The early ripening stage,
36 coinciding with a fast increase in fruit size, was also associated with a higher fiber
37 and protein contents, TA and firmness for 'Banane', 'Brown Turkey' and 'Blanca
38 Bétera' varieties. Conversely, the later ripening stage was related to a significant
39 increase of TSS, MI and color intensity. Finally, no clear changes in the
40 concentrations of organic acids were observed between different varieties and
41 commercial ripening stages.

42 **Keywords:** breba, fig varieties, commercial ripening stage, physicochemical
43 parameters, nutritional composition

44

45 **INTRODUCTION**

46 Nowdays, the Mediterranean-style diet is considered to promote health and
47 well-being of individuals (Solomon et al., 2006; Trichopoulou et al., 2006) and this
48 effect has been attributed to nutritional properties present in fruit and vegetables
49 (Hertog et al., 1997). In this context, both brebas (first crop) and figs (second crop)
50 (*Ficus carica* L.) are important constituents of the Mediterranean-style diet, since
51 they are among the most abundant fruits due mainly to fig trees being the earliest
52 cultivated fruit trees (Solomon et al., 2006). Additionally, these fruits present the
53 advantage that they are consumable either fresh, peeled or unpeel, or dried
54 (Crisosto et al., 2011; Veberic et al., 2008a). Figs and brebas are nutritious fruits,
55 rich in fiber (5.8 %, w/w, with more than 28% of the fiber of the soluble type),
56 potassium (14%, w/w), calcium (15.8%, w/w) and iron (30%, w/w) and are free
57 of sodium, fat and cholesterol (Solomon et al., 2006; Stover et al., 2007). They are
58 an excellent source of vitamins, minerals, amino acids and phenolic compounds
59 (Vinson et al., 1999; Solomon et al., 2006; Dueñas et al., 2008). In fact, several
60 studies have reported on the health-promoting potential of brebas and figs due to
61 the presence of high concentrations of polyphenols, specifically in dried figs
62 (Vallejo et al., 2012). These nutritional and functional characteristics are closely
63 related to fruit quality and are usually influenced by genotype and ripening stage,
64 as well as by environmental conditions and orchard management practices
65 (Veberic et al., 2008a; Babazadeh Darjazi, 2011; Crisosto et al., 2010). The
66 Scientific and Technological Research Centre of Extremadura (CICYTEX-‘Finca La
67 Orden’ in Guadajira (Badajoz)) is the national fig reference center in Spain, with
68 over 200 different varieties that can be consumed either fresh or dried.
69 Extremadura is located southwest of the Iberian Peninsula and is characterized by
70 a Mediterranean climate with hot and dry summers and mild, wet winters; optimal
71 conditions for the development of this crop (López-Corrales et al., 2012). Recently,
72 the fresh breba trade, confined primarily to national markets, has gained
73 international importance because of consumer interest in fresh brebas. This fact,
74 along with a growing consumer awareness of the relationship between diet and
75 health, makes it necessary to evaluate the physicochemical and nutritional
76 characteristics of the most productive fig cultivars in Extremadura (Pereira et al.,

IV. Resultados

2015) and to understand the influence of the ripening stage on the breba quality, thus allowing the establishment of the optimal ripening stage to increase consumer consumption (Crisosto et al., 2010). According to our knowledge, the literature regarding changes in quality and nutritional properties during the ripening process of figs is scarce. One study was carried out on four fig cultivars to evaluate the influence of ripening stage on fruit quality (Crisosto et al., 2010). Nevertheless, no literature is available about the effect of ripening stage on the quality and nutritional characteristics of breba crops.

Therefore, the objective of this work was to study the physicochemical and nutritional characteristics of brebas for fresh consumption from ten fig varieties grown in Extremadura at different ripening stages.

MATERIALS AND METHODS

Plant material. This study was conducted using nine fig varieties grown in an experimental orchard located at an altitude of 217 m above sea level at the Finca “La Orden” of the Scientific and Technological Research Centre of Extremadura (CICYTEX) (WGS -89, latitude 38° 51 7.78" N, longitude 6° 40' 16.59" W, Guadajira, Badajoz, Spain).

The fig tree varieties studied were ‘Cuello Dama Blanco’ (also known as ‘Kadota’), ‘Brown Turkey’, ‘Tiberio’, ‘San Antonio’, ‘Cuello Dama Negro’, ‘Banane’, ‘Colar Elche’ (also known as ‘Black Mission’), ‘Tres Voltas L’Any’ and ‘Blanca Bétera’. All of these varieties are considered “Common type” except ‘Tiberio’, which is of the ‘San Pedro type’ and produces breba parthenocarpically. The plant material came from cuttings from the National Fig Germplasm Bank located in CICYTEX. These varieties were selected based on their fruit quality traits for fresh consumption. The experimental design of this trial, established in 2007, was carried out using four randomized blocks (three trees per block) with a planting density of 5 m x 4 m. Brebas samples were collected at random from three trees of each block for each variety during two consecutive biological cycles (2011 and 2012). The fruits were grouped into three ripening stages in accordance with the field technician and based on texture and skin color. For all cases, the ripening

107 stage 2 corresponded to optimal maturity. Three replicates of ten homogeneous
108 and healthy fruits for each ripening stage and variety were established for weight,
109 width and color determinations. For analyses of sugars and organic acids, samples
110 were frozen, packed in plastic bags and stored at -80° C. All of the other analyses
111 were conducted using fresh fruit.

112 **Weight and width.** Ten breba crops were selected randomly from each
113 ripening stage and variety. Their weights, in grams, were determined using a
114 Mettler AE-166 balance, and fruit width, in mm, was determined using a DL-10
115 digital micrometer (Mitutoyo, Kawasaki, Japan).

116 **Color.** The skin and flesh colors of ten breba crops from each ripening stage
117 and variety were measured using a spectrophotometer Konica Minolta CM600.
118 Chromatic analyses were conducted in accordance with the CIELab system. Values
119 of L*, a* and b* were used to define a three-dimensional color space and
120 interpreted as follows: L* indicates lightness, with values ranging from 0
121 (completely opaque or 'black') to 100 (completely transparent or 'white'). A
122 positive a* value indicates redness on the hue circle and a positive b* value
123 indicates yellowness. The hue angle (h*) expresses the color nuance and the
124 chroma (C*) is a measure of chromaticity, which defines the purity or saturation of
125 the color (Little, 1975).

126 **Firmness.** The firmness of ten breba crops from each replicate was
127 measured using a TA.XT2i Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Godalming,
128 UK) connected to a computer. Force was applied to produce a 6% deformation by a
129 100 mm aluminium plate. The slope was determined in the linear zone of the
130 force–deformation curve and the results were expressed as N mm⁻¹.

131 **Soluble solids, titratable acidity, pH and maturation index.** Total soluble
132 solids (TSS), pH, titratable acidity (TA) and maturation index (MI) were measured
133 for each ripening stage and variety. Ten brebas from each ripening stage and
134 variety were homogenized using a model Braun 5 hand processor blender. TSS
135 values were measured using a model RM40 Mettler Toledo digital refractometer.
136 Results are expressed as °Brix. TA and pH were determined from the same juice for

IV. Resultados

137 each replicate using 5 g of breba homogenate diluted to 50 mL with de-ionised
138 water from a Milli-Q water purification system (Millipore, Bedford, MA). Analyses
139 were conducted using an automatic titration Mettler Toledo T50 Compact Stirrer.
140 Samples were titrated with 0.1 M NaOH up to pH 7.8. Results are expressed as g
141 citric acid equivalent per 100 g fresh weight (FW). The maturation index (MI) was
142 calculated as the ratio between TSS (°Brix) and TA (g citric acid 100 g⁻¹ fresh
143 weight).

144 **Sugars and organic acids.** Sugar concentrations were measured both in
145 skin and flesh and determined by high performance liquid chromatography (HPLC
146 Agilent 1200) with refractive index (RI) detector, using 1 g of skin or flesh
147 prepared from defrosted fruit diluted to 10 mL with de-ionized water. Glucose,
148 fructose and sucrose concentrations are expressed as g kg⁻¹ fresh weight.

149 Organic acid concentrations were also analyzed in the same fractions using
150 liquid chromatography (Agilent 1200), using a Supelcogel C610H column and a UV
151 detector set at 210 nm. Calibrations were carried out for each acid: malic, citric,
152 and succinic, which were purchased from Sigma Aldrich (Madrid, Spain). Results
153 are expressed as g kg⁻¹ fresh weight.

154 **Protein and crude fiber.** Total nitrogen content was determined by the
155 direct combustion method LECO® / Dumas and the percentage of protein was
156 determined from total nitrogen content, using the correction factor 6.25. Results
157 were expressed in mg per 100 g of DM.

158 Crude fiber was measured according to the Association of Official Analytical
159 Chemists (AOAC, 2006) Approved Procedure Ba 6a-05 by a fiber automatic
160 analyzer Ankom 2000 through digesting with 0.255 N H₂SO₄ and 0.313 N NaOH.

161 **Minerals.** Ten fresh brebas were weighed and dried at 65°C over two days.
162 These fruits were then cut into small pieces and frozen at -80 °C. Dried samples
163 were ground in a mortar to a fine powder. Subsequently, 1 g of dry matter (DM) in
164 a porcelain cup was turned to ashes in a muffle oven at 550°C for 1 day. Once
165 calcined, samples were digested in 2 mL distilled water and 1 mL of HCl (37%).
166 The corresponding solution was heated until white fumes appeared. The clear

167 solution was diluted up to 100 mL with distilled water and filtered with whatman
168 filter paper. The standard working solutions of the elements of interest were
169 prepared to make the standard calibration curve.

170 The mineral elements potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), zinc
171 (Zn) and iron (Fe) were analyzed by atomic absorption spectrometry (AAS),
172 whereas phosphorus (P) was determined by a colorimetric reaction using a
173 spectrophotometer at 430 nm. Mineral analysis was carried out according to the
174 official method of plants (AOAC; MAGRAMA, 1986).

175 **Statistical analysis.** Statistical analysis of the data was carried out using
176 SPSS for Windows, 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Physicochemical
177 characteristics and nutritional composition were studied by analysis of variance
178 (ANOVA). This analysis allowed for a comparison of the mean differences between
179 groups that have been split on two dependent between-subject factors: 'variety'
180 and 'ripening stage'. For the comparison of mean values, Tukey's honestly
181 significant difference (HSD) test ($p \leq 0.05$) was used. The relationships among the
182 parameters studied were evaluated by principal component analysis (PCA).

183 **RESULTS AND DISCUSSION**

184 **Weight and width.** The relationship between weight and size of the breba
185 crops from nine varieties of fig tree studied are shown in Figure 1. Significant
186 differences were found among varieties, showing the influence of genotype and
187 ripening stages on weight and width. These findings are in agreement with those of
188 other authors (Crisosto et al., 2010; Çalışkan and Polat, 2012b; Freiman et al.,
189 2012). Breba crops with the highest weight and size were the 'Brown Turkey'
190 variety with mean values of 117.5 g and 63.1 mm, respectively, followed by
191 'Banane' (98.6 g and 53.4 mm) and 'Tiberio' (69.6 g and 51 mm). On the other
192 hand, the weight and width were the lowest in the 'Tres Voltas L'Any' variety (38.9
193 g and 44 mm, respectively). Diversity in the results for these parameters were also
194 observed by Ferrara et al. (2003) in several breba varieties from Valenzano (Italy),
195 whose values ranged between 62 – 125 g for weight and 49 – 67 mm for width.
196 Additionally, our study also confirms the results reported previously by Souza et

IV. Resultados

197 al. (2013) for four breba varieties grown in Spain: 'Colar Elche', 'Tiberio', 'San
198 Antonio' and 'Cuello Dama Negro'.

199 Except for the 'Tiberio' variety, both weight and width increased along the
200 selected developmental stages (Figure 1), showing significant differences between
201 stages 1 and 3. Weight and width are known to increase during phase III of fruit
202 development on the tree and until the fruit are fully ripe¹⁸. Crisosto et al. (2010)
203 also observed this behaviour in fig varieties such as 'Brown Turkey', 'Calimyrna'
204 and 'Kadota'.

205 According to the fig descriptor lists IPGRI and CIHEAM (2003), the breba
206 crops of the 'Brown Turkey' and 'Banane' varieties were classified as very large
207 fruits, while 'Tiberio', 'San Antonio' and 'Blanca Bétera' were considered as large
208 fruit. The remaining varieties had a medium width.

209 **Quality parameters**

210 **Firmness.** Firmness values of the brebas crops are given in Table 1. The
211 mean values for firmness ranged from 1.9 to 7.1 N mm⁻¹. The 'Brown Turkey'
212 variety showed the highest firmness value (7.1 N mm⁻¹), followed by 'Blanca
213 Bétera' (4.2 N mm⁻¹), 'Banane' (4 N mm⁻¹), 'Cuello Dama Negro' (3.5 N mm⁻¹) and
214 'Colar Elche' (3.1 N mm⁻¹). Conversely, 'Cuello Dama Blanco' was the variety with
215 the lowest firmness value (1.9 N mm⁻¹). These results confirmed those obtained in
216 our previous study for these varieties (Pereira et al., 2015). Significant differences
217 were also found among ripening stages. In general, firmness was strongly affected
218 by the ripening stage of fruit, decreasing gradually with maturity (Crisosto et al.,
219 2010; Ornelas-Paz et al., 2013; Serradilla et al., 2012). Consequently, stage 3
220 showed the lowest mean values of firmness (1.9 N mm⁻¹) while stage 1 presented
221 the highest mean values (4.9 N mm⁻¹; Table 1). This is in agreement with previous
222 results reported by Crisosto et al. (2010) for four fig tree varieties, who found a
223 pronounced decrease in firmness between commercial maturity and tree ripe fruit
224 and moreover these authors also found that the variety-maturity stage
225 combinations studied were segregated into five different groups according to their
226 firmness. The loss of firmness is partially due to changes in the structure of the cell

227 wall by dissolution of the middle lamella and disruption of the primary cell wall
228 during ripening process (Valero and Serrano, 2010). Therefore, it is very important
229 to establish the optimum point of maturity with respect to firmness to avoid fruits
230 becoming more susceptible to damage during transport and storage (Tsantili,
231 1990).

232 **Color.** The genotype-maturity interaction is considered to be the main
233 factor responsible for the color traits of fruit skin and flesh. Significant differences
234 ($p < 0.05$) were found in all color parameters both in breba skin and flesh and
235 among all varieties and ripening stages (Figure 2). For skin color, values ranged
236 between 10.21 – 47.08 for C^* , 49.6 – 100.7 for h^* and 36.5 – 57.1 for L^* depending
237 on variety and ripening stage. The skin color of each variety studied varied from
238 light green for ‘Banane’, ‘Cuello Dama Blanco’, ‘Tres Voltas L’Any’ and ‘Blanca
239 Bétera’ (characterized by showing the highest values of L^* , h^* and C^*), to yellow-
240 green for ‘Brown Turkey’, ‘San Antonio’ and ‘Tiberio’ (presenting moderate values
241 of L^* , h^* and C^*) to black for ‘Cuello Dama Negro’, ‘Colar Elche’ and ‘De Rey’
242 (characterized by presenting the lowest values of L^* , h^* and C^*). Flesh color varied
243 from amber for ‘San Antonio’, ‘Cuello Dama Blanco’ and ‘De Rey’ (with the highest
244 values of L^*), to pink for ‘Blanca Bétera’ and ‘Tiberio’ (showing moderate values of
245 L^*), to red for ‘Banane’, ‘Tres Voltas L’Any’, ‘Cuello Dama Negro’, ‘Colar Elche’ and
246 ‘Brown Turkey’ (showing the lowest values of L^*) (Figure 2). The mean values of
247 flesh color varied from 24.6 – 29.1 for C^* , 44.7 – 80.1 for h^* and 51.7 – 67.8 for L^* .
248 These results are consistent with those reported by Crisosto et al., (2010) in the fig
249 varieties ‘Mission’, ‘Brown Turkey’, ‘Kadota’, and ‘Calimyrna’ grown in California.
250 Other authors have also reported a high variability in skin color (yellow-green,
251 green, light green, purple, brown and black) and flesh color (pink, amber, and red
252 fruit) for the fig varieties studied (Solomon et al., 2006; Çalışkan and Polat,
253 2012a,2012b; Yalcinkaya, et al., 2007; Veberic et al., 2008b).

254 Regarding ripening stage, brebas showed a marked decline for all color
255 parameters studied, in both skin and flesh, during the ripening process due in part
256 to either an accumulation of anthocyanins or a degradation in chlorophyll content
257 (Solomon et al., 2006; Valero and Serrano, 2010). These results are consistent with

IV. Resultados

258 those obtained for other varieties grown in California and Turkey (Crisosto et al.,
259 2010; Çalışkan and Polat, 2011,2012a).

260 The skin and flesh color of breba crops are two of the most important
261 factors for consumer preferences, and are used to assess the status of ripening in
262 brebas (Tsantili, 1990). In general, breba crops with pink and red flesh are
263 preferred by consumers for fresh consumption in several countries (Çalışkan and
264 Polat, 2012ab), although Crisosto et al. (2010) reported that ‘Cuello Dama Blanco’,
265 whose flesh color is amber, was the variety that presented the highest percentage
266 of acceptance by consumers.

267 **Soluble solids, titratable acidity, pH and maturation index.** The mean
268 values of total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pH and maturation index
269 (MI) (TSS/TA) of the brebas are presented in Table 1. Differences were observed
270 in these parameters between different breba varieties and ripening stages.

271 Mean values of TSS for these nine varieties ranged from 15.2 (‘Brown
272 Turkey’) to 19.1 °Brix (‘Cuello Dama Blanco’). Significant differences were found
273 among varieties (Table 1), allowing us to classify the fruit into three groups
274 according to their TSS content: the highest content (19 °Brix or more), followed by
275 moderate content (around 18 °Brix) and the lowest content (15 – 17 °Brix). There
276 is no literature available with which to compare the results obtained from this
277 study, but several authors have reported that figs of these same varieties showed
278 similar ranges of TSS (; Askoy et al., 2003Chessa, 1997; Crisosto et al., 2010; Küden
279 et al., 2008; Gunnes et al., 2009). Additionally, Crisosto et al. (2010) also found that
280 figs of the ‘Kadota’ variety, also called ‘Cuello Dama Blanco’, presented high levels
281 of TSS. On the other hand, in our study, TSS increased from stage 1 (15.6 °Brix) to
282 stage 3 (19.1 °Brix) (Table 1). Similar results were reported by Crisosto et al.
283 (2010), who also found an increase in TSS between commercial maturity and tree
284 ripe . In addition, these same authors also reported a significant positive
285 correlation between TSS and degree of liking in fig fruit.

286 The pH levels of brebas varied between 5.1 and 6.1. The lowest pH values
287 were obtained in the varieties ‘Blanca Bétera’ and ‘Banane’ (5.3 and 5.4

288 respectively), while the highest pH values were observed for 'San Antonio' and
289 'Cuello Dama Blanco' (6.0 and 6.1 respectively) (Table 1). The pH plays an
290 important role in the sensory quality of fruit, affecting the perception of sweetness,
291 with increased pH correlating with increased sweetness (Gunnes et al., 2009). With
292 respect to TA, concentrations varied from 0.1 – 0.2 g citric acid 100g⁻¹ FW. These
293 results are in agreement with those obtained by Souza et al.²⁰ in breba crops of the
294 same varieties grown in Spain. Nevertheless, values obtained in this study were
295 lower than those obtained by Crisosto et al. (2010) for figs grown in California.
296 This discrepancy can be explained by the influence of environmental conditions on
297 fruit quality (Valero and Serrano, 2010). In addition, TA decreased significantly
298 from stage 1 to stage 3. This tendency was also found by Crisosto et al. (2010) for
299 figs obtained from these same varieties. TA has also been reported to present a
300 negative correlation with degree of liking and, therefore, TA has a low impact on
301 consumer acceptance.

302 Regarding MI (TSS/TA), values ranged from 108 ('Blanca Bétera') to 221
303 ('Cuello Dama Blanco'). High MI values were also found for 'San Antonio' (190),
304 'Brown Turkey' (151) and 'Colar Elche' (148). However, the 'Banane' and 'Blanca
305 Bétera' varieties showed the lowest values of MI with 112 and 108, respectively.
306 This ratio is used as an index of consumer acceptability and fruit quality (Valero
307 and Serrano, 2010) since the perceived sweetness of ripened fruit depends on the
308 TSS/TA ratio (Çaliskan et al., 2008; Gunnes et al., 2009). In addition, Çaliskan et al.
309 (2008) have also reported that figs with high TSS/TA ratio produce high quality
310 dried fruit. On the other hand, the TSS/TA ratio showed a clear tendency toward
311 greater values with increasing maturity, ranging from 110 in stage 1 to 201 in
312 stage 3. In general, TSS/TA ratios obtained in this study were much higher than
313 those obtained by Crisosto et al. (2010) for the same varieties at two different
314 ripening stages.

315 **Composition**

316 **Sugars.** The levels of sugars and organic acids in fruit and vegetables are
317 the most important factors in determining the taste of ripe fleshy fruit and thus
318 consumer acceptance (Çaliskan et al., 2008; Feliciano et al., 2010; Valero and

IV. Resultados

319 Serrano, 2010). The relative amount of these constituents depends on the
320 metabolic activity of the fruit and the interaction of sugars and acids, and are
321 directly correlated with factors such as genotype, ripening stage and storage
322 conditions (Souza et al., 2003; Ornelas-Paz et al., 2013; Valero and Serrano, 2010).
323 The concentrations of sugars and organic acids found in skin and flesh of the breba
324 crops are given in Table 2 and 3. According to other authors, glucose is the main
325 sugar found in brebas and figs, followed by fructose and sucrose (Vinson, 1999;
326 Melgarejo et al., 2003; Veberic et al., 2008b; Slatnar et al., 2011). Significant
327 differences were observed in the sugar content for fruit skin and flesh among
328 different varieties of brebas. Glucose values ranged from 27.3 g per kg of FW
329 ('Brown Turkey') to 103.6 g per kg of FW ('Cuello Dama Blanco') for skin, whereas
330 for flesh those values ranged from 47 g per kg of FW ('Brown Turkey') to 75.4 g per
331 kg of FW ('Colar Elche'). Souza et al et.²⁰ also found that the 'Colar Elche' variety
332 showed a higher content of glucose compared to the other varieties studied. For
333 fructose, values ranged from 30.3 g per kg of FW ('Brown Turkey') to 90.0 g per kg
334 of FW ('Cuello Dama Blanco') for skin, while in flesh values varied from 49.4 g per
335 kg of FW ('Brown Turkey') to 74.7 g per kg of FW fresh weight ('Tres Voltas
336 L'Any'). Additionally, the 'Colar Elche' variety showed high values of fructose in
337 both skin and flesh with 63.7 g per kg of FW and 68.4 g per kg of FW, respectively.
338 These values of glucose and fructose confirm the findings obtained from brebas by
339 other authors (Melgarejo et al., 2003; Souza et al., 2013). In general, glucose levels
340 were higher than fructose levels in brebas. Nevertheless, there were varieties such
341 as 'Brown Turkey', 'Cuello Dama Negro', Tres Voltas L'Any', and 'Blanca Bétera'
342 that showed fructose levels higher than glucose. These results demonstrate the
343 influence of genotype on the glucose/fructose ratio. This aspect is important since
344 fructose is 80% sweeter than sucrose, while glucose is only 60% sweeter than
345 sucrose (Valero and Serrano, 2010) and therefore varieties with a lower
346 glucose/fructose ratio should have a higher sweetness compared to other varieties
347 studied. All varieties showed low amounts of sucrose, between 0.2 – 1.4 g per kg of
348 FW for skin and 0.3 – 2.1 g per kg of FW for flesh. This is due to the hydrolysis of
349 sucrose into fructose and glucose during fruit ripening (Valero and Serrano, 2010).
350 'Banane' and 'Cuello Dama Blanco' showed the highest values of sucrose in skin
351 and flesh (2.5 and 2.1 g per kg of FW respectively). These values are similar to

352 those obtained from breba and figs in other studies (Melgarejo et al., 2003;Çalışkan
353 and Polat, 2008, 2011; Veberic et al., 2008b). Therefore, the perception of
354 sweetness of brebas depends on whether they are consumed whole or peeled.
355 Regarding ripening stages, glucose and fructose values were increased significantly
356 both in skin and flesh during ripening process. This tendency is in agreement with
357 the accumulation of sugars with maturity reported in figs and other fruits such as
358 pomegranate and sweet cherries (Tsantili, 1990; Usenik et al., 2008; Shwartz et al.,
359 2009). The mean values for these sugars in breba skin ranged between 50.1 (stage
360 1) and 65.9 g per kg of FW (stage 3) for glucose and 43.5 (stage 1) and 69.3 g per
361 kg of FW (stage 3) for fructose, whereas in flesh these values were 53.2 (stage 1)
362 and 70.3 g per kg of FW (stage 3) for glucose and 51.8 (stage 1) and 69.1 g per kg of
363 FW (stage 3) for fructose. On the other hand, no differences were detected in the
364 sucrose level in both skin and flesh. To our knowledge, this is the first time that the
365 sugar content of brebas has been studied in relation to maturity, hence our data
366 cannot be compared to others, although our results are consistent with those of
367 Serrano et al. (2005) in sweet cherries.

368 **Organic acids.** The amount of organic acids in both skin and flesh showed
369 significant differences among varieties (Table 2 and 3). Flesh presented a higher
370 organic acid content than skin. The level of malic acid was higher than that of
371 succinic acid or citric acid in skin. Organic acid contents for skin ranged from 0.1 –
372 0.9 g per kg of FW for citric acid, 0.8 – 3.6 g per kg of FW for malic acid and 1 – 4.3 g
373 per kg of FW for succinic acid. With respect to flesh, values fluctuated between 1.3
374 – 3.1 g per kg of FW for citric acid, 1.2 – 4 g per kg of FW for malic acid, and 1 – 2 g
375 per kg of FW for succinic acid.

376 In skin, 'Colar Elche', and 'Cuello Dama Blanco' contained the highest levels
377 of citric and malic acids (0.9 and 0.8 g per kg of FW for citric acid and 3.6 and 3.4 g
378 per kg of FW for malic acid) while 'Tres Voltas L'Any' and 'Colar Elche' contained
379 the highest concentrations of succinic acid (2.9 and 2.6 g per kg of FW,
380 respectively). For flesh, values ranged between 1.3 – 3.1 g per kg of FW for citric
381 acid, 1.2 – 4 g per kg of FW for malic acid and 1 – 2 g per kg of FW for succinic acid.
382 The brebas of the 'Cuello Dama Negro' varieties had the highest values of malic and
383 citric acid levels with values of 4 per kg of FW for malic acid and 2.8 g per kg of FW

IV. Resultados

384 for citric acid. On the other hand, the 'San Antonio' and 'Blanca Bétera' varieties
385 had high values of succinic acid, with both measuring 2 g per kg of FW. These
386 results are in contrast to those obtained by Melgarejo et al. (2003), who
387 demonstrated that, in general, breba tree varieties showed higher citric acid than
388 malic acid content.

389 On the other hand, no significant differences in organic acid contents were
390 found among the ripening stages studied (Table 2 and 3). The mean amounts of
391 citric, malic, and succinic acids found in flesh were 1.9 – 2.2 g per kg of FW, 2.9 – 3
392 g per kg of FW, and 1.5 – 1.6 g per kg of FW, respectively, while in skin these values
393 were 0.4 – 0.5 g per kg of FW, 1.7 – 2.3 g per kg of FW, and 2.2 – 2.3 g per kg of FW,
394 respectively. As previously stated, almost no information exists on the effect of
395 ripening stage on organic acid content in brebas. Our results suggest that organic
396 acid contents are gradually maintained throughout the third growth phase of fruit.

397 **Protein and crude fiber.** The mean values of protein for the nine varieties
398 ranged between 4.4% and 6.7% (Table 3), confirming values found by Wendeln et
399 al. (2000) for fourteen fig species grown from Barro Colorado Island (Panama).
400 Nevertheless, other authors have described higher protein values in different wild
401 fruit of the genus *Ficus* grown in the Himalaya region (Pakistan), specifically *Ficus*
402 *carica*, which showed a protein content of 8.6 % (Sadia et al., 2014). In our study,
403 the 'Tiberio', 'Brown Turkey' and 'San Antonio' varieties showed the highest
404 protein content, ranging between 5.9 and 6.7%. On the other hand, 'Colar Elche'
405 and 'Cuello Dama Negro' showed protein values lower than 5%. Additionally,
406 statistically significant differences were observed among ripening stages, showing
407 a decrease from 6.1% to 5.1% of mean protein values between stage 1 and 3.

408 The values for crude fiber ranged from 4% – 7.4%. In this case, the variety
409 'Banane' showed the highest crude fiber content (7.4%) followed by 'Tres Volta
410 L'Any' and 'Brown Turkey' (6.9 and 6.7%, respectively), while 'Blanca Bétera' had
411 the lowest values of crude fiber (4%). With respect to commercial ripening stages,
412 a significant decrease in crude fiber content was observed from stage 1 (6.9%) to
413 stage 3 (5%). The 'Brown Turkey', 'Banane' and the 'Tres Voltas L'Any' varieties
414 showed the greatest differences among stages. The crude fiber content in figs was

415 higher than that obtained in other fruits including apple, pear or banana those
416 values range between 0.4 and 1% (FCNT, 2000). However, results obtained in this
417 study were below those obtained by Sadia et al. (2014), who demonstrated 14.2%
418 crude fiber content in the species *Ficus carica*. On the contrary, Tanwar et al.
419 (2014) showed lower values (1.2%) than those obtained in this study in fig flesh.
420 However, Vinson et al. (2005) obtained crude fiber values of 2.9% in both the
421 'Calimyrna' and 'Mission' varieties of fresh figs.

422 **Minerals.** The mineral concentrations of the nine varieties studied are
423 shown in Table 3. Mineral contents in plants are known to be affected by genotype,
424 environmental conditions, use of fertilizers and the nutritional status of the plant
425 (Ekholma et al., 2007; Soetan et al., 2010; Khan et al., 2011). In concordance with
426 other studies (Khan et al., 2011; Sadia et al., 2014), K and Ca were the primary
427 minerals found in all varieties, with concentrations ranging from 8.2 (TV) – 11.4 g
428 kg⁻¹ DW (CDB) for K and 1.9 (BB) – 3.1 g kg⁻¹ DW (SA) for Ca. These results were
429 comparable with those obtained for several local fig varieties of Tunisia such as
430 'Baghli', 'Kahli' or 'Marchini' (Aljane et al., 2007,2009) and lower than those found
431 by Khan et al. (2011) and Vinson et al. (2005) in figs and dried fruits. The values for
432 P and Mg were above 1 g kg⁻¹ DW for all cultivars. This is in contrast to the P levels
433 measured by Khan et al. (2011) in fig cultivars from Pakistan, who found lower
434 values than those of our research. On the other hand, Fe and Zn were found in
435 smaller amounts ranging from 30.2 (CE) – 40.0 ppm (BB) for Fe and 6.2 (CE) – 11.9
436 ppm (Ti) for Zn. Significant differences in mineral content were also observed
437 among different commercial ripening stages. A significant decline was observed in
438 the mineral content during ripening, with stage 1 showing higher values than stage
439 3. A previous study reported that a loss of mineral composition is a crucial physical
440 event for softening of fruit (Adeyemi et al., 2009). These findings have
441 demonstrated that brebas can be considered a rich source of K, Ca and Fe (Vinson
442 et al., 1999,2005; Slavin, 2006; Aljane et al., 2007). Mineral elements play
443 important roles in health and disease states in humans (Martínez-Ballesta et al.,
444 2010; Khan et al., 2011; Sadia et al., 2014). For example, K is an important nutrient
445 for controlling human blood pressure; therefore fruit that contains high levels of K,
446 such as brebas, might be recommended for hypertension. Similarly, Ca is a major

IV. Resultados

447 component of bone and assists in tooth development (Brody, 1994; Sadia et al.,
448 2014); therefore consumption of Ca-rich foods may provide positive health
449 outcomes related to these tissues.

450 **Multivariate analysis.** In order to adequately characterize the varieties and
451 the effect of commercial ripening stage on the composition of the brebas studied, a
452 principal component analysis (PCA) was performed with the quality and chemical
453 parameters (Figure 3). The TSS, sugars, MI, and pH were explained positively by
454 the first principal component 1 (PC1) of the PCA, which explains 32.4% of the total
455 variability. These parameters were clearly related to stage 3, mainly for the 'Cuello
456 Dama Blanco' and 'Colar Elche' varieties. Conversely, the negative axis of PC1 was
457 defined by firmness, protein, and to a lesser extent, TA, fiber and some minerals (P,
458 Fe, and Ca), which were related to stage 1 mainly for the 'Brown Turkey', 'Blanca
459 Bétera', 'Banane' and 'San Antonio' varieties. PC2, which explains 17.5 % of the
460 total variability, was positively related to the content of minerals such as Mg and K,
461 sucrose levels (in skin and flesh) and citric acid concentration (in skin), and
462 negatively associated with the 'Brown Turkey', 'Blanca Bétera', 'Tres Voltas L'Any'
463 and 'Cuello Dama Negro' varieties.

464 **CONCLUSION**

465 In summary, because all fig trees were located in the same area and the
466 samples corresponded to two agronomic years, the differences in the
467 physicochemical composition of brebas depended basically on the biochemical
468 characteristics of each variety, and to a lesser extent on the commercial ripening
469 stage. Breba crops that showed the highest weight and size belonged to the 'Brown
470 Turkey' and 'Banane' varieties. In addition, these varieties were characterized by
471 being more firm and showed the highest amount of fiber, protein, and minerals
472 such as Ca and P. High values of these parameters were also associated with the
473 early commercial ripening stage (stage 1). Conversely, the samples with higher
474 values, in flesh, of the majority of sugars, as well as higher TSS and MI values were
475 related to stage 3 and varieties such as 'Cuello Dama Negro' and 'Colar Elche'. No
476 clear tendency was observed for organic acids. In general, brebas may be
477 considered a good source of K, Ca, P, and Mg, and their consumption as a vegetable

478 might also meet the daily dietary requirements for fiber. Finally, in order to the
479 establishment their commercial value, the sensorial and functional
480 characterization of these varieties of brebas may be carried out.

481 **Acknowledgements**

482 Financial support for this research was provided by Instituto Nacional de
483 Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Economía y
484 Competitividad (Spain) (Proyect grant RTA 2010-00123). C. Pereira was financed
485 by an INIA doctoral fellowship.

486 **REFERENCES**

487 Adeyemi, O.S. & Oladiji, A.T. (2009). Compositional changes in banana (*Musa*
488 ssp.) fruits during ripening. *African Journal of Biotechnology*, 8, 858-859.

489 Aljane, F., Toumi, I. & Ferchichi, A. (2007). HPLC determination of sugars
490 and atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian. *African*
491 *Journal of Biotechnology*, 6, 599-602.

492 Aljane, F. & Ferchichi, A. (2009). Postharvest chemical properties and
493 mineral contents of some fig (*Ficus carica* L.) cultivars in Tunisia. *Journal Food*
494 *Agriculture and Environment*, 7, 209-212.

495 AOAC (2006). Approved Procedure Ba 6a-05. ANKOM Technology Method
496 10.

497 Askoy, U., Balci, B., Can, H.Z. & Hepaksoy, S. (2003). Some significant results
498 of the research-work in Turkey on fig. *Acta Horticulturae*, 605, 173-180.

499 Babazadeh Darjazi, B. (2011). Morphological and pomological
500 characteristics of fig cultivars from Varamin. *African Journal of Biotechnology*, 10,
501 19096-19105.

502 Brody, T. (1994) Nutritional biochemistry, Acad. Press: San Diego, CA, (pp.
503 555-556).

IV. Resultados

504 Çalışkan, O. & Polat, A.A. (2008). Fruit characteristics of fig cultivars and
505 genotypes grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 115, 360-367.

506 Çalışkan, O. & Polat, A.A. (2011). Phytochemical and antioxidant properties
507 of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region
508 of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 128, 473-478.

509 Çalışkan, O. & Polat, A.A. (2012a). Effects of genotype and harvest year on
510 phytochemical and fruit quality properties of Turkish fig genotypes. *Spanish
511 Journal of Agricultural Research*, 10, 1048-1058.

512 Çalışkan, O. & Polat, A.A. (2012b). Morphological diversity among fig (*Ficus
513 carica* L.) accessions sampled from the eastern Mediterranean region of Turkey.
514 *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36, 179-193.

515 Chessa, I. (1997). Fig. In *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and
516 Subtropical Fruits*. Mitra, S., Ed: CAB International. Wallingford, UK, (pp. 245-268)

517 Crisosto, C.H., Bremer, V., Ferguson, L. & Crisosto, G.M. (2010). Evaluating
518 quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two
519 maturity stages. *Hortscience*, 45, 707-710.

520 Crisosto, C.H., Ferguson, L., Bremer, V. & Colelli, G. (2011). Fig (*Ficus carica
521 L.*). In *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Yahia
522 E. E, (Ed.), Cambridge, UK (pp. 134-158).

523 Dueñas, M., Pérez-Alonso, J.J., Santos-Buelga, C. & Escribano-Bailón, T.,
524 (2008). Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Food
525 Composition and Analysis*, 21, 107-115.

526 Ekholma, P., Reinivuo, H., Mattila, P., Pakkala, H., Koponen, J., Happonen, A.,
527 Hellström, J. & Ovaskainen, M.L. (2007). Changes in the mineral and trace element
528 contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition
529 and Analysis*, 20, 487-495.

- 530 Feliciano, R.P., Antunesa, C., Ramosb, A., Serra, A.T., Figueira, M.E., Duarte,
531 C.M.M, De Carvalho, A. & Bronze, M.R. (2010). Characterization of traditional and
532 exotic apple varieties from Portugal. Part 1. Nutritional, phytochemical and
533 sensory evaluation. *Journal of Functional Foods*, 2, 35-45.
- 534 FCNT (2000). Food Composition and Nutrition Tables, Germany. CRC Press.
- 535 Ferrara, E. & Papa, G. (2003). Evaluation of fig cultivars for breba crop. *Acta*
536 *Horticulturae*, 605, 91-93.
- 537 Freiman, Z.E., Rodov, V., Yablovitz, Z.m Horev, B. & Flaishman, M.A. (2012).
538 Preharvest application of 1-methylcyclopropene inhibits ripening and improves
539 keeping quality of 'Brown Turkey' figs (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae*, 138:
540 266-272.
- 541 Gunnes, P., Kravchuk, O., Nottingham, S.M., D'Arcy, B.R. & Gidley, M.J. (2009).
542 Sensory analysis of individual strawberry fruit and comparison with instrumental
543 analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 52, 164-172.
- 544 Hertog, M.G., Sweetnam, P.M., Fehily, A.M., Elwood, P.C. & Kromhout, D.
545 (1997). Antioxidant flavonols and ischemic heart disease in a Welsh population of
546 men: The Caerphilly study. *Americal Journal of Clinical Nutrition*, 65, 1489-1494.
- 547 IPGRI and CIHEAM. (2003). Descriptors for Fig. International Plant Genetic
548 Resources Institute, Rome, Italy and International Centre for Advanced
549 Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France, 52.
- 550 Khan, M.N., Sarwar, A., Adeel, M., & Wahab, MF. (2011). Nutritional
551 evaluation of *Ficus carica* indigenous to Pakistan. *African Journal of Food*,
552 *Agriculture, Nutrition and Development*, 11, 5187-5202.
- 553 Küden, A.B., Bayazit, S. & Çömlekcioglu, S. (2008). Morphological and
554 pomological characteristics of fig genotypes selected from Mediterranean and
555 south east Anatolia regions. *Acta Horticulturae*, 798, 95-102.
- 556 Little, A.C. (1975). Off on a tangent. *Journal of Food Science*, 40, 410-411.

IV. Resultados

557 López-Corrales, M., Pérez, F., Serradilla, M.J. & Pereira, C. (2012). Estructura
558 varietal del cultivo de la higuera en Extremadura. En Informe 2011. Caja Badajoz,
559 La agricultura y ganadería extremeña. (pp. 121-130).

560 MAGRAMA (1986). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio
561 Ambiente. <http://www.magrama.gob.es>

562 Martínez-Ballesta, M.C.; Domínguez-Perles, R.; Moreno, D.A.; Muries, B.;
563 Alcaraz-López, C.; Bastías, E.; García-Viguera, C. & Carvajal, M. (2010). Minerals in
564 plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review.
565 *Agron Sustain Dev*, 30, 295–309.

566 Melgarejo, P., Hernández, F., Martínez, J.J. & Sánchez, M.J. (2003). Organic
567 acids and sugars from first and second crop fig juices. *Acta Horticulturae*, 605, 237-
568 239.

569 Ornelas-Paz, J.J., Yahia, E.M., Ramírez-Bustamante, N., Pérez-Martínez, J.D.,
570 Escalante-Minakata, M.P., Ibarra-Junquera, V., Acosta-Muñiz, C., Guerrero-Prieto, V.
571 & Ochoa-Reyes, E. (2013). Physical attributes and chemical composition of organic
572 strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, cv. Albion) at six stages of ripening.
573 *Food Chemistry*, 138, 372-381.

574 Pereira, C., Serradilla, M.J., Martín, A., Villalobos, M.C., Perez-Gragera, F. &
575 López-Corrales, M. (2015). Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for
576 fresh consumption. *Scientia Horticulturae*, 185, 121-128.

577 Sadia, H., Ahmad, M., Sultana, S., Zuhairi Abdullah, A., Keat Teong, L., Zafar,
578 M. & Bano, A. (2014). Nutrient and mineral assessment of edible wild fig and
579 mulberry fruits. *Fruits*, 69, 159-166.

580 Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S. & Valero, D. (2005).
581 Chemical constituents and antioxidant of sweet cherry at different ripening stages.
582 *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2741-2745.

583 Serradilla, M.J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Hernández, A., López-Corrales,
584 M. & Córdoba, M.G. (2012). Physicochemical and sensorial characterisation of four

585 sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain). *Food Chemistry*, 133, 1551-
586 1559.

587 Shwartz, E., Glazer, I., Bar-Ya'akov, I., Matityahu, I., Bar-Ilan, I., Holland, D. &
588 Amir, R. (2009). Changes in chemical constituents during the maturation and
589 ripening of two commercially important pomegranate accessions. *Food Chemistry*,
590 115, 965-973.

591 Slatnar, A., Klancar, U., Stampar, F. & Veberic, R. (2011). Effect of drying of
592 figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic
593 compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 11696-11702.

594 Slavin, J.L. (2006). Figs: Past, present, and future. *Nutrition Today*, 41, 180-
595 184.

596 Soetan, K.O., Olaiya, C.O. & Oyewole, O.E. (2010). The importance of mineral
597 elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of*
598 *Food Science*, 4, 200-222.

599 Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M.,
600 Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z. & Flaishman, M.A. (2006). Antioxidant activities
601 and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of*
602 *Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7717-7723.

603 Souza, M., Jemni, M., Otón, M., Leonel, S., Melgarejo, P. & Artés, F. (2013).
604 Caracterización morfológica, química y sensorial de cuatro variedades de brevas.
605 *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14, 48-52.

606 Stover, E., Aradhya, M., Crisosto, C. & Ferguson, F. (2007). Overview of the
607 California fig industry and new interest in varieties for fresh fruit. Proc. California
608 Plant and Soil Conference: Opportunities for California Agriculture, Sacramento,
609 Calif., 169-175.

610 Tsantili, E. (1990). Changes during development of 'Tsapela' fig fruits.
611 *Scientia Horticulturae*, 44, 227-224.

IV. Resultados

612 Trichopoulou, A., Vasilopoulou, E., Georga, K., Soukara, S. & Dilis, V. (2006).
613 Traditional foods: Why and how to sustain them. *Trends in Food Science and*
614 *Technology*, 17, 496-504.

615 Tanwar, B., Andallu, B. & Modgil, R. (2014). Influence of processing on
616 physicochemical, nutritional and phytochemical composition of *Ficus carica* L. (fig)
617 products. *Agricultural Research Communication Centre*, 33, 37 – 43.

618 Usenik, V., Fabcic, J. & Stampar, F. (2008). Sugars, organic acids, phenolic
619 composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Food*
620 *Chemistry*, 107, 185-192.

621 Vallejo, F., Marín, J.G. & Tomás-Barberan, F.A. (2012). Phenolic compound
622 content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.). *Food Chemistry*, 130, 485-492.

623 Valero, D. & Serrano, M. (2010). Fruit ripening. In *Postharvest biology and*
624 *technology for preserving fruit quality*. CRC Press: Boca Raton, FL. (pp.4-47).

625 Veberic, R., Colaric, M. & Stampar, F. (2008a). Phenolic acids and flavonoids
626 of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food Chemistry*,
627 106, 153-157.

628 Veberic, R., Jakopic, J. & Stampar, F. (2008b). Internal fruit quality of figs
629 (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Italian Journal of Food*
630 *Science*, 20, 255-262.

631 Vinson, J.A. (1999). The functional food properties of figs. *Cereal Foods*
632 *World*, 44, 82-87.

633 Vinson, J.A., Zubik, L., Bose, P., Samman, N. & Proch, J. (2005). Dried Fruits:
634 Excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American College of*
635 *Nutrition*, 24, 44-50.

636 Wendeln, M.C. & Runkle, J.R. (2000). Nutritional values of 14 fig species and
637 bat feeding preferences in Panama. *Biotropica*, 32, 489-501.

638 Yalcinkaya, E., Kaleci, N., Erenoglu, B. & Aktepe-Tangu, N. (2007). Table fig
639 selection for Marmara región. In: Proceening of 5th National Horticultural
640 Congress, 823-827.

641

IV. Resultados

Table 1. Values of firmness, TSS, pH, TA and MI for the breba varieties and ripening stages studied.

Varieties/Stage	Firmness (N mm ⁻¹)			TSS(°Brix)			pH			TA (g citric acid 100 g ⁻¹ FW)			MI (TSS/TA)		
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety															
'Cuello Dama Blanco'	1.9 ^{e,2}	11.7	0.4	19.1 ^a	27.7	1.9	6.1 ^a	6.6	5.6	0.1 ^f	0.2	0.1	221 ^a	351	18
'Brown Turkey'	7.1 ^a	22.9	1.1	15.2 ^e	16.8	12.1	5.7 ^b	6.6	5.0	0.1 ^e	0.1	0.0	151 ^c	339	90
'Tiberio'	2.5 ^d	11.7	0.5	16.2 ^d	19.6	13.8	5.7 ^b	6.2	4.8	0.1 ^d	0.2	0.1	141 ^c	211	67
'San Antonio'	2.5 ^d	9.4	0.5	16.2 ^d	20.4	13.4	6.0 ^a	6.7	5.5	0.1 ^f	0.1	0.0	190 ^b	333	114
'Cuello Dama Negro'	3.5 ^c	10.5	0.4	18.9 ^b	23.9	14.8	5.5 ^b	6.2	4.9	0.2 ^b	0.3	0.1	140 ^c	260	52
'Banane'	4.0 ^b	9.3	0.1	15.4 ^e	18.6	12.9	5.4 ^c	6.0	4.5	0.2 ^a	0.3	0.1	112 ^d	223	52
'Colar Elche'	3.1 ^c	7.9	0.6	18.6 ^b	22.2	15.3	5.5 ^b	6.1	4.8	0.1 ^c	0.3	0.1	148 ^c	235	60
'Tres Voltas L'Any'	2.1 ^d	5.6	0.2	18.0 ^c	22.0	15.3	5.7 ^b	6.3	5.2	0.1 ^c	0.2	0.1	141 ^c	264	78
'Blanca Bétera'	4.2 ^b	9.1	0.6	16.9 ^d	21.5	13.6	5.3 ^d	6.0	4.7	0.2 ^a	0.4	0.1	108 ^d	212	38
Stage															
1	4.9 ^c	22.9	0.7	15.6 ^c	20.5	1.9	5.4 ^c	6.3	4.8	0.2 ^a	0.4	0.1	110 ^a	246	18
2	3.2 ^b	13.0	0.1	17.1 ^b	23.3	12.6	5.6 ^b	6.4	4.5	0.1 ^b	0.3	0.1	133 ^b	261	52
3	1.9 ^a	11.1	0.2	19.1 ^a	27.7	15.0	5.9 ^a	6.7	4.6	0.1 ^c	0.2	0.0	201 ^a	351	66
p variety ²	***			***			***			***			***		
p stage	***			***			***			***			***		
p variety* stage	***			***			**			***			*		

¹ In each column, different letter indicates a significant difference among variety or ripening stage (p < 0.05).

²p values: * (p < 0.05); ** (p < 0.01); *** (p < 0.001).

IV. Resultados

Table 2. Sugars and organic acids in skin of the brebas according to fig tree varieties and commercial ripening stage (g kg⁻¹ FW).

	Sugars									Organic acids								
	Glucose			Fructose			Sucrose			Citric acid			Malic acid			Succinic acid		
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety¹																		
CDB	103.6 ^{a,2}	188.0	58.2	90.9 ^a	143.9	43.7	1.4 ^a	19.6	0.0	0.8 ^a	2.3	0.0	3.3 ^a	6.1	1.3	2.5 ^a	4.6	1.4
BT	27.3 ^e	60.4	2.6	30.4 ^d	65.3	0.1	0.2 ^a	0.7	0.0	0.3 ^b	2.6	0.0	1.6 ^b	3.1	0.3	1.0 ^d	2.0	0.3
Ti	69.4 ^b	98.4	19.3	57.9 ^b	98.5	11.4	0.2 ^a	0.5	0.0	0.4 ^b	1.7	0.1	1.5 ^b	2.7	0.4	1.5 ^b	2.6	0.5
SA	32.5 ^e	42.6	14.1	31.9 ^e	44.2	11.7	0.2 ^a	0.5	0.0	0.4 ^b	1.0	0.1	1.4 ^b	4.9	0.0	1.2 ^c	2.4	0.3
CDN	46 ^c	125.4	8.3	47.4 ^c	96.3	23.2	0.2 ^a	0.7	0.0	0.3 ^b	0.8	0.0	1.3 ^b	3.0	0.0	2.4 ^a	6.3	0.1
BN	62.6 ^b	131.5	15.4	50.6 ^c	96.8	17.7	2.5 ^a	27.7	0.0	0.5 ^b	1.1	0.2	1.7 ^b	3.8	0.3	2.2 ^a	5.1	0.9
CE	70.6 ^b	167.8	7.5	63.7 ^b	108.3	21.2	0.4 ^a	1.6	0.0	0.9 ^a	4.0	0.0	3.4 ^a	7.2	1.3	2.6 ^a	5.7	1.4
TV	40.8 ^d	84.9	8.9	59.5 ^b	119.9	21.9	0.6 ^a	1.2	0.0	0.2 ^b	0.7	0.0	1.7 ^b	4.6	0.0	2.9 ^a	13.5	0.3
BB	41.2 ^d	114.6	1.8	54.5 ^b	210.0	0.2	0.2 ^a	0.9	0.0	0.1 ^b	0.7	0.0	0.8 ^b	2.0	0.0	2.6 ^a	4.0	1.0
Stage																		
1	50.1 ^b	167.8	1.8	43.5 ^b	108.3	0.2	0.9 ^a	27.7	0.0	0.5 ^a	4.0	0.0	1.7 ^a	5.1	0.0	2.2 ^a	6.3	0.1
2	55.8 ^{ab}	118.1	2.7	53.7 ^b	94.7	0.2	0.4 ^a	8.5	0.0	0.4 ^a	3.0	0.0	1.9 ^a	6.0	0.0	2.3 ^a	13.5	0.3
3	65.9 ^a	188.0	4.8	69.3 ^a	210.0	0.1	0.6 ^a	19.6	0.0	0.4 ^a	1.9	0.0	2.3 ^a	7.2	0.0	2.2 ^a	6.6	0.1
p variety ³	***			***			ns			***			***			***		
p stage	***			***			ns			ns			ns			ns		
p v*s	ns			*			ns			ns			ns			ns		

¹ CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', Ti 'Tiberio', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'

² In each column, different letter indicates a significant difference among variety or ripening stage (p < 0.05).

³p values: * (p < 0.05); ** (p < 0.01); *** (p < 0.001).

IV. Resultados

Table 3. Sugars and organic acids in flesh of the brebas according to fig tree varieties and commercial ripening stage (g kg⁻¹ FW).

	Sugars									Organic acids								
	Glucose			Fructose			Sucrose			Citric acid			Malic acid			Succinic acid		
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety¹																		
CDB	70.8 ^{a,2}	107.6	29.0	64.3 ^a	101.8	21.8	2.1 ^a	9.6	0.0	2.6 ^a	3.8	0.9	3.5 ^a	6.6	1.2	1.8 ^a	3.6	0.7
BT	47 ^d	81.7	2.8	49.4 ^c	76.0	0.1	0.3 ^a	2.8	0.0	1.3 ^b	3.3	0.0	1.8 ^c	3.9	0.0	1.4 ^a	4.2	0.0
Ti	61.4 ^a	93.4	27.1	55.7 ^b	93.0	14.8	1.5 ^a	7.9	0.0	1.9 ^a	5.7	0.0	1.2 ^d	2.7	0.0	1.0 ^b	3.9	0.0
SA	48.3 ^d	70.2	30.1	51.5 ^b	71.6	37.6	0.4 ^a	1.8	0.1	0.9 ^c	1.7	0.0	3.0 ^a	6.4	0.9	2.0 ^a	4.1	0.7
CDN	59.8 ^a	91.8	25.4	67.1 ^a	93.9	36.7	0.5 ^a	2.8	0.0	2.8 ^a	6.1	1.1	4.0 ^a	9.1	0.7	1.6 ^a	3.7	0.6
BN	54.3 ^c	83.6	16.2	48.7 ^d	80.8	18.7	1.9 ^a	9.5	0.0	2.6 ^a	7.7	0.6	2.0 ^b	3.9	0.9	1.3 ^a	3.0	0.3
CE	75.4 ^a	120.1	36.6	68.4 ^a	100.5	39.1	1.9 ^a	4.6	0.0	1.9 ^a	3.8	1.2	3.6 ^a	6.1	1.1	1.5 ^a	5.1	0.7
TV	60.0 ^a	89.9	28.9	74.7 ^a	158.0	49.4	0.4 ^a	1.0	0.0	2.1 ^a	4.3	0.9	4.0 ^a	8.2	2.4	1.2 ^a	2.9	0.6
BB	58.2 ^b	100.1	4.7	63.5 ^a	143.6	40.2	1.2 ^a	4.1	0.0	2.1 ^a	4.0	0.7	3.8 ^a	6.0	1.4	2.0 ^a	3.0	0.7
Stage																		
1	53.2 ^b	97.6	2.8	51.8 ^c	84.3	14.8	1.5 ^a	9.6	0.0	2.2 ^a	5.9	0.0	3.0 ^a	9.1	0.0	1.6 ^a	3.7	0.0
2	59.1 ^b	109.7	14.0	60.5 ^b	116.3	21.8	0.9 ^a	5.1	0.0	2.2 ^a	7.7	0.0	3.0 ^a	8.9	0.0	1.7 ^a	5.1	0.0
3	70.3 ^a	120.1	29.9	69.1 ^a	158.0	0.1	0.9 ^a	4.6	0.0	1.9 ^a	4.3	0.0	2.9 ^a	8.2	0.0	1.5 ^a	3.9	0.0
p variety ³	***			***			**			***			***			**		
p stage	***			***			*			ns			ns			ns		
p v*s	ns			ns			ns			ns			ns			ns		

¹ CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', Ti 'Tiberio', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'

² In each column, different letter indicates a significant difference among variety or ripening stage (p < 0.05).

³p values: * (p < 0.05); ** (p < 0.01); *** (p < 0.001).

IV. Resultados

Table 4. Concentrations of protein, crude fiber and main minerals according to fig tree varieties and commercial ripening stage.

	Fiber (%)			Protein (%)			Major minerals g/kg									Trace minerals (ppm)								
							P			K			Ca			Mg			Fe			Zn		
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Varieties¹																								
CDB	5.0 ^{e,2}	5.6	4.2	5.2 ^{cd}	5.7	4.6	1.2 ^{bc}	1.3	1.1	11.4 ^a	13.0	10.4	2.2 ^{bc}	2.8	2.0	1.5 ^a	1.7	1.3	30.6 ^{ab}	40.0	25.0	10.9 ^a	13.0	9.0
BT	6.7 ^{abc}	10.0	4.5	5.9 ^b	7.3	4.4	1.3 ^{ab}	1.8	1.0	9.0 ^{cd}	11.7	7.5	2.3 ^{bc}	3.8	1.3	1.0 ^c	1.6	0.8	38.7 ^a	52.0	30.0	6.6 ^b	11.9	2.0
Ti	5.6 ^{de}	6.9	4.5	6.7 ^a	7.8	5.5	1.0 ^c	1.4	1.0	9.9 ^{abcd}	12.8	7.0	2.5 ^{bc}	4.2	2.0	1.2 ^{abc}	1.8	1.0	27.8 ^b	41.9	12.0	11.9 ^a	34.9	8.0
SA	5.1 ^{de}	6.8	3.1	5.9 ^b	6.9	4.9	1.2 ^{bc}	1.5	1.0	10.9 ^{ab}	15.0	7.9	3.1 ^a	4.0	2.0	1.4 ^{ab}	2.0	1.0	37.6 ^{ab}	70.8	20.9	10.5 ^a	16.0	5.0
CDN	6.0 ^{bcd}	8.3	4.1	4.7 ^{de}	5.3	4.0	1.0 ^c	1.3	0.7	8.9 ^{cd}	10.7	6.9	2.0 ^{bc}	2.5	1.2	1.0 ^c	1.3	0.6	31.6 ^{ab}	48.0	16.0	6.4 ^b	11.0	1.0
BN	7.4 ^a	10.2	5.5	5.6 ^{bc}	6.4	3.8	1.0 ^c	1.3	0.8	10.2 ^{abc}	14.8	7.0	2.3 ^{bc}	3.6	1.4	1.4 ^a	2.3	1.0	34.7 ^{ab}	91.3	17.0	10.2 ^a	16.0	2.0
CE	5.9 ^{cde}	9.1	3.5	4.4 ^e	5.9	3.7	1.0 ^c	1.3	0.9	9.6 ^{bcd}	12.4	7.0	2.1 ^{bc}	3.7	1.0	1.3 ^{abc}	2.1	1.0	30.2 ^{ab}	44.0	20.0	6.2 ^b	10.0	3.0
TV	6.9 ^{ab}	11.1	4.2	5.8 ^b	8.3	4.4	1.3 ^{ab}	2.0	0.9	8.2 ^d	10.2	6.8	2.1 ^{bc}	3.0	1.6	1.1 ^{bc}	2.0	0.8	37.1 ^{ab}	56.9	26.0	10.4 ^a	16.9	3.0
BB	4.0 ^f	5.4	2.9	5.8 ^b	7.4	4.2	1.4 ^a	1.7	0.9	8.9 ^{cd}	10.9	7.6	1.9 ^c	2.6	1.3	1.0 ^c	1.3	0.7	40.0 ^a	52.7	29.9	9.0 ^{ab}	14.0	6.0
Stages																								
1	6.9 ^a	11.1	4.2	6.1 ^a	8.3	4.4	1.3 ^a	2.0	0.9	10.2 ^a	15.0	7.0	2.6 ^a	0.42	0.15	1.4 ^a	2.3	1.0	36.8 ^a	70.8	19.0	11.1 ^a	34.9	6.0
2	5.8 ^b	9.0	3.5	5.5 ^b	7.3	3.8	1.1 ^b	1.5	0.8	9.5 ^{ab}	14.0	7.0	2.3 ^b	0.40	0.10	1.2 ^b	2.0	0.8	34.5 ^{ab}	91.3	15.0	8.6 ^b	15.9	3.0
3	5.0 ^c	7.4	2.9	5.1 ^c	7.7	3.7	1.1 ^b	1.5	0.7	8.9 ^b	13.0	6.8	1.9 ^c	0.36	0.10	1.0 ^c	1.7	0.6	32.1 ^b	50.0	12.0	7.4 ^b	13.0	1.0
p variety ³	***			***			***			***			***			***			***			***		
p stage	***			***			***			***			***			***			**			***		
p v*s	*			*			ns			ns			ns			ns			ns			ns		

¹ CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', Ti 'Tiberio', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'

² In each column, different letter indicates a significant difference among cultivar or ripening stage ($p < 0.05$).

³p values: * ($p < 0.05$); ** ($p < 0.01$); *** ($p < 0.001$)

IV. Resultados

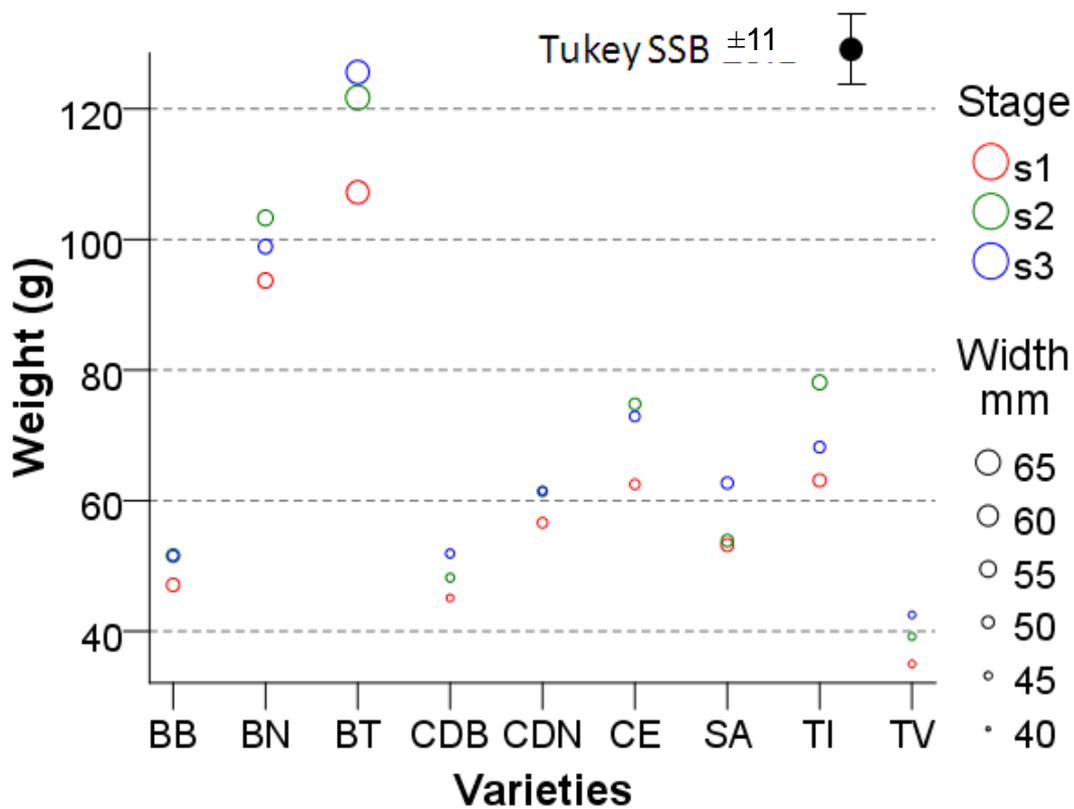


Figure 1.- Weight and width of the brebas of nine fig tree varieties grown in Extremadura. BB 'Blanca Bétera', BN 'Banane', BT 'Brown Turkey', CDB 'Cuello Dama Blanco', CDN 'Cuello Dama Negro', CE 'Colar Elche', SA 'San Antonio', Ti 'Tiberio', TV 'Tres Voltas L'Any'. SSB: Statistical significance bar using the Tukey HSD test.

IV. Resultados

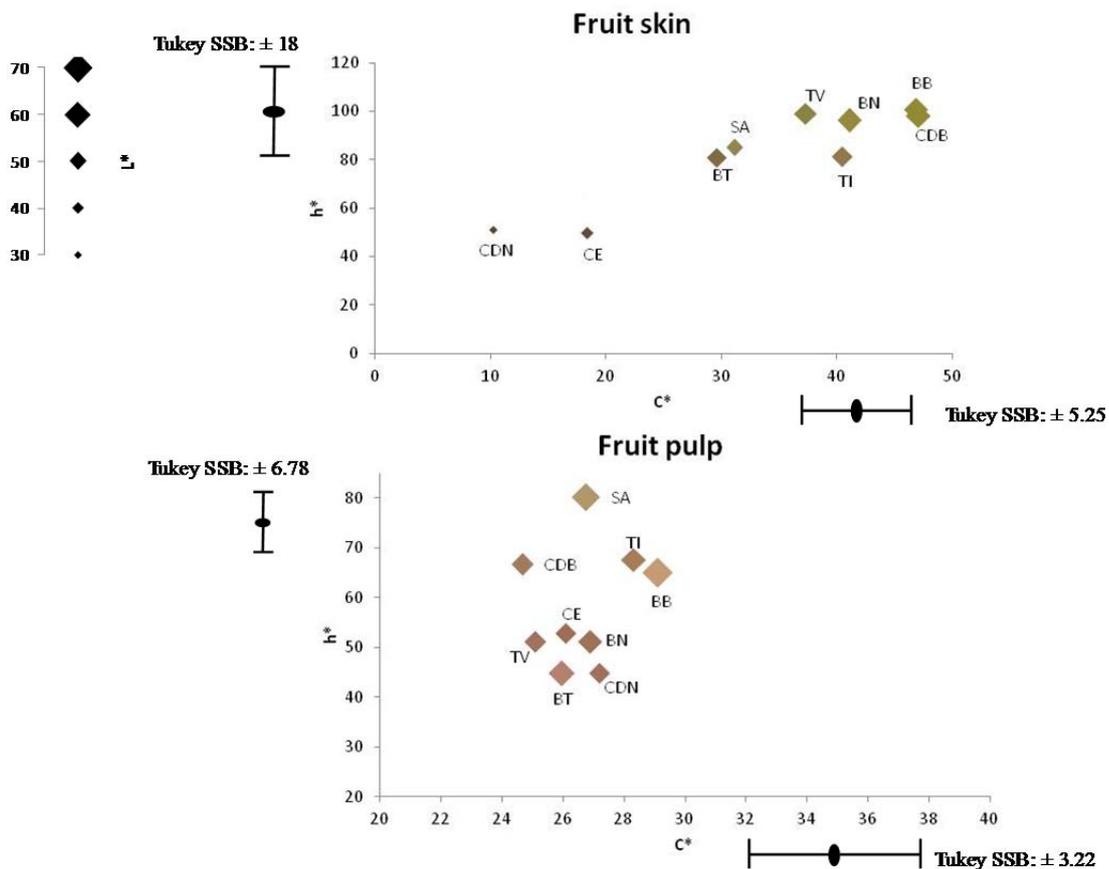


Figure 2.- Values of color parameters (L^* , C^* , h^*) for skin and flesh of the ten varieties of brebas studied. CDB ‘Cuello Dama Blanco’, BT ‘Brown Turkey’, Ti ‘Tiberio’, SA ‘San Antonio’, CDN ‘Cuello Dama Negro’, BN ‘Banane’, CE ‘Colar Elche’, TV ‘Tres Voltas L’Any’, BB ‘Blanca Bétera’ RD ‘De Rey’. SSB: Statistical significance bar using the Tukey HSD test.

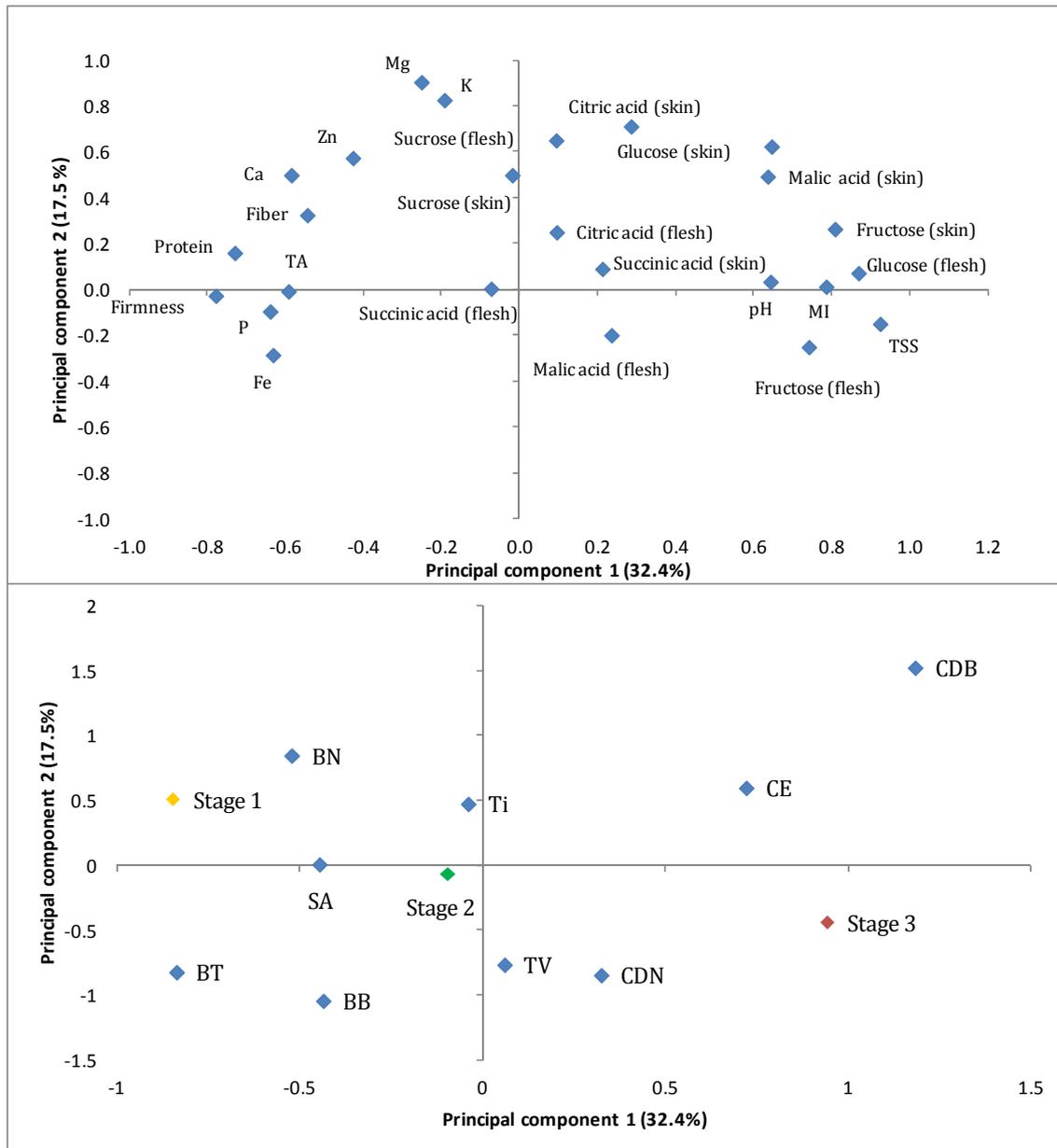


Figure 3.- Loading plot and score plot after principal component analysis of the variables and individuals in the plane by two first principal components (PC1 and PC2). CDB ‘Cuello Dama Blanco’, BT ‘Brown Turkey’, Ti ‘Tiberio’, SA ‘San Antonio’, CDN ‘Cuello Dama Negro’, BN ‘Banane’, CE ‘Colar Elche’, TV ‘Tres Voltas L’Any’, BB ‘Blanca Bétera’, TA ‘Titrable Acidity’, TSS ‘Total Soluble Solids’, MI ‘Maturation Index’.

IV. Resultados

IV.2.2.Artículo 4: “Characterization of nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in Extremadura (Spain) for fresh consumption”

1 **Characterization of nine fig varieties (*Ficus carica* L.) grown in**
2 **Extremadura (Spain) for fresh consumption**

3 Cristina Pereira[†], Manuel Joaquín Serradilla ^{‡*}, Margarita López Corrales[†],
4 María del Carmen Villalobos^{‡,§}, María de Guía Córdoba^{‡,§}, Alberto Martín ^{‡,§}

5 [†]Finca La Orden-Valdesequera Research Center (CICYTEX). Horticulture.
6 Government of Extremadura. Autovía Madrid-Lisboa s/n, 06187 Badajoz, Spain.

7 [‡]Agri-Food Technology Institute of Extremadura (INTAEX-CICYTEX). Plant
8 Food. Government of Extremadura. Avda. Adolfo Suárez s/n, 06071 Badajoz, Spain.

9 [§]Food Science and Nutrition, School of Agricultural Engineering, University
10 of Extremadura, Avda. Adolfo Suárez s/n, 06071 Badajoz, Spain.

11 [§]University Institute of Agricultural Resources (INURA). University of
12 Extremadura. Avda. De Elvas, s/n, 06007. Badajoz, Spain.

13

14 * Corresponding author

15 Tel.: +34 924 010431; fax: +34 924 012674

16 E-mail address: manuel.serradilla@gobex.es

17

18 **Abstract**

19 The purpose of this work was to study physicochemical and nutritional
20 characteristics of figs for fresh consumption from nine fig tree varieties grown in
21 Extremadura and at different commercial ripening stages. Weight, size, and quality
22 parameters as firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pH,
23 maturation index (MI), and colour were determined. Nutritional compounds of figs
24 as sugars, organic acids in skin and flesh, protein, crude fiber, and minerals were
25 also analyzed, and the results compared among varieties and ripening stages. The
26 figs with the highest weight and size were the 'Brown Turkey' and 'Banane'. High
27 values of fiber, protein and minerals were associated with the early ripening stage
28 of the fruits and varieties such as CDN and TV. In contrast, the samples with higher
29 values of glucose and fructose in flesh, TSS, and MI were related to later ripening
30 stage and varieties such as DR, CDB and SA. No clear behaviour due to variety or
31 commercial stage factors was observed for organic acids.

32

33 **Keywords:** *Ficus carica* L., figs, ripening stage, physic-chemical parameters,
34 compositional analysis.

35

36 1. Introduction

37 Fig fruits (*Ficus carica* L.) are highly nutritious fruits and are consumed
38 either fresh or dried around the world (Trichopoulou et al., 2006; Solomon, et al.,
39 2006). Additionally, they are considered as an excellent source of minerals and
40 vitamins; showing low level in sodium and have no fat and cholesterol and contain
41 large amounts of various amino acids and rich in fiber. Like other fruits, figs
42 display high amount sugars and organic acids that influence their quality. The daily
43 intake of fresh figs is increasing due to the demand from consumers that are
44 showing a great interest in this kind of fruit (Stover et al., 2007). The fig quality are
45 usually influenced by the genotype and ripening stage as well as environmental
46 conditions and orchard management practises (Botti et al., 2003; Babazadeh
47 Darjazi, 2011; Crisosto et al., 2010; Veberic et al., 2008).

48 The cultivation of fig tree is widespread all over Spain, being Extremadura
49 the main Spanish producing area of figs. Fig tree is considered as a traditional crop
50 in Extremadura, whose main destination is for dried fig production, although a
51 small percentage of the production is harvested for fresh fig consumption.
52 Extremadura is located in the Southwest of Spain. It is characterized by a
53 Mediterranean climate with hot and dry summers and mild, wet winters (Pereira
54 et al., 2015).

55 The Scientific and Technological Research Centre of Extremadura
56 (CICYTEX-‘Finca La Orden’) in Guadajira (Badajoz) is considered as the reference
57 centre of fig tree in Spain, due mainly to the existence of the National Germplasm
58 Bank of fig tree with over 200 different varieties. Nowadays, there is little
59 information on the biochemistry and nutritional properties of figs of varieties
60 grown in this National Germplasm Bank. Therefore, it would be interesting
61 evaluate physicochemical and nutritional parameters of some varieties selected,
62 according to their potential use for either fresh or dried, for ensuring the quality
63 fruit for fresh consumption as well as establishing the optimal time of harvest for
64 each variety under test and thus enabling delivery of fruit to consumers in its best
65 condition in terms of nutritional, sensory and functional properties (Ornelas-Paz et
66 al., 2013; Serradilla et al., 2011; Serrano et al., 2005; 2009).

IV. Resultados

67 On the other hand, the ripening stage of fruit when are harvested is one of
68 the most important factors that affecting to fruit quality and shelf-life during
69 postharvest life. Therefore, figs must be collected in a ripening stage that allows
70 transport, distribution and storage without risk of mechanical damage or spoilage
71 (Hernández et al., 2003). Thus, the objective of this work was to study
72 physicochemical and compositional parameters of figs from nine varieties grown
73 under Extremadura conditions throughout the ripening process for establishing
74 the optimal time of harvest in order to achieve the best nutritive properties of figs
75 for fresh consumption

76 **2. Materials and methods**

77 2.1 Plant material

78 This study was conducted using nine fig varieties grown in an experimental
79 orchard located at an altitude of 217 m above sea level at the Finca “La Orden” of
80 the Scientific and Technological Research Centre of Extremadura (CICYTEX) (WGS
81 -89, latitude 38° 51 7.78" N, longitude 6° 40' 16.59" W, Guadajira, Badajoz, Spain).

82 The fig varieties studied were ‘De Rey’, ‘Cuello Dama Blanco’ (also known as
83 ‘Kadota’), ‘Brown Turkey’, ‘San Antonio’, ‘Cuello Dama Negro’, ‘Banane’, ‘Colar
84 Elche’ (also known as ‘Black Mission’), ‘Tres Voltas L’Any’ and ‘Blanca Bétera’. All
85 of these varieties are considered as ‘Common type’, producing figs
86 parthenocarpically. The plant material came from cuttings of National Fig
87 Germplasm Bank located in CICYTEX. These varieties were selected among those
88 available in our collection based on fruit quality traits for fresh consumption such
89 as weight, size and texture. The experimental design of this trial, established in
90 2007, was carried out by 4 randomized blocks (3 trees per block) with a planting
91 density of 5 m x 4 m. Fig samples were collected at random from 3 trees of each
92 block for each variety during two consecutive biological cycles (2011 and 2012).
93 The fruits were grouped into 3 ripening stages in accordance with the field
94 technician and based on texture and skin colour. For all cases, the ripening stage 2
95 corresponds to commercial maturity. Three replicates of ten homogeneous and
96 healthy fruits for each ripening stage and variety were established for weight,

97 width, colour, quality parameters, protein, fiber and minerals determinations. For
98 analyses of sugars and organic acids, samples were frozen, packed in plastic bags
99 and stored at -80° C. All of the other analyses were conducted using fresh fruit.

100 2.2. Physic-chemical parameters

101 2.2.1 Weight and width

102 Ten figs were selected randomly from each ripening stage and variety. Their
103 weights, in grams, were determined using Mettler AE-166 balance, and fruit width,
104 in mm, using a DL-10 digital micrometer (Mitutoyo, Kawasaki, Japan).

105 2.2.2. Colour

106 The skin and flesh colours of ten figs from each ripening stage and variety
107 were measured using a spectrophotometer Konica Minolta CM600. Chromatic
108 analyses were conducted in accordance with the CIELab system. Values of L*, a*
109 and b* were used to define a three-dimensional color space and interpreted as
110 follows: L* indicates lightness, with values ranging from 0 (completely opaque or
111 'black') to 100 (completely transparent or 'white'). A positive a* value indicates
112 redness on the hue circle and a positive b* value indicates yellowness. The hue
113 angle (h*) expresses the colour nuance and the chroma (C*) is a measure of
114 chromaticity, which defines the purity or saturation of the colour (Little, 1975).

115 2.2.3. Firmness

116 The firmness of ten figs from each sample was measured using a TA.XT2i
117 Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Godalming, UK) connected to computer.
118 Force was applied to produce a 6% deformation by a 100 mm aluminium plate.
119 The slope was determined in the linear zone of the force–deformation curve and
120 the results were expressed as N mm⁻¹.

121 2.2.4. Soluble solids, titratable acidity, pH and maturation index

122 Total soluble solids (TSS), pH, titratable acidity (TA) and maturation index
123 (MI) were measured for each ripening stage and variety. Ten figs were

IV. Resultados

124 homogenised using model Braun 5 hand processor blender. TSS values were
125 measured using model RM40 Mettler Toledo digital refractometer. Results are
126 expressed as °Brix.

127 TA and pH were determined in the same juice for each replicate in 5 g de
128 figs aliquots diluted to 50 mL with de-ionised water from a Milli-Q water
129 purification system (Millipore, Bedford, MA). Analyses were conducted using an
130 automatic titration Mettler Toledo T50 Compact Stirrer. Samples were titrated
131 with 0.1 M NaOH up to pH 7.8. Results are expressed as g citric acid equivalent per
132 100 g fresh weight (FW).

133 The maturation index (MI) was calculated as the ratio between TSS (°Brix)
134 and TA (g citric acid per 100 g of FW).

135 2.3. Compositional analysis

136 2.3.1. Sugars and organic acids

137 Sugars were measured both in skin and flesh and determined by high
138 performance liquid chromatography (HPLC Agilent 1200) with refractive index
139 (RI) detector, using 1 g of skin or flesh prepared from fruit defrosted diluted to 10
140 mL with de-ionized. Glucose, fructose and sucrose results are expressed as g per kg
141 of FW.

142 Organic acids were also analysed in the same fractions with a liquid
143 chromatography (Agilent 1200), using a Supelcogel C610H column and a UV
144 detector set at 210 nm. Calibrations were carried out for each acid: malic, citric and
145 succinic acids were purchased from Sigma Aldrich (Madrid, Spain). Results are
146 expressed as g per kg of FW.

147 2.3.2. Protein and crude fiber

148 Total nitrogen content was determined for direct combustion method LECO
149 ® / Dumas and the percentage of protein was determined from total nitrogen
150 content, using the correction factor 6.25. Results were expressed in mg per 100 g
151 of dry material (DM).

152 Crude fiber was measured according to Association of official Analytical
153 Chemists (AOAC) Approved Procedure Ba 6a-05 by a fiber automatic analyzer
154 Ankom 2000 through digesting with 0.255N H₂ SO₄ and 0.313N NaOH.

155 2.3.3. Minerals

156 Ten fresh figs were weighed and dried at 65°C during 2 days. On the other
157 hand, these fruits were cut in small pieces and frozen. Dried samples were ground
158 in a mortar to a fine powder. After that, 1 g of dry matter (DM) in a porcelain cup
159 was ashes in a muffle oven at 550°C for 1 day. Once calcined, samples were
160 digested in 2 mL distilled water and 1mL of HCl (37%). The corresponding solution
161 was heated until white fumes had appeared. The clear solution was diluted up to
162 100 mL with distilled water and filtered with whatman filter paper. The standard
163 working solutions of elements of interest were prepared to make the standard
164 calibration curve.

165 Mineral elements potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), zinc (Zn)
166 and iron (Fe) were analysed by atomic absorption spectrometry (AAS), whereas
167 phosphorus (P) was determined by a colorimetric reaction with a
168 spectrophotometer at 430 nm. Mineral analysis was done according to official
169 method of plants (AOAC, MAGRAMA, 1986).

170 2.4 Statistical analysis

171 Statistical analysis of the data was carried out using SPSS for Windows, 19.0
172 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Physicochemical and nutritional characteristics were
173 studied by analysis of variance (ANOVA). This analysis allowed for a comparison of
174 the mean differences between groups that have been split on two dependent
175 between-subject factors: 'variety' and 'ripening stage'. For the comparison of mean
176 values, Tukey's honestly significant difference (HSD) test ($p \leq 0.05$) was used. The
177 relationships among the parameters studied were evaluated by principal
178 component analysis (PCA).

179

180 **3. Results and discussion**

181 3.1 Weight and width

182 The relationship between weight and width from figs of nine varieties
183 studied are shown in Figure 1.

184 Figs with the highest weight and width were obtained from the variety
185 'Brown Turkey' with 68.6 g and 52.2 mm, respectively, followed by 'Banane' with
186 values of 59.9 g and 46.2 mm and 'San Antonio' with 53 g and 46.3 mm
187 respectively. However, the variety 'Tres Voltas L'Any' had the lowest with 27.9 g
188 for weight and 36.5 mm for width.

189 Similarly results were observed by Çalışkan and Polat., (2008, 2012a), who
190 reported that weight and width values ranged between 22.2-52.2 g for weight and
191 31.9-44.4 mm for width in several varieties from Turkey.

192 According to the fruit widths given in the fig descriptor list (IPGRI and
193 CIHEAM, 2003), figs of 'Brown Turkey' were characterized by being fruit large,
194 while 'Banane', 'San Antonio' and 'Blanca Bétera' were fruit medium. Finally, the
195 rest of varieties showed a small width.

196 Sánchez et al., (2003) found lower values than those of our study in four fig
197 varieties grown in Spain such as 'Colar', 'Florancha', 'Tio Antonio' and 'Gobernador'
198 with values ranged between 35-46 g for weight and 39.6-41.2 mm for width. These
199 differences could be due to genotypic diversity, ripening stage, environmental
200 conditions on fruit characters (Çalışkan and Polat., 2012b; Crisosto et al., 2011).

201 Both weight and width showed a significant increase during the ripening
202 process among maturation stages tested. Stage 3 presented the highest weight and
203 width in all varieties. This trend was also observed by Crisosto et al., (2010) for
204 figs from the same varieties but grown in California, showing an increase in weight
205 between commercial maturity and tree ripen. Ornelas et al., (2013) also observed
206 this increased along fruit ripening.

207

208 3.2. Physic-chemical parameters

209 3.2.1. Colour

210 Significant differences ($p < 0.05$) were found in colour parameters (L^* , C^* ,
211 h^*) among varieties both in skin and flesh (Figure 2). The values of L^* , C^* and h^*
212 ranged between 29.8-65.6 (L^*); 3.5-47.6 (C^*) and 73.6-256.4 (h^*) for fruit skin
213 colour and 46.6-57.8 (L^*); 22.3-27.1 (C^*) and 46.2-73.2 (h^*) for fruit flesh colour.
214 The skin colour of each variety varied from light-green such as 'Banane', 'Tres
215 Voltas L'Any' and 'Blanca Bétera', yellow-green 'Cuello Dama Blanco', brown-
216 purple in 'Brown Turkey' and 'San Antonio' and to black in 'Cuello Dama Negro',
217 'Colar Elche' and 'De Rey', while flesh colour ranged from amber such as 'San
218 Antonio', 'Cuello Dama Blanco' and 'De Rey', pink in 'Blanca Bétera' and to red
219 'Brown Turkey', 'Banane', 'Cuello Dama Negro' 'Colar Elche' and 'Tres Voltas L'Any'
220 (Figure 2).

221 In general, the lowest L^* , C^* and h^* values are associated with dark skin
222 colours, whereas the highest values of these colour parameters are consistent with
223 light skin colours. This trend was observed by Crisosto et al., 2010 in figs from
224 'Mission', 'Brown Turkey', 'Kadota' and 'Calimyrna' varieties grown in California.
225 Other authors such as Çalişkan et al. (2012ab), Solomon et al. (2006), Yalcinkaya et
226 al. (2007) and Veberic et al. (2008) also reported regarding the same tones for skin
227 and flesh colour in fig varieties. The effect of ripening in skin and flesh colour, in
228 general, all of the colour parameters (L^* , C^* , h^*) showed a marked decline during
229 ripening process due to an accumulation of anthocyanins and a loss of chlorophylls
230 depending on each variety (Solomon et al., 2006; Crisosto et al., 2011). During the
231 ripening process, brown and purple varieties became more black, whilst light-
232 green skin colour varieties become more yellow-green through to the end of
233 ripening. These results are consistent with those of Crisosto et al. (2010) and
234 Çalişkan and Polat (2011; 2012a), who also observed the same evolution of skin
235 colour in different varieties.

236 The fruit skin and flesh colour of fresh figs is especially important in order
237 to establish which are consumer preferences as well as the assessment of the

IV. Resultados

238 status of ripening of figs (Tsantili, 1990). In general, fresh figs with pink and red
239 flesh colour are preferred by consumers for fresh consumption (Çalışkan et al.,
240 2012ab).

241 3.2.2 Firmness

242 Firmness values are shown in the Table 1. Firmness fluctuated between 1.0
243 and 1.9 N mm⁻¹ respectively. The variety 'San Antonio' showed the highest
244 firmness value with 1.9 N mm⁻¹ followed by 'Banane', 'Colar Elche' and 'Blanca
245 Bétera' with both 1.7 N mm⁻¹ and 'De Rey', 'Brown Turkey' and 'Cuello Dama Negro'
246 with both 1.6 N mm⁻¹. Conversely, 'Cuello Dama Blanco' and 'Tres Voltas L'Any'
247 showed the lowest firmness values (1.0 and 1.3 N mm⁻¹). These results are
248 agreement with those of Villalobos et al. (2015) for 'Cuello Dama Blanco' and
249 'Cuello Dama Negro' varieties at the beginning of storage.

250 Significant differences were found among varieties, ripening stage and
251 interaction variety*stage (Table 1). In general, firmness is strongly affected by
252 ripening stage since its tendency is to decrease during fruit growth process
253 (Ornelas et al., 2013). For this reason, stage 3 showed the lowest values of firmness
254 (0.8 N mm⁻¹) while, on the contrary, stage 1 showed the highest values (2.6 N mm⁻¹)
255 for all varieties tested. This loss of firmness is due to changes in the structure of
256 the cell wall by dissolution of the middle lamella and disruption of the primary cell
257 wall (Valero y Serrano, 2010). Additionally, Crisosto et al. (2010) reported on a
258 rapid decrease in fruit firmness during the ripening process. This behaviour was
259 also observed by other authors for other fruits (Ornelas-Paz et al., 2013; Serradilla
260 et al., 2012). These changes occurred in firmness during maturation it might cause
261 that fruits are more susceptible to mechanical damage during transport and
262 storage and consequently to infection by microorganisms (Tsantili, 1990).
263 Therefore, it is advisable to provide an optimum point of maturity with respect to
264 fruit firmness.

265 3.2.3 Soluble solids, titratable acidity, pH and maturation index

266 Mean values for total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pH and
267 maturation index (IM) (TSS/TA) of figs are presented in Table 1.

268 Significant differences were observed in all parameters tested among
269 varieties and ripening stages. The mean values of TSS for nine varieties of figs
270 ranged between 16.1 °Brix and 23.1°Brix. 'De Rey' and 'Cuello Dama Negro' were
271 varieties that showed the highest values of TSS (23.1°) followed by 'Cuello Dama
272 Blanco' and 'Tres Voltas L'Any' with 21.1°Brix. Conversely, 'San Antonio' and
273 'Banane' presented figs less sweetness. Several authors also obtained similar
274 ranges of TSS for these same varieties (Chessa, 1997; Crisosto et al., 2010; Aksoy et
275 al., 2003; Çalışkan and Polat, 2008, 2012a; Küden et al., 2008). Additionally,
276 Crisosto et al. (2010) also found that figs from 'Kadota', also called 'Cuello Dama
277 Blanco', were those that showed the highest levels of TSS. On the other hand, TSS
278 content increased from stage 1 (18.1 °Brix) to stage 3 (22.9 °Brix) (Table 1).
279 Similar results were reported by Crisosto et al. (2010), who also found an increase
280 of TSS content from commercial maturity to tree ripe.

281 pH levels varied between 5.4-6.2. The lowest pH values were obtained from
282 figs of 'Cuello Dama Negro' and 'Blanca Bétera' varieties with 5.4 and 5.5
283 respectively, while the highest pH values were observed for 'De Rey', 'San Antonio'
284 and 'Cuello Dama Blanco' (Table 1), whose values ranged between 6.1 and 6.2. pH
285 plays an important role on sensory quality of fruits due to it is related mainly to the
286 perception of sweetness (Gunnes et al., 2009).

287 With respect to TA, concentrations varied from 0.07 to 0.1 g citric acid 100g
288 ⁻¹ FW. 'Cuello Dama Negro', 'showed the highest TA values 0.2 g citric acid 100g ⁻¹
289 FW, while 'Cuello Dama Blanco' showed less acidity. Our results were lower than
290 those of Crisosto et al. (2010) for figs grown in California. It can be explained by
291 the influence of environmental conditions on fig fruit quality (Crisosto et al., 2011).
292 In addition, TA decreased significantly from stage 1 to stage 3. This tendency was
293 also found by Crisosto et al. (2010) in figs.

294 Regarding IM, values ranged 132.9 ('Cuello Dama Negro') to 302.1 ('Cuello
295 Dama Blanco'). The figs of 'Cuello Dama Blanco' showed the highest values of MI
296 (302.1), followed by 'San Antonio' (248.7), 'Brown Turkey' (244) and 'De Rey' with
297 227.3. However, 'Cuello Dama Negro' and 'Colar Elche' showed figs with the lowest
298 values of MI with 132.9 and 156.3. This ratio is used as an index of consumer

IV. Resultados

299 acceptability and fruit quality (Valero y Serrano, 2010). The perceived sweetness
300 depends on TSS/TA ratio, whose tendency is to increase TSS/TA ratio during the
301 ripening process (Gunnes et al., 2009). Significant differences among ripening
302 stages ranged of 161 (stage 1) to 241.7 (stage 3). In general, TSS/TA ratios
303 obtained in this study were extremely higher than those obtained by Crisosto et al.
304 (2010) at two different ripening stages for the same varieties.

305 3.3. Compositional analysis

306 3.3.1. Sugars and organic acids

307 The sensory characteristics of fruits are influenced by the content and
308 distribution of organic acids and sugars (Bae et al., 2014). The relative content of
309 these constituents depends on the activity and the interaction of sugar and acid
310 metabolism and is directly correlated with genotype, ripening stage and storage
311 conditions (Valero and Serrano, 2010; Ornelas-Paz et al., 2013). Therefore, sugars
312 plays an important role consumer acceptance (Feliciano et al., 2010).

313 The contents of sugars and organic acids found in skin and flesh are given in
314 Table 2 and 3. Regarding sugars, glucose was the main sugar, followed by fructose
315 and sucrose. These findings were also observed by Aljane et al. (2009); Melgarejo
316 et al., 2003; Veberic et al. (2008); Slatnar et al. (2011) and Trad et al. (2014) in
317 fresh figs. Figs have been described as rich fruits in sugars, specially glucose and
318 fructose, being the most important the glucose (Slatnar et al., 2011; Tsantili, 1990;
319 Trad e t al., 2014; Veberic et al., 2008). Significant differences were found between
320 skin and flesh with respect to the content of glucose and fructose. Glucose values
321 ranged from 53.7 g kg⁻¹ fresh weight to 99.8 g kg⁻¹ of FW for skin while in the
322 flesh values ranged between 44 g kg⁻¹ of FW and 80.6 g kg⁻¹ of FW. With respect
323 to skin, figs of 'Cuello Dama Blanco' showed the highest values for glucose with
324 99.8 g kg⁻¹ of FW followed by 'De Rey' and 'San Antonio' with 94.2 and 71.9 g kg⁻¹
325 of FW respectively. Additionally, for flesh, 'Cuello Dama Blanco' also showed the
326 highest content for glucose 80.6 g kg⁻¹ of FW followed by 'Cuello Dama Negro' and
327 'Colar Elche' with 77 and 73.8 g kg⁻¹ of FW respectively. 'Banane' had the lowest
328 amount in glucose both skin and flesh.

329 For fructose, values ranged from 57.9 g kg⁻¹ of FW to 86.3 g kg⁻¹ of FW for
330 skin, while for flesh values ranged between 57 and 78.3 g kg⁻¹ of FW. However,
331 this case, 'Banane' showed the highest values for fructose in skin with 86.3 g kg⁻¹
332 of FW followed by 'Cuello Dama Blanco' and 'De Rey' with 85.3 and 81.7 g kg⁻¹ of
333 FW respectively. Conversely, in flesh, it was 'De Rey' which showed the highest
334 content for glucose with 78.3 g kg⁻¹ of FW followed by 'Cuello Dama Negro' and
335 'Cuello Dama Blanco' with 77.1 and 75.5 g kg⁻¹ of FW. Finally, 'Brown Turkey'
336 showed figs with the lowest amount of fructose both skin and flesh.

337 These values of glucose and fructose confirm the findings obtained by
338 Melgarejo et al. (2003), who found that the content of glucose was higher than
339 fructose in varieties grown in the Southeast Spain, whilst Aljane et al. (2009) in
340 fresh figs from Tunisia and Veberic et al. (2008) in figs from Slovenia obtained
341 similar values than those obtained from this study, but in contrast, these results
342 were higher than those of Trad et al. (2014). All varieties tested showed low
343 amount of sucrose in the skin and in the flesh, ranging between 0.2 - 2.8 g kg⁻¹ of
344 FW for skin and 0.1 - 2.2 g kg⁻¹ of FW for flesh. For skin, figs of the variety 'Banane'
345 showed the highest values with 2.8 g kg⁻¹ of FW followed by 'De Rey' with 2.1 and
346 'Brown Turkey' with 1.9 g kg⁻¹ of FW. On the other hand, in flesh, figs of the variety
347 'Tres Voltas L'Any' showed the highest with 2.2 g kg⁻¹ of FW followed by 'Banane'
348 and 'De Rey' with 1.6 and 1.1 g kg⁻¹ of FW respectively. Our results were higher
349 than those obtained by Çalişkan and Polat. (2011; 2012) for varieties from Turkey.
350 In addition, Melgarejo et al. (2003) and Veberic et al. (2008) also showed low
351 amounts in sucrose.

352 During the ripening process, different behaviours were observed, glucose
353 increased its levels whilst fructose and sucrose decreased both in skin and flesh.
354 Glucose values from skin ranged from 60.5 (stage 1) to 90.5 g kg⁻¹ of FW(stage 3)
355 and between 58.9 (stage 1) and 74.6 g kg⁻¹ of FW (stage 3) for flesh. For fructose,
356 values varied between 53.5 (stage 1) and 84.2 g kg⁻¹ of FW (stage 3) for skin and
357 55.1 (stage 1) and 78.8 g kg⁻¹ of FW (stage 3) for flesh. On the other hand, the
358 sucrose amount was decreased throughout the ripening process from with values
359 of 1.7 (stage 1) to 0.8 g kg⁻¹ fresh weight (stage 3) for skin and 1.2 (stage 1) and 0.6
360 g kg⁻¹ for FW(stage 3) for flesh. This tendency shown by glucose, fructose and

IV. Resultados

361 sucrose during ripening was also observed by Kafkas et al. (2007) and Sturm et al.
362 (2003) in strawberries.

363 The results for organic acids showed significant differences among varieties
364 both skin and flesh (Table 2 and 3). The present study, the most abundant organic
365 acid was malic acid in skin and flesh. A similar behaviour has been observed by
366 Melgarejo et al., 2003 and Slatnar et al., 2011.

367 For skin, the values for citric acid ranged between 0.1-1.2 g kg⁻¹ of FW, 0.9-
368 3.4 g kg⁻¹ of FW for malic acid and 1.1-4.0 g kg⁻¹ of FW for succinic acid. However,
369 for flesh, values varied between 0.8-3.6 g kg⁻¹ of FW for citric acid, 0.8-6.9 g kg⁻¹ of
370 FW for malic acid and 0.3-2.1 g kg⁻¹ of FW for succinic acid. On the other hand, 'De
371 Rey' and 'San Antonio' showed the highest amounts in citric acid with 1.4-1.2 g kg⁻¹
372 of FW for skin. Meanwhile, 'Cuello Dama Blanco', 'Tres Voltas L'Any' and 'Blanca
373 Bétera' showed the highest levels of malic acid with 3.4 and 3.1 g kg⁻¹ of FW
374 respectively. The varieties 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco' and 'Blanca Bétera'
375 presented the highest content of succinic acid (4.6, 4.8, 4.0 g kg⁻¹ of FW
376 respectively). Conversely, the flesh of figs showed higher content of malic acid
377 followed by citric acid and succinic acid, although these values were higher than
378 values obtained from skin. The figs of the varieties 'Brown Turkey' and 'Tres Voltas
379 L'Any' had the highest citric acid levels with 43.6 and 3.2 g kg⁻¹ of FW, whilst
380 'Cuello Dama Negro' and 'Tres Voltas L'Any' were those that showed the highest
381 values of malic acid with 6.9 and 4.3 g kg⁻¹ of FW. On the other hand, 'San Antonio'
382 and 'Cuello Dama Negro' showed the highest values of succinic acid with 2.1 and
383 1.9 g kg⁻¹ of FW.

384 In other fruits such as sweet cherries, peaches or apricots, the amounts
385 obtained from citric acid and malic acid were higher than those obtained from figs
386 (Serradilla et al, 2011; Kafkas et al, 2007 and Colaric et al., 2005).

387 In our research, during the ripening process, there was no significant
388 differences among ripening stages tested, although the content of organic acids
389 was decreasing through to the end of ripening. Values were higher in the flesh than
390 in the skin and moreover a slight non-significant decrease was observed during

391 ripening for the content of organic acids. For skin, the amounts of citric acid were
392 0.6 g kg⁻¹ of FW (stage 1 and 3), 2.3 (stage 1) - 2.7 g kg⁻¹ of FW (stage 3) for malic
393 acid and 2.9 (stage 3) -3.2 g kg⁻¹ of FW(stage 1) for succinic acid. On the other
394 hand, for flesh, the values for citric acid were 2.2 g kg⁻¹ of FW(stage 1) and 2.1 g kg⁻¹
395 of FW (stage 3), 3.7 g kg⁻¹ of FW (stage 1) and 3.1 g kg⁻¹ of FW (stage 3) for malic
396 acid and finally, 2.0 g kg⁻¹ of FW (stage 1) and 1.2 g kg⁻¹ fresh weight (stage 3) for
397 succinic acid. This slight decrease along ripening was observed by Slatnar et al.
398 (2011) in fresh figs and dried figs. The organic acids contribute greatly to fruit
399 titrable acidity and generally, the concentration of organic acids is more elevated
400 at early ripening stages and then decreases gradually during the ripening process (
401 Bae et al., 2014).

402 3.3.2. Protein and crude fiber

403 The average values of protein for figs of nine fig tree varieties (Table 4)
404 ranged between 4.1 and 5.1 g 100 g⁻¹ of DW. The varieties 'Tres Voltas L'Any', 'De
405 Rey', 'Colar Elche' and 'Cuello Dama Blanco' showed the highest protein content
406 with 4.8 and 5.1 g 100 g⁻¹ of DW. In contrast, 'Blanca Bétera' and 'San Antonio' had
407 the lowest amounts with 4.3 and 4.2 g 100 g⁻¹ of DW respectively. On the other
408 hand, significant differences were found among ripening stages, showing a
409 significant decrease from stage 1 (4.9 g 100g⁻¹ of DW) to stage 3 (4.4 g 100 g⁻¹ of
410 DW).

411 Wendeln et al. (2000) found similar values of protein in figs grown Panama.
412 Conversely, Sadia et al. (2014) obtained higher protein values (8.6%) in figs grown
413 Pakistan and other *Ficus* ssp. than those of our research. The values of protein our
414 study are lower than the obtained by Feliciano et al. (2001) in apples from
415 Portugal.

416 Regarding crude fiber, the values ranged between 4.6 g 100 g⁻¹ of DW in
417 'Blanca Bétera' and 9.3 g 100 g⁻¹ of DW for 'Tres Voltas L'Any'. Figs of 'Tres Voltas
418 L'Any' showed the highest content in fiber with 9.3 g 100 g⁻¹ of DW followed by
419 'Cuello Dama Negro' and 'Banane' with 9-8.5 g 100 g⁻¹ of DW. However, figs of
420 'Blanca Bétera' had less fiber (4.6 g 100 g⁻¹ of DW). Significant differences were

IV. Resultados

421 observed among ripening stages, showing a significant decrease among ripening
422 stages. Stage 1 showed the highest values in fiber with 8.3 g 100 g⁻¹ of DW whilst
423 stage 3 had the lowest values (6 g 100 g⁻¹ of DW). These results are higher than
424 those described in fresh figs (2mg) (USDA, 2016). However, results obtained in this
425 study were below those obtained by Sadia et al. (2014), who demonstrated 14.2%
426 crude fiber content in the species *Ficus carica*. On the contrary, Tanwar et al.
427 (2014) showed lower values (1.2%) than those obtained in this study in fig flesh.
428 Gorinstein et al. (2001) and Feliciano et al. (2010) obtained lower total fiber in
429 peels of lemons and orange and in apples from Portugal.

430 3.3.3. Minerals content

431 The main mineral elements of figs of nine fig tree varieties tested are shown
432 in the Table 4. Mineral contents in plants are known to be affected by genotype,
433 environmental conditions during growing, stage of ripening, soil chemistry,
434 fertilization and irrigation (Khan et al., 2011; Aljane et al., 2007,2009; Soetan et al.,
435 2010; Hardison et al., 2001).

436 Regarding minerals, potassium was the major mineral element found in all
437 varieties. Its range of variation was from 0.6 to 1.1 g 100 g⁻¹ of DW. This tendency
438 were also observed for Sadia et al. (2014), Khan et al. (2011), Aljane et al. (2007;
439 2009) and Ersoy et al., 2003. Calcium was the second most abundant mineral
440 ranging from 0.2-0.3 g 100 g⁻¹ of DW. The amounts of potassium and calcium in
441 this study were comparable with those obtained from fig varieties of Turkey
442 (Aljane et al., 2007, 2009), although these values were lower than those found by
443 Khan et al. (2011) and Vinson et al. (2005) in figs and dried fruits. P and Mg values
444 ranged from 0.1 to 0.2 g 100g⁻¹ of DW for all varieties. Similar amounts were
445 observed by Khan et al. (2011) for Mg whilst amounts for P were lower than those
446 of fig varieties from Pakistan. On the other hand, Fe and Zn were found in smaller
447 amounts with a range of 23.1-35.3 ppm for Fe and 4.9-6.9 ppm for Zn. In other
448 fruits such as persimmons and apples, Gorinstein et al. (2001) and Feliciano et al.
449 (2010) obtained from lower values of Fe and Zn than in our study.

450 The variety 'Cuello Dama Negro' showed the highest amount in K with
451 values ranged from 1.1 g 100 g⁻¹ of DW followed by 'Brown Turkey', 'Colar Elche'
452 and 'Tres Voltas L'Any' and 'Blanca Bétera' with 0.8 g 100 g⁻¹ of DW respectively.
453 The varieties with the highest levels of Ca were 'De Rey', 'Brown Turkey', 'Cuello
454 Dama Negro', 'Banane', 'Colar Elche' and 'Tres Voltas L'Any' with 0.3 g 100 g⁻¹ of
455 DW. Conversely, the variety 'Cuello Dama Negro' was the variety with the highest
456 content of Mg (0.2 g 100 g⁻¹ of DW). All varieties showed P values that ranged
457 around 0.1 g 100 g⁻¹ of DW without significant differences them. The varieties
458 'Brown Turkey', 'Cuello Dama Blanco' and 'San Antonio' had the highest values in
459 Fe with 35.3, 33.2 and 30.1 ppm respectively, whilst 'Cuello Dama Negro' and
460 'Banane' showed the highest amounts for Zn with 23.1 and 23.6 ppm respectively.

461 Therefore, these results confirm that figs can be considered a rich source of
462 K, Ca and Fe (Vinson et al., 1999, 2005; Slavin et al., 2006; Aljane et al., 2007).

463 Mineral elements play important roles in health and disease states of
464 humans. The potassium, e.g., is one of the important nutrients for controlling
465 human blood pressure, therefore this fruit could be recommended for
466 hypertension. The same way, calcium is a major component of bone and assists in
467 tooth development (Sadia et al., 2014; Khan et al., 2011) and Zinc with antioxidant
468 function that acts by scavenging free radicals.

469 Significant differences in mineral content among varieties and ripening
470 stages were observed but there was no significant difference in the interaction
471 variety-ripening stage. During the fruit ripening process, a slight significant decline
472 was observed in the mineral content, showing stage 1 higher values than stage 3.
473 For potassium, its content ranged from 0.8 g 100 g⁻¹ of DW (stage 1) to 0.7 g 100 g⁻¹
474 of DW , between 0.3 (stage 1) and 0.2 g 100 g⁻¹ DW (stage 3). In contrast, for Mg and
475 P, values were kept constant among three ripening stages (0.1 g 100g⁻¹ DW).
476 Finally, the concentration of Fe ranged from 30.3 ppm in stage 1 to 26 ppm in stage
477 3, whilst, for Zn, the concentration varied between 7.1 ppm (stage 1) and 5.4 ppm
478 (stage 3). These findings are in agreement with those obtained by Adeyemi, et al.
479 (2009) in bananas for Mg and Zn. Additionally, the loss of mineral elements is a
480 crucial physical event of softening of fruits during ripening (Adeyemi, et al., 2009).

482 3.4. Multivariate analysis

483 A principal component analysis (PCA) was performed with quality
484 parameters, sugars and organic acids, mineral elements, fiber and protein of all of
485 the variables studied in order to characterise and distinguish figs of nine fig tree
486 varieties and the three ripening fruit stages tested. In Figure 3, the different
487 variables are represented on the plane of the two principal components (PC1 and
488 PC2). PC1, is defined on the positive axis by: TA, minerals as P, K and Fe, protein
489 and organics acids in skin. The variation in PC1 on the negative axis is explained by
490 firmness, fiber, minerals as Mg, Ca and Zn and sucrose (skin and flesh). PC2, was
491 associated with, pH, IM, TSS, fructose flesh and malic and succinic acids in flesh.
492 Minerals as P, K and Fe, protein and organics acids in skin in positive axis and
493 fructose and glucose skin, glucose flesh and citric acid flesh in negative axis.

494 All three ripening stages and varieties were clearly differentiated one from
495 other (Figure 3). PC1 which explains 32.9% of the variability is clearly associated
496 with figs of the varieties 'Cuello Dama Negro', 'Tres Voltas L'Any and 'Colar Elche'
497 and with stage 1. PC2 which explains 15.06 % of the variability, was related to with
498 stage 3 and the varieties 'Cuello Dama Blanco', 'San Antonio' and 'De Rey'

499 TSS, MI, sugars content and malic acid are clearly related to stage 3 for
500 'Cuello Dama Blanco', 'San Antonio' and 'De Rey'. Conversely, firmness, protein, TA,
501 fiber, minerals, succinic acid and sucrose are related to stage 1 and 'Tres Voltas
502 L'Any', 'Cuello Dama Negro' and 'Colar Elche'. From these results, it can be said that
503 TSS, MI and sugars content is related to the fully ripened stages of figs while the
504 content of minerals, fiber, protein, firmness, and sugars as sucrose is associated
505 with the earlier ripening stage.

506 **4. Conclusion**

507 The results of this study showed that figs of all varieties studied have good
508 and suitable physicochemical and nutritional characteristics for fresh consumption
509 since are a rich source of K, Ca and Fe, fiber and proteins and sugars.

510 'Brown Turkey', 'Banane' and 'San Antonio' showed a great weight and
511 width whilst 'Cuello Dama Blanco' and 'San Antonio' were those that showed the
512 best quality characteristics with the highest MI and TSS values. During the ripening
513 process, stage 3 showed an increase in weight, width, TSS and sugars and a
514 decrease of firmness, TA and organic acids, whilst stage 1 was characterized by the
515 highest minerals content, fiber, protein and firmness.

516 Finally, we can be concluded that unpeeled figs of these varieties could be
517 included in the diet as a nutritious and healthy food.

518 **Acknowledgements**

519 Financial support for this research was provided by Instituto Nacional de
520 Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de Economía y
521 Competitividad (Spain) (Proyect grant RTA 2010-00123). C. Pereira was financed
522 by INIA doctoral fellowship.

523 **References**

524 Adeyemi, O.S., Oladiji, A.T. (2009) Compositional changes in banana (*Musa*
525 *ssp.*) fruits during ripening. *African Journal of Biotechnology*, 8, 858–859.

526 Aljane, F., Toumi, I., Ferchichi, A. (2007). HPLC determination of sugars and
527 atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian. *African Journal*
528 *of Biotechnology*, 6 (5), 599-602.

529 Aljane, F., Ferchichi, A. (2009). Postharvest chemical properties and mineral
530 contents of some fig (*Ficus carica* L.) cultivars in Tunisia. *Journal Food, Agriculture*
531 *and Environment*, 7(2), 209-212.

532 Aksoy U, Can HZ, Misirli A, Kara S, Seferoğlu G., Şahin N (2003). Fig (*Ficus*
533 *carica* L.) selection study for fresh market in Western Turkey. *Acta Horticulturae*,
534 605: 197–201.

535 AOAC .(2006) Approved Procedure Ba 6a-05. ANKOM Technology Method
536 10.

IV. Resultados

- 537 Babazadeh Darjazi, B. (2011). Morphological and pomological
538 characteristics of fig varieties from Varamin, Iran. *Afr. J. Biotechnol.*, 10, 19096-
539 19105.
- 540 Bae, H., Yun, S.K., Jun, J.H., Yoon, I.K., Nam, E.Y., Kwon, J.H. (2014).
541 Assessment of organic acid and sugar composition in apricot, plum and peach
542 during fruit development. *Journal Applied Botany and Food Quality*, 87, 24-29.
- 543 Botti, C., Franck, N., Prat, L. y Ioannidis, D. (2003). The effect of climatic
544 conditions on fresh fig fruit yield, quality and type of crop. *Acta Horticulturae*, 605:
545 37-42.
- 546 Çalışkan, O., Polat, A.A., 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and
547 genotypes grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 115, 360-367.
- 548 Çalışkan, O., Polat, A.A., 2011. Phytochemical and antioxidant properties of
549 selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of
550 Turkey. *Scientia Horticulturae*, 128, 473-478.
- 551 Çalışkan, O., Polat, A.A. (2012a). Effects of genotype and harvest year on
552 phytochemical and fruit quality properties of Turkish fig genotypes. *Spanish*
553 *Journal of Agricultural Research*, 10, 1048-1058.
- 554 Çalışkan, O., Polat, A.A. (2012b). Morphological diversity among fig (*Ficus*
555 *carica* L.) accessions sampled from the eastern Mediterranean region of Turkey.
556 *Turk. J. Agric. For.*, 36, 179-193.
- 557 Chessa, I. (1997). Fig. Postharvest physiology and storage of tropical and
558 subtropical fruits. Mitra, S., Ed: CAB International: Wallingford, UK (pp. 245-268).
- 559 Crisosto, C.H., Bremer, V., Ferguson, L. y Crisosto G.M. (2010). Evaluating
560 Quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two
561 maturity stages. *Hortscience*, 45: 707-710.

562 Crisosto, C.H., Ferguson, L., Bremer, V., 2011. Fig (*Ficus carica* L.). In:
563 Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Yahia E E,
564 ed. Cambridge, UK, pp. 134-158.

565 Colaric, M., Veberic, R., Stampar, F., Hudina, M. (2005). Evaluation of peach
566 and nectarine fruit quality and correlations between sensory and chemical
567 attributes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 2611-2616.

568 Feliciano, R.P., Antunesa, C., Ramosb, A., Serra, A.T., Figueira, M.E., Duarte,
569 C.M.M, De Carvalho, A., Bronze, M.R. (2010). Characterization of traditional and
570 exotic apple varieties from Portugal. Part 1. Nutritional, phytochemical and
571 sensory evaluation. *Journal of functional foods*, 2, 35-45.

572 Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Park, Y. S., Haruenkit, R., Lojek, A., Číž, M.,
573 Caspi, A., Lidman, I., Trakhtenberg, S. (2001). Comparison of some biochemical
574 characteristics of different citrus fruits. *Food chemistry*, 74(3), 309-315.

575 Gunnes, P., Kravchuk, O., Nottingham, S.M., D'Arcy, B.R., Gidley, M.J. (2009).
576 Sensory analysis of individual strawberry fruit and comparison with instrumental
577 analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 52, 164-172.

578 Hardison, A., Rubio, C., Báez, A., Martín, M., Álvarez, R., Díaz, E. (2001).
579 Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island Tenerife.
580 *Food Chemistry*, 71,153-161.

581 Hernández, M.T., Gervasini, C., Bernalte, M.J. (2003). Sensory quality of cv.
582 'Tiberio' breba. *Acta Horticulturae*, 605, 233-235.

583 IPGRI and CIHEAM (2003). Descriptors for Fig . International Plant Genetic
584 Resources Institute, Rome, Italy and International Centre for Advanced
585 Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France, 52.

586 Kafkas, E., Koşar, M., Paydaş, S., Kafkas, S., Başer, K.H.C. (2007). Quality
587 characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food*
588 *Chemistry*, 100, 1229-1236.

IV. Resultados

- 589 Khan, M.N., Sarwar, A., Adeel, M., Wahab, M.F. (2011). Nutritional evaluation
590 of *Ficus carica* indigenous to Pakistan. *African Journal of Food, Agriculture,*
591 *Nutrition and Development*, 11 (5), 5187-5202.
- 592 Küden, A.B., Bayazit, S., Çömlekcioglu, S. (2008). Morphological and
593 pomological characteristics of fig genotypes selected from Mediterranean and
594 south east Anatolia regions. *Acta Horticulturae*, 798: 95-102.
- 595 Little AC. 1975. Off on a tangent. *J. Food Sci.* 40, 410-411.
- 596 MAGRAMA, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
597 (1986). Available from <http://www.magrama.gob.es>.
- 598 Melgarejo, P., Hernández, F., Martínez, J.J., Sánchez, M.J. (2003). Organic
599 acids and sugars from first and second crop fig juices. *Acta Horticulturae*, 605, 237-
600 239.
- 601 Oliveira, A.P., Silva, L.R., Guedes de Pinho, P., Gil-Izquierdo, A., Valentão, P.,
602 Silva, B.M., Pereira, J.A., Andrade, P.B., 2010. Volatile profiling of *Ficus carica*
603 varieties by HS-SPME and GC-IT-MS. *Food Chemistry*, 123, 548-557.
- 604 Ornelas-Paz, J.J., Yahia, E.M., Ramírez-Bustamante, N., Pérez-Martínez, J.D.,
605 Escalante-Minakata, M.P., Ibarra-Junquera, V., Acosta-Muñiz, C., Guerrero-Prieto, V.,
606 Ochoa-Reyes, E. (2013). Physical attributes and chemical composition of organic
607 strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, cv. Albion) at six stages of ripening.
608 *Food Chemistry*, 138, 372-381.
- 609 Pereira, C., Serradilla, M.J., Martín, A., Villalobos, M.C., Perez-Gragera, F.,
610 López-Corrales, M. (2015). Agronomic behaviour and quality of six fig varieties for
611 fresh consumption. *Scientia Horticulturae*, 185, 121-128.
- 612 Sadia, H., Ahmad, M., Sultana, S., Zuhairi Abdullah, A., Keat Teong, L., Zafar,
613 M., Bano, A. (2014). Nutrient and mineral assessment of edible wild fig and
614 mulberry fruits. *Fruits*, 69, 159-166.

615 Sánchez, M.J., Melgarejo, P., Hernández, F. y Martínez, J.J. (2003). Chemical
616 and morphological characterization of four fig tree cultivars (*Ficus carica* L.) grow
617 under similar culture conditions. *Acta Horticulturae*, 605, 33-36.

618 Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D. (2005).
619 Chemical constituents and antioxidant of sweet cherry at different ripening stages.
620 *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2741-2745.

621 Serrano, M., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-
622 Romero, D. (2009). Maturity stage at harvest determines the fruit quality and
623 antioxidant potential after storage of sweet cherry cultivars. *Journal Agricultural*
624 *and Food Chemistry*, 57, 3240-3246.

625 Serradilla, M.J., Lozano, M., Bernalte, M.J., Ayuso, M.C., López-Corrales, M.,
626 González-Gómez, D. (2011). Physicochemical and bioactive properties evolution
627 during ripening of 'Ambrunés' sweet cherry cultivar. *Food Science and Technology*,
628 44,199-205.

629 Serradilla, M.J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Hernández, A., López-Corrales,
630 M., Córdoba, M.G. (2012). Physicochemical and sensorial characterisation of four
631 sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain). *Food Chemistry*, 133, 1551-
632 1559.

633 Soetan, K.O., Olaiya, C.O., Oyewole, O.E. (2010). The importance of mineral
634 elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of*
635 *Food Science*, 4 (5), 200-222.

636 Slatnar, A., Klancar, U., Stampar, F., Veberic, R. (2011). Effect of drying of figs
637 (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds.
638 *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 11696-11702.

639 Slavin, J.L., 2006. Figs: Past, present, and future. *Nutrition Today*, 41, 180-
640 184.

641 Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M.,
642 Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z., Flaishman, M.A., 2006. Antioxidant activities

IV. Resultados

643 and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of*
644 *Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7717-7723.

645 Stover, E., Aradhya, M., Ferguson, L. y Crisosto, C.H. (2007). The fig:
646 Overview of an ancient fruit. *Hortscience*, 42,1083-1087.

647 Sturm, K, Koron, D., Stampar, F. (2003). The composition of fruit different
648 strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, 83, 417-422.

649 Tsantili, E. 1990.Changes during development of 'Tsapela' fig fruits. *Scientia*
650 *Horticulturae*, 44, 227-224.

651 Trad, M., Le Bourvellec, C., Gaaliche, B., Renard, M.G.C., Mars, M., 2014.
652 Nutritional compounds in figs from the southern Mediterranean region.
653 *International Journal of Food Properties*, 17, 491-499.

654 Tanwar, B.; Andallu, B.; Modgil, R. (2014) Influence of processing on
655 physicochemical, nutritional and phytochemical composition of *Ficus carica* L.
656 products. *Agricultural Research Communication Centre*, 33, 37-43.

657 Trichopoulou, A., Vasilopoulou, E., Georga, K., Soukara, S., Dilis, V., 2006.
658 Traditional foods: Why and how to sustain them. *Trends in Food Science &*
659 *Technology*, 17, 496-504.

660 U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2016). USDA
661 Nutrient Database for Standard Reference, Release 28, from the Nutrient Data
662 Laboratory Home Page: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>

663 Valero, D., Serrano, M. (2010). Fruit ripening. Postharvest biology and
664 technology for preserving fruit quality. (pp. 4-47). CRC Press, Boca Raton, FL.

665 Veberic, R., Jakopic, J., Stampar, F., 2008. Internal fruit quality of figs (*Ficus*
666 *carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Italian Journal of Food Science*, 20,
667 255-262.

668 Villalobos, M.C., Serradilla, M.J., Martín, López Corrales, M., Pereira, C. y
669 Córdoba, M.G. (2015). Preservation of different fig cultivars (*Ficus carica* L.) under
670 modified atmosphere packaging during cold storage. *Journal of the Science of Food*
671 *and Agriculture*.

672 Vinson, J.A., Zubik, L., Bose, P., Samman, N. y Proch, J. (2005). Dried Fruits:
673 Excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American College of*
674 *Nutrition*, 24(1), 44-50.

675 Vinson, J.A., 1999. The functional food properties of figs. *Cereal Foods World*
676 44, 82-87.

677 Wendeln, M.C., Runkle, J.R. (2000). Nutritional values of 14 fig species and
678 bat feeding preferences in Panama. *Biotropica* 32, 489-501.

679 Yalcinkaya, E., Kaleci, N., Erenoglu, B., Aktepe-Tangu, N. (2007). Table fig
680 selection for Marmara region. In: Proceening of 5th National Horticultural
681 Congress,823-827.

IV. Resultados

Table 1. Values of firmness, TSS, pH, TA and MI for fig varieties and ripening stages tested.

Variety/Stage	Firmness			TSS			pH			TA			MI (TSS/TA)		
	(N mm-1)			(°Brix)						(g citric acid 100 g -1 FW)					
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety															
'De Rey'	1.6b,1	5.5	0.4	23.1a	28.2	20.4	6.2a	6.4	6.1	0.1de	0.1	0.1	227.3b	338.3	190.7
'Cuello Dama Blanco'	1.3c	7.2	0.3	21.1b	24.6	18.3	6.1ab	6.5	5.5	0.07f	0.1	0	302.1a	559.7	154.1
'Brown Turkey'	1.6ab	5.6	0.2	20.5bc	24.6	15.8	6.0b	6.5	5.5	0.09de	0.2	0	244.0b	559.7	93.1
'San Antonio'	1.9a	6.8	0.2	19.7c	22.9	17	6.2a	7	5.6	0.08ef	0.2	0.1	248.7b	362	120.3
'Cuello Dama Negro'	1.6b	8.2	0.2	23.1a	29.8	17.2	5.4f	6.5	5.1	0.2a	0.4	0.1	132.9d	234.4	46
'Banane'	1.7ab	6.3	0.3	16.1d	20.1	12.8	5.8c	6.5	5.1	0.1cd	0.2	0.1	170.5c	323.1	55.6
'Colar Elche'	1.7ab	7.7	0.4	20.3bc	25.5	14.2	5.7cd	6.1	5.3	0.1bc	0.2	0.1	156.3cd	229.5	73.5
'Tres Voltas L'Any'	1.0d	3.7	0.2	21.1b	25.7	17.2	5.6de	6.2	4.7	0.1bc	0.3	0.1	173.4c	326.2	64.7
'Blanca Bétera'	1.7ab	5.5	0.2	20.4bc	24.9	16.9	5.5ef	6	4.9	0.1b	0.2	0.1	162.0cd	262.7	70.4
Stage															
1	2.6a	8.2	0.4	18.1a	22.7	12.8	5.6a	6.5	4.7	0.1a	0.4	0	161.0a	559.7	46
2	1.4b	4.3	0.3	20.3b	25	13.3	5.8b	6.4	5	0.1b	0.3	0.1	198.5b	391.5	69.2
3	0.8c	3	0.2	22.9c	29.8	14.6	6.0c	7	5.2	0.1c	0.3	0.1	241.7c	396.5	83.9
p variety ²	***			***			***			***			***		
p stage	***			***			***			***			***		
p variety*stage	*			***			***			***			***		

¹ In each column, different letter indicates that there is significant difference among variety or ripening stage ($p < 0.05$).

²p values: * ($p < 0.05$); ** ($p < 0.01$); *** ($p < 0.001$).

Table 2. Sugars and organic acids from skin of figs according to varieties and ripening stages (g kg⁻¹ FW).

	Sugars									Organic acids								
	Glucose			Fructose			Sucrose			Citric acid			Malic acid			Succinic acid		
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety¹																		
DR	94.2 ^{a,2}	203.5	49.6	81.7 ^a	147.7	42.9	2.1 ^a	13.7	0.0	1.4 ^a	3.2	0.4	2.2 ^b	3.6	1.1	4.6 ^a	8.1	2.2
CDB	99.8 ^a	154.0	29.5	85.3 ^a	123.5	30.4	0.3 ^a	1.1	0.0	0.4 ^b	1.4	0.0	3.4 ^a	6.0	1.3	4.8 ^a	7.2	1.5
BT	63.8 ^a	125.3	23.8	57.9 ^b	105.1	26.0	1.9 ^a	15.2	0.0	0.9 ^a	3.2	0.0	2.1 ^b	4.8	0.7	2.3 ^c	5.1	0.9
SA	71.9 ^a	124.9	33.4	70.7 ^a	110.4	27.8	0.3 ^a	1.3	0.0	1.2 ^a	5.8	0.0	2.7 ^a	4.4	0.7	2.5 ^c	4.8	1.0
CDN	71.2 ^a	182.1	6.4	64.7 ^a	156.8	40.1	0.3 ^a	1.0	0.0	0.7 ^a	1.5	0.0	2.8 ^a	5.2	1.3	3.0 ^c	4.6	1.5
BN	53.7 ^c	164.3	73.1	86.3 ^c	131.0	57.2	2.8 ^a	7.4	0.0	0.8 ^a	6.3	0.0	0.9 ^c	3.2	0.0	1.1 ^d	5.5	0.0
CE	71.3 ^a	174.9	33.5	62.2 ^a	131.9	24.0	1.2 ^a	8.2	0.0	0.3 ^c	0.9	0.0	2.4 ^a	3.6	1.0	2.5 ^c	4.7	1.0
TV	65.9 ^a	110.1	24.4	65.5 ^a	95.3	29.7	0.4 ^a	1.3	0.0	0.1 ^c	0.4	0.0	3.1 ^a	6.3	0.2	2.6 ^c	5.7	0.4
BB	57.1 ^b	126.2	15.9	66.0 ^a	120.6	30.0	0.2 ^a	0.6	0.0	0.2 ^c	1.1	0.0	3.1 ^a	5.2	1.5	4.0 ^b	9.4	1.0
Stage																		
1	60.5 ^b	113.9	23.8	53.5 ^b	83.5	24.0	1.7 ^a	15.2	0.0	0.6 ^a	3.2	0.0	2.3 ^a	6.3	0.0	3.2 ^a	7.2	0.0
2	83.7 ^a	164.3	6.4	75.8 ^a	131.0	27.8	0.7 ^a	7.4	0.0	0.8 ^a	6.3	0.0	2.5 ^a	5.2	0.0	3.0 ^a	9.4	0.0
3	90.5 ^a	203.5	24.4	84.2 ^a	156.8	35.0	0.8 ^a	14.9	0.0	0.6 ^a	5.8	0.0	2.7 ^a	6.0	0.0	2.9 ^a	8.1	0.0
p variety ³	**			***			*			***			***			***		
p stage	***			***			+			ns			ns			ns		
p v*s	ns			ns			ns			*			ns			ns		

¹ DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'

² In each column, different letter indicates that there is significant difference among variety or ripening stage (p<0.05).

³p values: * (p<0.05); ** (p<0.01); *** (p<0.001).

IV. Resultados

Table 3. Sugars and organic acids from flesh of figs according to varieties and ripening stages (g kg⁻¹ FW).

	Sugars									Organic acids								
	Glucose			Fructose			Sucrose			Citric acid			Malic acid			Succinic acid		
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety¹																		
DR	65.3 ^{a,2}	141.4	16.8	78.3 ^a	121.8	42.1	1.1 ^a	5.1	0.0	2.2 ^a	4.1	0.6	3.7 ^b	6.7	1.4	1.7 ^a	3.2	0.6
CDB	80.6 ^a	132.6	45.7	75.5 ^a	109.2	44.6	0.6 ^a	2.0	0.0	1.4 ^c	2.5	0.4	2.7 ^c	4.3	1.5	1.7 ^a	9.4	0.5
BT	56.2 ^a	86.3	26.3	57.0 ^b	69.7	42.7	0.6 ^a	2.0	0.0	3.2 ^a	7.7	0.5	2.5 ^d	5.0	1.0	1.7 ^a	3.1	0.8
SA	67.8 ^a	87.7	40.5	69.1 ^a	92.4	58.7	0.3 ^a	0.8	0.0	1.8 ^b	5.3	0.8	3.6 ^b	5.2	2.5	2.1 ^a	11.5	0.7
CDN	77.0 ^a	170.6	20.3	77.1 ^a	128.7	44.3	0.9 ^a	4.4	0.0	2.8 ^a	6.9	1.2	6.9 ^a	12.0	3.2	1.9 ^a	4.7	0.7
BN	44.0 ^b	107.6	66.3	73.8 ^c	82.4	58.5	1.6 ^a	3.0	0.7	0.8 ^d	2.6	0.0	0.8 ^e	2.3	0.0	0.3 ^b	1.4	0.0
CE	73.8 ^a	151.1	32.3	67.7 ^a	118.8	35.5	0.5 ^a	2.3	0.0	3.1 ^a	7.6	0.6	4.0 ^b	6.2	2.3	1.8 ^a	4.0	0.0
TV	60.0 ^a	94.1	28.8	62.2 ^a	85.3	37.0	2.2 ^a	12.4	0.0	3.6 ^a	8.2	0.7	4.3 ^b	6.5	2.1	1.3 ^a	3.9	0.4
BB	57.4 ^a	94.2	21.7	72.0 ^a	125.4	9.1	0.1 ^a	0.4	0.0	1.9 ^b	4.0	0.4	3.4 ^b	6.0	1.3	1.6 ^a	4.4	0.4
Stage																		
1	58.9 ^b	103.5	16.8	55.1 ^a	104.8	9.1	1.2 ^a	12.4	0.0	2.2 ^a	8.2	0.0	3.7 ^a	9.4	0.0	2.0 ^a	11.5	0.0
2	64.6 ^a	123.8	20.3	64.2 ^b	126.2	42.7	0.7 ^a	4.9	0.0	2.6 ^a	7.7	0.0	3.8 ^a	12.0	0.0	1.5 ^a	4.7	0.0
3	74.6 ^a	170.6	16.9	78.8 ^c	128.7	41.6	0.6 ^a	2.3	0.0	2.1 ^a	7.1	0.0	3.1 ^a	9.5	0.0	1.2 ^b	3.7	0.0
p variety ³	**			***			***			***			***			**		
p stage	**			***			**			ns			*			**		
p v*s	ns			ns			*			ns			ns			ns		

¹ DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'

² In each column, different letter indicates that there is significant difference among variety or ripening stage (p<0.05).

³p values: * (p<0.05); ** (p<0.01); *** (p<0.001).

Table 4. Mean values of protein, crude fiber and minerals according to fig tree varieties and ripening stages.

	Fiber (%)			Protein (%)			Major minerals (g/kg)									Trace minerals (ppm)								
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	P			K			Ca			Mg			Fe			Zn		
							Mea	Max	Min	Mean	Max	Min	Mea	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Varieties¹																								
DR	5.9 ^{c,2}	7.5	4.3	5.1 ^a	5.5	4.6	0.8 ^{ab}	0.9	0.7	7.1 ^{bc}	8.1	5.8	3.5 ^a	4.3	2.5	1.0 ^{bc}	1.4	0.8	28.4 ^{ab}	34	20	5.3 ^a	9	3
CDB	4.9 ^c	7.3	3.6	4.8 ^{ab}	6.2	3.3	0.8 ^{ab}	1.0	0.3	6.3 ^c	8.2	2.4	1.7 ^c	2.8	0.6	0.9 ^c	1.3	0.3	33.2 ^a	40	26	5.1 ^a	8	3
BT	5.0 ^c	8.5	3.4	4.1 ^c	5.3	3.4	0.7 ^{ab}	1.0	0.6	8.2 ^b	11	6.5	2.7 ^{ab}	4.7	1.8	1.1 ^{bc}	1.8	0.8	35.3 ^a	43	23	6.6 ^a	10	5
SA	7.4 ^b	11.1	5.0	4.2 ^{bc}	5.3	3.6	0.8 ^{ab}	1.3	0.2	6.2 ^c	8.0	5.0	2.1 ^{bc}	4.0	1.0	1.0 ^{bc}	2.1	0.4	30.1 ^{ab}	36	26	6.9 ^a	13	4
CDN	9.0 ^a	13.9	6.9	4.5 ^{abc}	5.9	3.4	0.8 ^{ab}	1.0	0.6	11 ^a	19	6.8	3.2 ^a	5.1	1.8	1.6 ^a	2.5	1.1	23.6 ^{bc}	39	8	6.3 ^a	16	3
BN	8.5 ^{ab}	11.2	4.9	4.4 ^{bc}	5.6	3.3	0.7 ^b	0.9	0.6	7.1 ^{bc}	9.8	5.8	3.0 ^a	5.5	1.7	1.4 ^{ab}	2.7	0.8	23.1 ^{bc}	33	17	5.9 ^a	9	4
CE	8.3 ^{ab}	12.0	6.2	4.8 ^{ab}	6.0	3.8	0.8 ^{ab}	1.4	0.7	8.0 ^b	10	6.3	3.4 ^a	5.8	2.3	1.4 ^{ab}	2.5	0.9	29.1 ^{ab}	49	16	6.4 ^a	13	4
TV	9.3 ^a	13.5	4.1	5.1 ^a	6.6	4.0	0.8 ^a	1.2	0.4	8.1 ^b	12.3	3.5	3.1 ^a	5.8	1.0	1.3 ^{abc}	2.3	0.4	28.6 ^{ab}	37	19	6.5 ^a	10	4
BB	4.6 ^c	7.3	2.9	4.3 ^{bc}	5.2	3.7	0.8 ^{ab}	1.0	0.2	8.2 ^b	11.2	5.7	2.1 ^{bc}	4.0	1.2	1.0 ^{bc}	1.4	0.5	20.6 ^c	40	1	4.9 ^a	8	2
Stages																								
1	8.3 ^a	13.9	4.3	4.9 ^a	6.3	3.6	0.9 ^a	1.4	0.2	8.0 ^a	12.3	2.4	3.2 ^a	5.8	0.6	1.3 ^a	2.7	0.3	30.3 ^a	49	8	7.1 ^a	13	2
2	6.7 ^b	11.4	3.5	4.5 ^b	6.6	3.6	0.8 ^b	1.1	0.2	8.0 ^a	19.0	5.3	2.7 ^b	5.1	1.1	1.1 ^b	2.1	0.6	27.7 ^{ab}	41	10	5.6 ^b	13	2
3	6.0 ^c	10.5	2.9	4.4 ^b	5.8	3.3	0.7 ^b	0.9	0.4	7.4 ^a	12.4	3.5	2.4 ^b	4.2	1.0	1.1 ^b	2.0	0.4	26.0 ^b	40	1	5.4 ^b	16	3
p variety ³	***			***			**			***			***		***			***			*			
p stage	***			***			**			ns			***		**			**			***			
p v*s	ns			ns			ns			ns			ns		ns			ns			ns			

¹ DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'

² In each column, different letter indicates that there is significant difference among cultivar or ripening stage (p<0.05).

³p values: * (p<0.05); ** (p<0.01); *** (p<0.001).

IV. Resultados

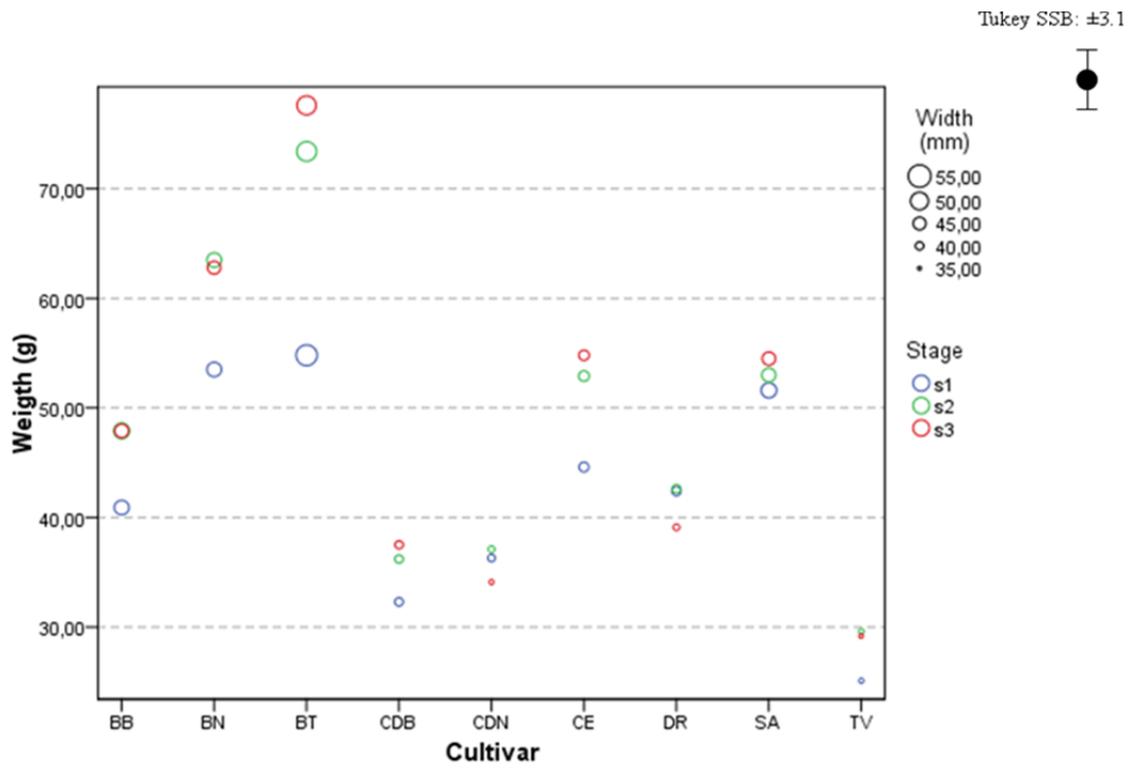


Figure 1: Weight and width of figs of nine fig tree varieties grown in Extremadura. BB ‘Blanca Bétera’, BN ‘Banane’, BT ‘Brown Turkey’, CDB ‘Cuello Dama Blanco’, CDN ‘Cuello Dama Negro’, CE ‘Colar Elche’, DR ‘De Rey’, SA ‘San Antonio’, TV ‘Tres Voltas L’Any’. SSB: Statistical significance bar using the Tukey HSD test.

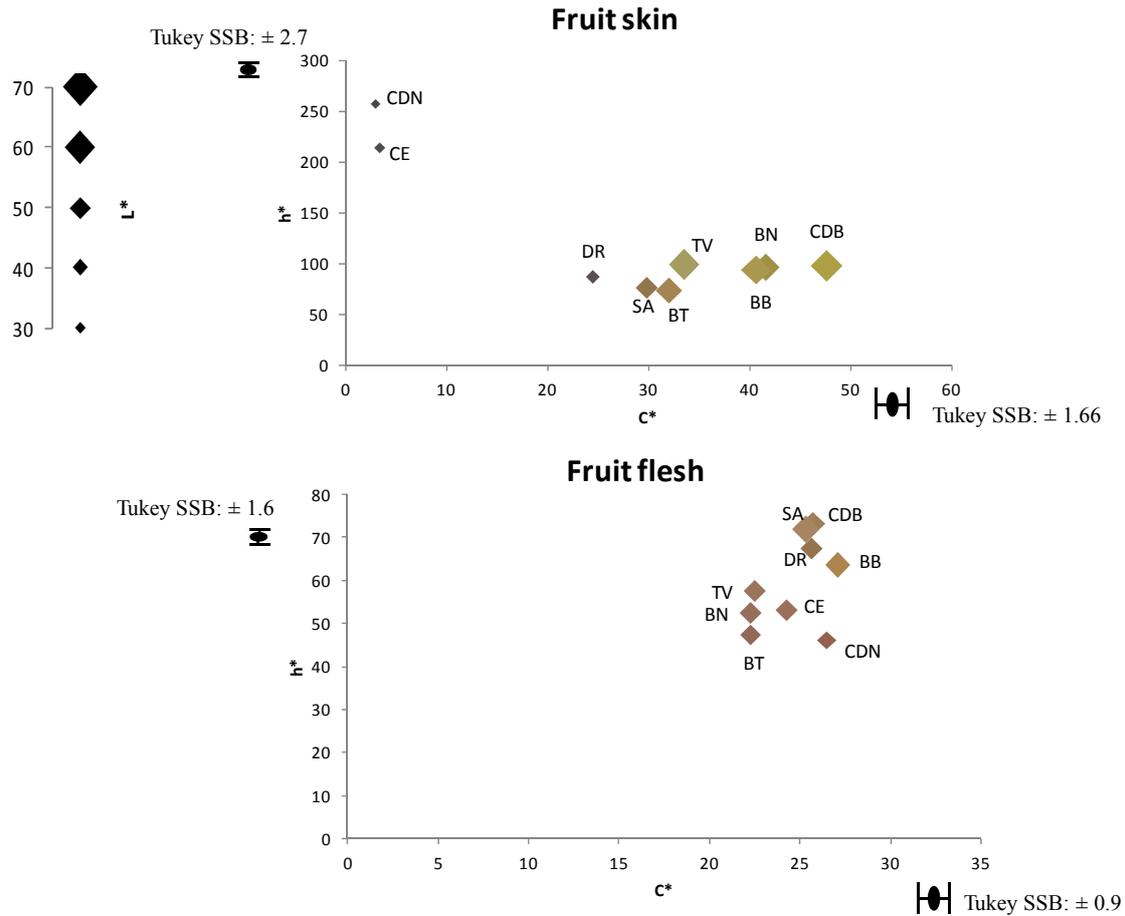


Figure 2: Values of colour parameters (L^* , C^* , h^*) for skin and flesh of nine fig varieties tested. DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'. SSB: Statistical significance bar using the Tukey HSD test.

IV. Resultados

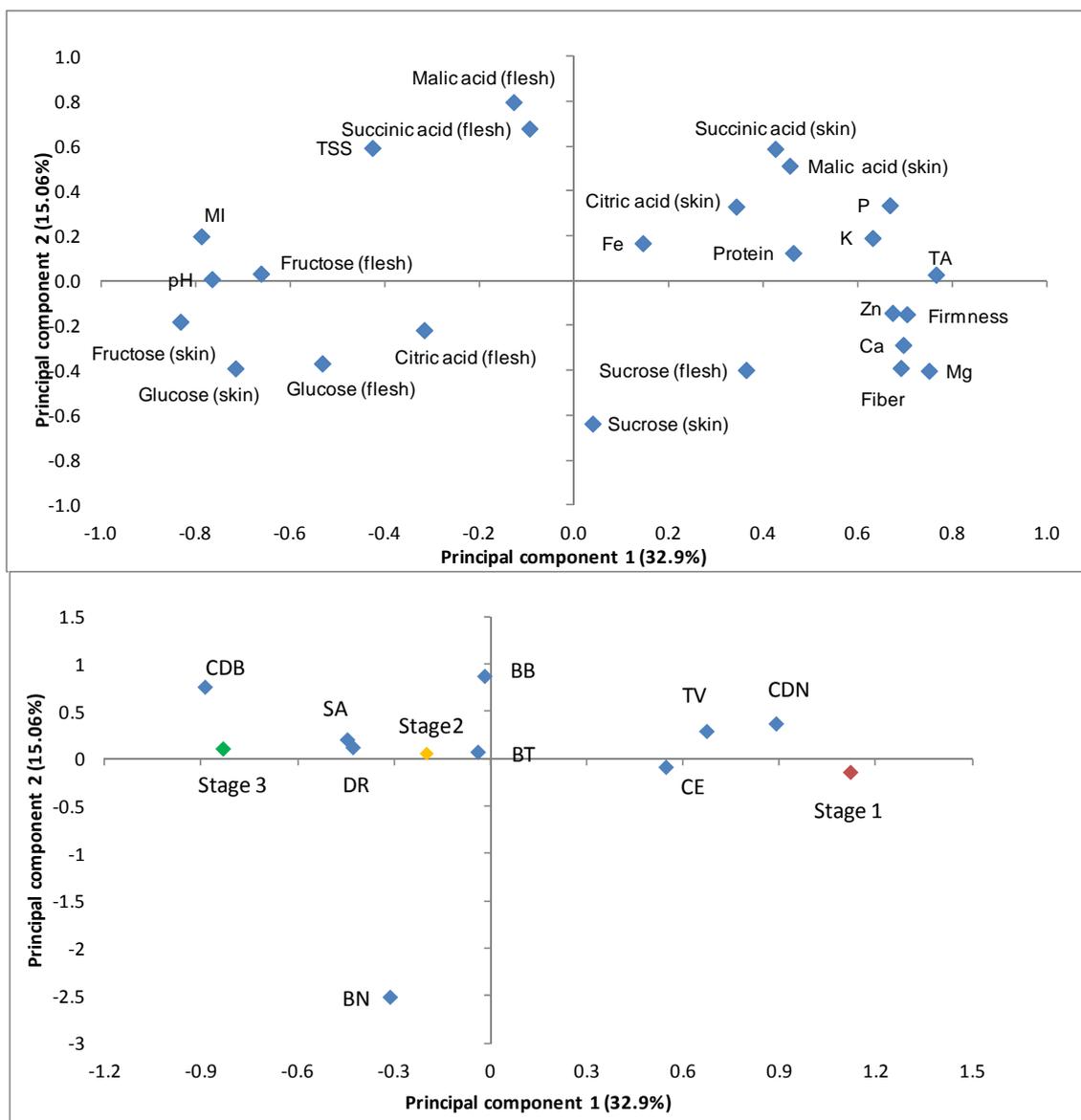


Figure 3: Loading plot and score plot after principal component analysis of the variables and individuals in the plane by two first principal components in skin and flesh (PC1 and PC2). DR ‘De Rey’, CDB ‘Cuello Dama Blanco’, BT ‘Brown Turkey’, SA ‘San Antonio’, CDN ‘Cuello Dama Negro’, BN ‘Banane’, CE ‘Colar Elche’, TV ‘Tres Voltas L’Any’, BB ‘Blanca Bétera’, TA Titrable Acidity, TSS Total Soluble Solids, MI Maturation Index.

IV.2.3. Artículo 5: “Compuestos volátiles y análisis sensorial de brevas e higos”

VI.2.3. Compuestos volátiles y análisis sensorial en brevas e higos en los diferentes estadios de maduración.

El análisis de compuestos volátiles tanto de brevas como de higos en las diferentes variedades de higuera estudiadas y en los diferentes estadios de maduración establecidos, fue realizado mediante un cromatógrafo de gases con detector selectivo de masas (HS-SPME/GC-MS).

VI.2.3.1 Compuestos volátiles en brevas a lo largo de la maduración.

En el caso de las brevas, un total de 43 compuestos fueron identificados (Tablas 1 y 2) que estaban clasificados en 8 hidrocarburos, 7 alcoholes, 14 aldehídos, 2 cetonas, 2 ácidos, 5 ésteres, 5 furanos, 4 monoterpenos, 3 piranonas y un 1 éter variando su concentración entre variedades. Todos estos compuestos mostraron una gran variabilidad entre las diferentes variedades. Las brevas de las variedades 'Banane', 'Colar Elche' y 'Cuello Dama Blanco' fueron las que mostraron mayor concentración de estos compuestos.

Los hidrocarburos identificados mostraron alta variabilidad entre las diferentes variedades estudiadas, siendo el hexano el hidrocarburo más abundante. Estos hidrocarburos aunque se encontraron en altas cantidades en las brevas de las variedades estudiadas, su origen puede ser atribuible a la oxidación lipídica. Por tanto, debido a su escasa aportación al olor, son considerados que no contribuyen al aroma de las brevas.

Un grupo importante fueron los alcoholes, que fueron detectados en un rango de 1-11,8% de área total, siendo predominantes en variedades verde como 'Brown Turkey', 'Cuello Dama Blanco' y 'Tiberio'. Los alcoholes 1-penten-3-ol, 3-buten-1-ol, 3-metil, 1-butanol, 2-metil, el 3-heptanol y el benzil alcohol mostraron diferencias entre variedades. Los alcoholes lineales detectados fueron el 1-penten-3-ol que fueron encontrados en las variedades como 'Banane', 'Tiberio' y 'Tres Voltas L'Any' y el 3-heptanol en la mayoría de las variedades destacando 'Cuello Dama Blanco' y 'Tiberio'. Dentro de los alcoholes ramificados identificados como el 3-buten-1-ol, 3-metil y 1-butanol, 2-metil mostraron diferencias entre variedades. El 3-buten-1-ol, 3-metil fue más abundante en 'Tiberio' y 'Tres Voltas L'Any' con 1,8% mientras que el 1-butanol, 2-metil lo fue en la variedad verde 'Cuello Dama Blanco' con 9,4% seguida de 'Brown Turkey' con 7,4% mientras que el benzil

IV. Resultados

alcohol fue identificado en variedades como 'Brown Turkey', 'Cuello Dama Blanco', 'Colar Elche' y 'Tiberio'. En el resto de variedades el contenido en alcoholes fue inferior al 1%.

Los aldehídos son el grupo de compuestos aromáticos más importante y constituye unos de los grupos más significativos en el aroma de las brevas con un 14,9-52,3% del área total. Dentro de este grupo destacaron las variedades 'Banane', 'Colar Elche', 'Tiberio', 'Brown Turkey' y 'Cuello Dama Blanco' las que mostraron mayor contenido en estos compuestos. El 2-hexenal (E) y el hexanal fueron los aldehídos lineales obtenidos en mayor concentración con un 1,1-10,6 % y 0,8-7,9% del área total respectivamente, destacando las variedades 'Blanca Bétera', 'Brown Turkey' y 'Tres Voltas L'Any' las cuales presentaron alto contenido en 2-hexenal y hexanal. El propanal con 0,9-11,9 % de área total fue el siguiente compuesto más abundante. El resto de aldehídos lineales se encontraron en bajas cantidades como el 2-pentenal, el octanal, el nonanal y el 2,4 heptadienal entre otros. En cuanto a los aldehídos ramificados, como el butanal-3-metil o el butanal-2-metil (0,1-0,3%) fueron identificado solamente en la variedad 'Banane'. El resto de aldehídos ramificados representaron menos del 1% del área total en todas las variedades. El benzaldehído fue el único aldehído aromático encontrado con un 3,5-38,5% de área total, siendo 'Cuello Dama Negro' la que mostró mayor contenido en benzaldehído con 38,5%, seguida de 'Tiberio'.

Las cetonas representan el 1,8-6% del área total, y se identificaron dos de ellas, 2-butanona, 3-hidroxi y la 3-heptanona. Principalmente la 3-heptanona fue abundante en la variedad 'Cuello Dama Blanco' y 'Tiberio'.

Los ácido principales identificados en las brevas fueron el ácido hexanoico y el ácido hexanoico, 2-etil en variedades como 'Banane', 'Cuello Dama Blanco', 'Colar Elche', 'Tiberio' y 'Tres Voltas L'Any'. El ácido hexanoico, 2-etil fue el más abundante con 1,8-16,6 % del área total, fundamentalmente se encontrón en altas cantidades en la variedad 'Tiberio', y 'Colar Elche'.

Con respecto a los ésteres constituyen del 0,3-3,9% del área total. El ácido 2-butanoico, metil ester fue el principal ester identificado en todas las variedades, excepto en 'Cuello Dama Negro' con un rango de 0,3-3,9% del área total. El resto de esterés identificados como ácido acético metil ester, el etil acetato o el ácido butanoico metil ester se encontraron en cantidades inferiores al 1% en todas las variedades.

En relación a los furanos representaron el 0,7-43,2% del área total y fueron identificadas en todas las variedades, destacando 'Banane', 'Cuello Dama Blanco' y 'Colar Elche' como las variedades que mostraron mayor cantidad de estos compuestos. El furfural fue el principal componente en 'Banane' y 'Cuello Dama Blanco', mientras que el 2-furan-metanol lo fue en 'Banane' y 'Colar Elche'. Por otro lado, destacó también el 5-hidroximetilfurfural en la variedad 'Banane' con un 23% del área total y en 'Colar Elche' con 13,5%. El resto de furanos identificados se encontraron en bajas cantidades.

Los monoterpenos fueron identificados en bajas cantidades representando un grupo minoritario con un área de entre 0,1-2,5%. De entre ellos, el limoneno destacó en variedades como 'Cuello Dama Blanco' y 'Colar Elche'. El resto de monoterpenos como el linalol, fueron identificados en cantidades inferiores al 1%.

Entre las piranonas identificadas, no se observaron diferencias entre variedades y representaron un 0,1-24% del área total. De entre las piranonas, destacó el 3-hidroxi 2,3, dihidromaltol que fue característica de la variedad 'Cuello Dama Blanco', 'Banane' y 'Colar Elche' representando un 23,6,17,5 y 16,1% del área total.

El único éter identificado en todas las variedades fue el etil éter en un rango de 2,7-67,7% del área total, siendo predominante en las brevas de 'Blanca Bétera' y 'San Antonio' con 67,7 y 62,1%.

Las diferentes familias de compuestos volátiles identificados en cada una de las variedades y de cada estadio de maduración se muestran en la tabla 3. En relación a los diferentes estadios de maduración establecidos, en general, en todas las familias de compuestos volátiles identificados se observó un aumento a lo largo de la maduración, siendo en el estadio 3 donde la concentración de estos compuestos fue mayor. Entre los grupos principales, destacaron los furanos, las piranonas, los aldehídos, éteres y los alcoholes que mostraron un mayor contenido entre las variedades durante la maduración. Por el contrario, no se observaron diferencias significativas en entre los tres estadios de maduración entre las familias de compuestos ésteres, éteres, furanos y piranonas. Las brevas de 'Banane' y 'Colar Elche' destacaron por su alto contenido en compuestos volátiles siendo principalmente elevado su contenido en furanos, piranonas y aldehídos con valores

IV. Resultados

de entre los 48%-24,3% (estadio 3) para furanos y 26-12,6% (estadio 3) para piranonas y 17-12,9% (estado 3) para aldehídos.

VI.2.3.2 Análisis sensorial en brevas a lo largo de la maduración.

En el análisis sensorial descriptivo realizado a las brevas de cada una de las variedades estudiadas y en los estadios 2 y 3 de maduración establecidos se observan en la tabla 3. En general, se observaron diferencias significativas entre variedades y también entre estadios de maduración. Los atributos más valorados en las brevas por los catadores fueron su apariencia externa, el color de piel y pulpa, el sabor a fruta y la jugosidad que son las que obtuvieron mayores puntuaciones medias de entre 5,3-6. Por el contrario, atributos como el sabor a ácido, sabor amargo o la cantidad de semillas apenas fueron detectado por los catadores. De entre las variedades estudiadas, las brevas de 'San Antonio' y 'Cuello Dama Negro' fueron más valoradas por su aspecto externo, su sabor a fruta, su color de piel y su jugosidad. Por otro lado, 'Brown Turkey', 'Colar Elche' y 'Blanca Bétera' fueron las siguientes más valoradas por su color de pulpa y su firmeza. 'Tiberio' fue la variedad que mayor jugosidad presentó, por el contrario la variedad 'Cuello Dama Blanco' fue la peor valorada y la que menos gustó a los catadores. Entre las variedades estudiadas, las que presentaron mayor valoración global y por tanto las que más gustaron las los catadores fueron las brevas de 'San Antonio', 'Tiberio', 'Cuello Dama Negro' y 'Colar Elche'.

En relación a los estadios de maduración, el estadio 2 o estadio comercial fue mejor valorado en atributos como apariencia externa (6), mejor color de piel (5,3) y mayor firmeza (5,5), mientras que el estadio 3 o estadio de consumo destacó por su color de pulpa (5,7), su sabor a fruta (5,6) y su jugosidad (5,3). Por último en relación a la valoración final o test hedónico, fue el estadio 3 el que más gusto a los consumidores que fue este estadio el que presentó su mejor punto óptimo de consumo.

VI.2.3.3 Compuestos volátiles en higos a lo largo de la maduración.

Por el contrario, en higos un total de 57 compuestos fueron identificados (Tablas 5 y 6) que estaban clasificados en 9 hidrocarburos, 4 alcoholes, 20 aldehídos, 3 cetonas, 3 ácidos, 3 ésteres, 8 furanos, 4 monoterpenos, 2 piranonas y un 1 éter variando su concentración entre diferentes variedades. En general, todos estos compuestos también mostraron una gran variabilidad entre las diferentes variedades testadas. Los higos de 'De

Rey', 'Banane', Cuello Dama Blanco' y 'Cuello Dama Negro' fueron los que mostraron una mayor concentración de estos compuestos aromáticos.

Al igual que en brevas, los hidrocarburos en higos, mostraron alta variabilidad entre las diferentes variedades estudiadas, siendo el hexano también uno de los hidrocarburo más abundante. Estos hidrocarburos aunque se encontraron en altas cantidades, su origen puede ser atribuible a las oxidación lipídica. Por tanto, debido a su escasa aportación al olor, son considerados que no contribuyen al aroma de los higos.

Los alcoholes en higos representaron del 1,45-3,45% del área total, siendo su contenido inferior a las brevas. Entre las variedades que fueron abundantes en alcoholes destacaron 'San Antonio' y 'Blanca Bétera'. Entre los alcoholes identificados, el principal alcohol lineal identificado fue el 3-heptanol que fue más abundante en variedades como 'Blanca Bétera', 'Brown Turkey' y 'San Antonio' con 0,7,0,4 y 0,3 % del área total mientras que fue identificado el alcohol ramificado 3-buten-1-ol, 3-metil que fue más abundante entre las variedades 'Blanca Bétera', 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' y 'Tres Voltas L'Any' con 0,1% del área total.

Los aldehídos fue el grupo predominante en higos al igual que en brevas, representan un 6-25% del área total aunque este porcentaje fue inferior a brevas. Las variedades 'De Rey', 'Cuello Dama Negro' y 'Blanca Bétera' mostraron mayor contenido en estos compuestos aromáticos. En higos se identificaron más aldehídos que en brevas. De entre ellos destacaron, el propanal, en un rango de 0,3-0,6% en los higos de 'Colar Elche' y 'San Antonio'. Los aldehídos lineales hexanal y 2-hexenal fueron los más abundantes con un 0,2-1,5% y 0,4-3,2% del área total. El hexanal fue abundante en los higos de 'Brown Turkey' y 'De Rey' mientras que el 2-hexenal lo fue en Blanca Bétera' y 'Brown Turkey'. Otros aldehídos lineales como el nonanal o decanal se encontraron en un rango de 0,7-2,8% y 0,1-0,7% en higos de 'San Antonio' y 'Tres Voltas L'Any' y 'Blanca Bétera' y Tres Voltas L'Any' respectivamente. Los aldehídos ramificados como el 2-butenal, 2-metil fue abundante en 'San Antonio' mientras que el butanal-2-metil lo fue 'Banane', al igual que en brevas. También se identifico el benzaldehído como aldehído aromático en cantidades de 1,3-10,4% siendo predominante en higos de 'Brown Turkey' y 'Cuello Dama Negro', seguida de 'Blanca Bétera' y 'Tres Voltas L'Any'. El resto de aldehídos identificados como el

IV. Resultados

heptanal, 2-pentenal, el 2,4-hexadienal, 2,4-Heptadienal o el octanal entre otros, fueron detectados en bajas cantidades en higos.

Otro grupo de compuestos aromáticos en higos fueron las cetonas que representaron del 2-4% del área total. Entre las cetonas identificadas fueron 3-heptanona, 1,3- ciclopentanona y el 2-ciclopenten-1-one-2 hidroxil-3 metil. La 3-heptanona fue la más abundante. Principalmente estas cetonas, estuvieron presentes en mayor cantidad en variedades como 'Cuello Dama Blanco', 'Tres Voltas L'Any' y 'Brown Turkey'.

Los ácidos identificados en higos como el ácido acético, el ácido hexanoico, 2-etil y el ácido nonanoico representaron del 1-4% del área total. 'Cuello Dama Blanco', 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' y 'Tres Voltas L'Any' con mayor contenido en estos ácidos. El ácido más abundante en higos, al igual que en brevas fue el ácido hexanoico, 2-etil con un 0,9-2,1% del área total que fue más abundante en variedades como 'Tres Voltas L'Any', 'Cuello Dama Negro' y 'Cuello Dama Blanco'.

El contenido en esteroides fue superior al de brevas con un 3-31% del área total y fueron identificados 3 de ellos, como el ácido acético metil ester, el etil acetato y el ácido butanoico, metil ester predominando en las variedades 'San Antonio', y 'Banane'. El etil acetato fue el más abundante con un 2-28,5% mientras que el ácido butanoico, metil ester se encontró en cantidades inferiores al 1%. El etil acetato fue predominante en variedades como 'San Antonio', 'Banane' y 'Colar Elche'.

Los furanos representaron en higos un 3-30% del área total y fueron mayoritarios en variedades como 'De Rey' y 'Cuello Dama Blanco'. De entre los furanos identificados, el furfural y el 2-furanmetanol fueron los más abundantes con un 0,9-4,1 y 1,2-3,7% del área total respectivamente. Estos compuestos estaban presentes en mayor contenido en variedades como 'Cuello Dama Blanco', 'De Rey' y 'Tres Voltas L'Any'. Otros furano importante en higos fue el 2-furancarboxaldehído-5-hidroximetil que fue predominantes en los higos de

'De Rey', 'Cuello Dama Blanco' y 'Cuello Dama Negro' con 13,6, 10,6 y 10,3% respectivamente. El resto de furanos como el 2(3H) furanona 5 metil, el 2,5-dimetil-4-hidroxil-3(2H)-furanona, el ácido furancarboxílico metil ester, el 5-hidroximetil-2(5H)-

furanona o el 4H-piranona-4-one-3,5 dihidro-3,5 hidroxio-2-metil se encontraron en menores cantidades.

Las piranonas representaron un 2-13% del área total. Las piranonas identificadas fueron las mismas que en brevas y destacó el 3-hidroxio 2,3, dihidromaltol que fue característica de la variedad 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco' y 'Cuello Dama Negro' representando un 12,2, 9,9 y 9% del área total.

Los monoterpenos en higos fueron detectados en bajas cantidades (1-2% área total) representando un grupo minoritario al igual que en brevas. De entre ellos, destacó el limoneno con un 0,2-0,4% en los higos de 'Blanca Bétera' y 'Brown Tureky'. El resto de monoterpenos como el linalol, fueron identificados en cantidades 0,1-1,6% en variedades como 'San Antonio', 'Cuello Dama Blanco' y 'Blanca Bétera'.

Por últimos, el único éter identificado en todas las variedades fue el etil éter, al igual que en brevas, en cantidades inferiores al 1% del área total, siendo predominante los higos de 'Banane' y 'Tres Voltas L'Any'.

En relación a los diferentes estadios de maduración, en la tabla 7 se muestran las diferentes familias de compuestos volátiles identificados en higos respecto a las variedades testadas y en los tres estadios de maduración establecidos. Por lo general, al igual que en brevas, los compuestos aromáticos tendieron a aumentar a lo largo de la maduración siendo en el estadio 3 donde la concentración de estos compuestos fue mayor. Entre los grupos principales de volátiles encontrados en higos, destacaron los alcoholes, aldehídos, los furanos, las piranonas y los ésteres que mostraron un mayor contenido entre las variedades durante la maduración. Por el contrario, no se observaron diferencias significativas a lo largo de la maduración entre las cetonas y los ácidos. Los higos de 'De Rey' destacaron por su alto contenido en compuestos volátiles como alcoholes, aldehídos, ésteres, furanos y piranonas siendo el estadio 3 el que mostró mayor cantidad de estos compuestos, seguida de 'Cuello Dama Blanco' y 'San Antonio'.

VI.2.3.4 Análisis sensorial en higos a lo largo de la maduración.

Al igual que en brevas se realizó un análisis sensorial en higos de cada una de las variedades estudiadas y en los estadios 2 y 3 de maduración establecidos (tabla 8). Como

IV. Resultados

observamos en la tabla 4, se observaron diferencias significativas entre variedades y los atributos más valorados en los higos fueron el aspecto externo, su color de piel y pulpa, el sabor a fruta, su jugosidad, su firmeza y la valoración final de los higos. El resto de atributos como el sabor, ácido, amargo o las semillas obtuvieron las menores puntuaciones. Los higos de 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' y 'Cuello Dama Blanco' presentaron la mejor apariencia externa y color de piel, mientras que los higos de 'Cuello Dama Blanco' y 'San Antonio' mostraron mejor sabor a fruta con 6,7 y 6,2. Con respecto al sabor dulce no se observaron diferencias significativas entre variedades con valores de entre 2,9.4.3. Los higos de 'Banane', 'San Antonio' y 'Banca Bétera' fueron los más jugosos. Por últimos fueron las variedades 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco' y San Antonio' las que más gustaron a los catadores con puntuaciones de 6,1,6,7 y ,6,6. En contra, 'Tres Voltas L'Any' y 'Brown Turkey' fueron las peores valoradas.

En relación a los estadios de maduración, por lo general no se observaron diferencias significativas entre atributos pero la mayoría de ellos, el estadio 2 o estadio comercial fue el más valorado por los catadores en aspectos como la apariencia externa (6,2), el color de piel (6) y pulpa (5,2), el sabor a fruta (5,2) y la firmeza (6,2). Mientras que con respecto al sabor dulce, ácido, amargo o la jugosidad fue mejor valorado el estadio 3. Por último, en relación a la valoración global o test realizado a los consumidores, aunque el estadio 2 fue mejor valorado en la mayoría de los atributos descriptivos, fue el estadio 3 o estadio de consumo el que más gusto a los catadores.

Tabla 1. Tabla general de compuestos volátiles identificados en brevas durante de la maduración.

Compuestos volátiles	Cd ¹	ID ²	Ik ³	RT ⁴	Compuestos volátiles	cd	ID	Ik	RT
<i>Hidrocarburos</i>					<i>Cetonas</i>				
Pentano, 2-metil	H1	A	570	7,0	2-Butanone, 3-hidroxi	ONA1	B	718	15,9
Pentano, 3-metil	H2	A	585	7,7	3-Heptanona	ONA2	B	889	24,3
Hexano	H3	A	600	8,4					
Ciclopentano, metil	H4	B	635	10,3	<i>Ácidos</i>				
Hexano 3 metil	H6			13,2	Ácido hexanoico	AC1	A	1001	28,9
Heptano	H6	A	700	14,7	Ácido hexanoico, 2-etil	AC2	B	1114	32,6
Etil benzeno	H7		862	23,6					
p-xylene	H8		870	23,8	<i>Esteres</i>				
					Ácido acético metil ester	ES1	B		6,2
<i>Alcoholes</i>					Etil acetato	ES2	A	628	9
1-Penten-3-ol	OL1	B		13,6	Ácido butanoico, metil ester	ES3	A	723	16,4
3-Buten-1-ol, 3-metil	OL2	B	726	16,7	2-ácido butanoico, metil ester	ES4	B	760	18,7
1-Butanol, 2-metil	OL3	B	740	17,1	Metil 2-metilbutirato	ES5	C	770	19,1
3-Heptanol	OL4	B	894	24,7					
2-Heptanol, 3-metil	OL5	B	989	28,8	<i>Furanos</i>				
Alcohol ramificado	OL6	C	1028	29,9	Furfural	F1	A	830	21,9
Benzil alcohol	OL7	A	1032	30,3	2-Furanmetanol	F2	B	859	23
Alcohol aromático	H10	C	1062	31,7	2(5H)-Furanona, 5-metil	F3	B	946	26

IV. Resultados

					Furanol	F4	B	1058	30,8
<i>Aldehídos</i>					5-Hidroximetilfurfural	F5	B	1224	36,4
Propanal	AL1	B		5,2					
2-Butenal (E)	AL2	B	640	11,6	<i>Monoterpenos</i>				
Butanal, 3-metil	AL3	A	645	11,9	α -pineno	T1	A	940	26,7
Butanal, 2-metil	AL4	A	660	12,5	Monoterpeno desconocido 1	T2	C	997	28,8
2-Butenal, 2-metil-, (E)-	AL5	B	745	17,5	Monoterpeno desconocido 2	H9	C	1010	29,2
2-Pentenal, (E)-	AL6	B	750	18,0	Limoneno	T3	A	1030	30,3
2-Butenal, 3-metil	AL7	B	783	19,4	Linalol	T4	B	1098	32,4
Hexanal	AL8	A	800	20,2					
2-Hexenal (E)-	AL9	A	853	22,8	<i>Pirانونas</i>				
2,4 Hexadienal, (E,E)-	AL10	B	910	25,4	2H-Piran-3,4-dihidro	P1			25,5
Benzaldehído	AL11	A	952	27,8	3-hidroxi 2,3 dihidro maltol	P2	B	1140	34,23
Octanal	AL12	A	1004	28,9	Piranona desconocida	P3	C		35,8
2,4-Heptadienal	AL13		1015	29,4					
Nonanal	AL14	A	1106	32,5	<i>Éteres</i>				
					Etil éter	ET1	A		5,3

¹cd:

²ID:

³IK: Índice de Kovats

⁴RT: Tiempo de retención

Tabla 2. Compuestos volátiles identificados en brevas de cada una de las variedades estudiadas durante la maduración.

Cd ¹	BB		BN		BT		CDB		CDN		CE		SA		TI		TV		p
	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	
ol	6^c	1,0	311^b	2,6	254^{bc}	11,8	607^a	15,5	15^c	2,2	592^a	6,8	38^c	3,7	239^{bc}	8,7	35^c	3,9	**
OL1	>1 ^b	-	45 ^a	0,4	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	3 ^b	-	>1 ^b	-	8 ^b	0,3	5 ^b	0,6	**
OL2	6 ^b	1,0	>1 ^b	-	13 ^b	0,6	3 ^b	0,1	8 ^b	1,1	10 ^b	0,1	10 ^b	0,9	48 ^a	1,8	16 ^b	1,8	**
OL3	>1 ^c	-	76 ^c	0,6	155 ^{bc}	7,2	369 ^a	9,4	7 ^c	1,0	296 ^{ab}	3,4	27 ^c	2,7	68 ^c	2,5	>1 ^c	-	**
OL4	>1 ^c	-	149 ^{ab}	1,2	>1 ^c	-	185 ^a	4,7	>1 ^c	-	231 ^a	2,6	>1 ^c	-	96 ^{abc}	3,5	14 ^{bc}	1,6	**
OL5	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	1	0,1	1	-	>1	-	
OL6	>1	-	28	0,2	>1	-	17	0,4	>1	-	9	0,1	>1	-	>1	-	>1	-	
OL7	>1 ^c	-	13 ^{bc}	0,1	86 ^a	4,0	33 ^{bc}	0,8	>1 ^c	-	43 ^b	0,5	>1 ^c	-	17 ^{bc}	0,6	>1 ^c	-	**
al	170^b	30,1	2187^a	18,1	818^{ab}	38,1	768^{ab}	19,6	385^{ab}	55,6	1306^{ab}	14,9	251^{ab}	24,7	943^{ab}	34,4	467^{ab}	52,3	*
AL1	68 ^{ab}	11,9	111 ^{ab}	0,9	82 ^{ab}	3,8	44 ^b	1,1	50 ^b	7,2	154 ^a	1,8	82 ^{ab}	8,1	119 ^{ab}	4,3	62 ^{ab}	7,0	*
AL2	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	.
AL3	>1	-	13	0,1	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	
AL4	>1	-	33	0,3	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	
AL5	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	
AL6	>1	-	280	2,3	>1	-	99	2,5	3	0,4	>1	-	73	7,1	>1	-	2	0,2	
AL7	8 ^{bc}	1,4	39 ^a	0,3	10 ^{bc}	0,5	28 ^{ab}	0,7	7 ^{bc}	1,0	53 ^a	0,6	>1 ^c	-	47 ^a	1,7	8 ^{bc}	0,9	**

IV. Resultados

AL8	14	2,4	157	1,3	104	4,8	7	1,9	14	2,0	73	0,8	11	1,1	71	2,6	71	7,9	
AL9	60	10,6	183	1,5	207	9,6	103	2,6	45	6,6	94	1,1	32	3,2	33	1,2	195	21,8	
AL10	2	0,3	14	0,1	3	0,1	7	0,2	>1	-	7	0,1	>1	-	>1	-	14	1,6	
AL11	20 ^b	3,5	1297 ^a	10,7	412 ^{ab}	19,2	391 ^{ab}	10,0	267 ^{ab}	38,5	770 ^{ab}	8,8	50 ^b	4,9	591 ^{ab}	21,6	112 ^b	12,5	*
AL12	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	2	0,8	>1	-	
AL13	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	.
AL14	>1 ^c	-	64 ^b	0,5	>1 ^c	-	21 ^{bc}	0,5	>1 ^c	-	155 ^a	1,8	3 ^c	0,3	62 ^b	2,3	4 ^c	0,5	**
ona	>1^c	-	223^{ab}	1,8	>1^c	-	234^{ab}	6,0	>1^c	-	431^a	4,9	3^c	0,3	146^{bc}	5,3	13^c	1,4	**
ONA1	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	3	0,3	>1	-	>1	-	
ONA2	>1 ^c	-	223 ^{ab}	1,8	>1 ^c	-	234 ^{ab}	6,0	>1 ^c	-	431 ^a	4,9	>1 ^c	-	146 ^{bc}	5,3	13 ^c	1,4	**
ac	>1^c	-	438^{ab}	3,6	>1^c	-	199^{bc}	5,1	>1^c	-	728^a	8,3	>1^c	-	471^{ab}	17,2	16^c	1,8	**
AC1	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	18	0,7	>1	-	
AC2	>1 ^c	-	438 ^{ab}	3,6	>1 ^c	-	199 ^{bc}	5,1	>1 ^c	-	728 ^a	8,3	>1 ^c	-	453 ^{ab}	16,6	16 ^c	1,8	**
es	2^c	0,3	143^{ab}	1,2	64^{bc}	3,0	151^{ab}	3,9^c	9^c	1,3	203^a	2,3	53^{bc}	5,2	89^{abc}	3,2	10^c	1,1	**
ES1	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	9	1,3	>1	-	34	3,3	>1	-	>1	-	
ES2	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	
ES3	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	12	1,2	>1	-	>1	-	
ES4	2 ^c	0,3	143 ^{ab}	1,2	64 ^{bc}	3,0	151 ^{ab}	3,9	>1 ^c	-	203 ^a	2,3	4 ^c	0,4	89 ^{bc}	3,2	10 ^c	1,1	**
ES5	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	2	0,2	>1	-	>1	-	

f	4	0,7	5226	43,2	389	18,1	402	10,3	4	0,6	2342	26,7	2	0,2	142	5,2	10	1,2	
F1	1	0,1	1545	12,8	179	8,3	285	7,3	0	0,0	503	5,7	0	0,0	54	2,0	0	0,0	
F2	3 ^a	0,6	576 ^a	4,8	58 ^a	2,7	35 ^a	0,9	4 ^a	0,6	476 ^a	5,4	2 ^a	0,2	26 ^a	0,9	10 ^a	1,2	*
F3	>1 ^a	-	177 ^a	1,5	18 ^a	0,9	58 ^a	1,5	>1 ^a	-	184 ^a	2,1	>1 ^a	-	2 ^a	0,1	>1 ^a	-	*
F4	>1 ^a	-	143 ^a	1,2	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	*
F5	>1	-	2785	23,0	133	6,2	24	0,6	>1	-	1179	13,5	>1	-	60	2,2	>1	-	
t	>1^c	-	27^c	0,2	6^c	0,3	99^{ab}	2,5	>1^c	-	150^a	1,7	35^{bc}	3,4	27^c	1,0	>1^c	-	**
T1	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	8 ^a	0,8	>1 ^a	-	>1 ^a	-	*
T2	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	>1 ^a	-	27 ^a	2,6	>1 ^a	-	>1 ^a	-	*
T3	>1 ^c	-	27 ^c	0,2	6 ^c	0,3	99 ^a	2,5	>1 ^c	-	150 ^a	1,7	>1 ^c	-	27 ^c	1,0	>1 ^c	-	**
T4	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	.
p	1	0,1	2901	24,0	175	8,1	1226	31,4	0	0,1	1989	22,7	3	0,3	142	5,2	>1	-	
P1	0	0,1	270	2,2	16	0,7	66	1,7	>1	-	163	1,9	1	0,1	12	0,4	>1	-	
P2	1	0,1	2110	17,5	120	5,6	922	23,6	0	0,1	1410	16,1	3	0,3	103	3,8	>1	-	
P3	>1	-	521	4,3	39	1,8	238	6,1	>1	-	416	4,8	>1	-	28	1,0	>1	-	
ET	383	67,7	327	2,7	350	16,3	158	4,1	279	40,2	372	4,2	631	62,1	439	16,0	341	38,2	
ET1	383	67,7	327	2,7	350	16,3	158	4,1	279	40,2	372	4,2	631	62,1	439	16,0	341	38,2	

IV. Resultados

Total	566	12094	2148	3909	693	8762	1016	2737	893
-------	-----	-------	------	------	-----	------	------	------	-----

Cd¹:

¹ Variedad: BB 'Blanca Bétera', BN 'Banane', BT 'Brown Turkey', CDB 'Cuello Dama Blanco', CDN 'Cuello Dama Negro', CE 'Colar Elche', SA 'San Antonio', TI 'Tiberio', TV 'Tres Voltas L'Any'.

Tabla 3. Familias de los compuestos volátiles identificados en brevas en los diferentes estadios de maduración establecidos.

Variedad ¹	Ácidos		Aldehídos		Esteres		Éteres		Furanos		Alcoholes		Cetonas		Piranonas		Monoterpenos	
	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%
BB 1	>1 ^b	-	171 ^b	42,4	>1 ^b	-	225	55,7	5 ^b	1,1	3 ^f	0,7	>1 ^d	-	>1 ^b	-	>1 ^d	-
BB 2	>1 ^b	-	246 ^b	29	6 ^b	0,7	584	68,8	5 ^b	0,5	8 ^{ef}	1	>1 ^d	-	>1 ^b	-	>1 ^d	-
BB 3	>1 ^b	-	94 ^b	21	>1 ^b	-	342	76,4	2 ^b	0,5	6 ^{ef}	1,4	>1 ^d	-	2 ^b	0,5	>1 ^d	-
BN 1	259 ^b	10,9	820 ^b	34,6	106 ^{ab}	4,5	347	14,6	172 ^b	7,3	174 ^{def}	7,3	124 ^{bcd}	5,2	198 ^b	8,3	29 ^{bcd}	1,2
BN 2	323 ^b	12,1	422 ^b	15,8	82 ^{ab}	3,1	249	9,4	490 ^b	18,4	268 ^{cdef}	10,1	164 ^{bcd}	6,2	373 ^b	14	25 ^{bcd}	0,9
BN 3	733 ^{ab}	2,3	5318 ^a	17	242 ^{ab}	0,8	384	1,2	15000 ^a	48	489 ^{abcd}	1,6	382 ^{abcd}	1,2	8132 ^a	26	29 ^{bcd}	0,1
BT 1	>1 ^b	-	535 ^b	41,9	52 ^b	4,1	408	31,9	39 ^b	3,1	214 ^{cdef}	16,8	>1 ^d	-	15 ^b	1,2	5 ^d	0,4
BT 2	>1 ^b	-	607 ^b	48,5	51 ^b	4,1	375	30	31 ^b	2,5	148 ^{def}	11,9	>1 ^d	-	16 ^b	1,3	4 ^d	0,3
BT 3	>1 ^b	-	1313 ^b	33,5	88 ^{ab}	2,2	267	6,8	1096 ^b	28	401 ^{bcde}	10,2	>1 ^d	-	493 ^{ab}	12,6	8 ^{cd}	0,2
CDB 1	304 ^b	14,7	524 ^b	25,3	119 ^{ab}	5,8	248	12	49 ^b	2,4	580 ^{abc}	28	98 ^{cd}	4,7	36 ^b	1,7	73 ^{bcd}	3,5
CDB 2	104 ^b	4,9	492 ^b	23,3	183 ^{ab}	8,7	94	4,5	221 ^b	10,5	383 ^{bcdef}	18,2	164 ^{bcd}	7,8	238 ^b	11,3	77 ^{bcd}	3,6
CDB 3	189 ^b	2,5	1286 ^b	17,1	152 ^{ab}	2	133	1,8	935 ^b	12,4	858 ^a	11,4	440 ^{abc}	5,8	3404 ^{ab}	45,1	147 ^{ab}	1,9
CDN 1	>1 ^b	-	408 ^b	56,3	11 ^b	1,5	287	39,6	7 ^b	0,9	12 ^{ef}	1,6	>1 ^d	-	>1 ^b	-	>1 ^d	-
CDN 2	>1 ^b	-	281 ^b	40,3	10 ^b	1,5	388	55,6	3 ^b	0,4	14 ^{ef}	2,1	>1 ^d	-	1 ^b	0,2	>1 ^d	-
CDN 3	>1 ^b	-	466 ^b	71,1	7 ^b	1	161	24,5	3 ^b	0,5	19 ^{ef}	2,8	>1 ^d	-	>1 ^b	-	>1 ^d	-

IV. Resultados

CE 1	496 ^b	4,2	1674 ^b	14,3	210 ^{ab}	1,8	485	4,2	3733 ^{ab}	32	763 ^{ab}	6,5	572 ^a	4,9	2858 ^{ab}	24,5	128 ^{abc}	1,1
CE 2	331 ^b	8,7	846 ^b	22,3	100 ^{ab}	2,6	207	5,4	668 ^b	17,6	247 ^{cdef}	6,5	221 ^{abcd}	5,8	667 ^{ab}	17,6	88 ^{bcd}	2,3
CE 3	1358 ^a	12,6	1398 ^b	12,9	299 ^a	2,8	424	3,9	2626 ^{ab}	24,3	766 ^{ab}	7,1	502 ^{ab}	4,6	2442 ^{ab}	22,6	232 ^a	2,1
SA1	>1 ^b	-	267 ^b	67,6	>1 ^b	-	72	18,2	3 ^b	0,8	46 ^{ef}	11,7	>1 ^d	-	7 ^b	1,7	>1 ^d	-
SA 2	>1 ^b	-	156 ^b	8,7	142 ^{ab}	7,9	1346	74,8	>1 ^b	-	64 ^{ef}	3,6	10 ^d	0,6	3 ^b	0,2	77 ^{bcd}	4,3
SA 3	>1 ^b	-	331 ^b	38,7	16 ^b	1,9	475	55,6	2 ^b	0,2	3 ^f	0,4	>1 ^d	-	1 ^b	0,1	27 ^{bcd}	3,2
TI 1	314 ^b	10,6	1767 ^b	59,9	56 ^{ab}	1,9	397	13,5	3 ^b	0,1	301 ^{cdef}	10,2	91 ^{cd}	3,1	>1 ^b	-	20 ^{cd}	0,7
TI 2	525 ^b	24	453 ^b	20,7	84 ^{ab}	3,8	325	14,9	185 ^b	8,5	167 ^{def}	7,6	152 ^{bcd}	7	162 ^b	7,4	25 ^{bcd}	1,2
TI 3	575 ^b	18,7	608 ^b	19,8	126 ^{ab}	4,1	594	19,3	237 ^b	7,7	248 ^{cdef}	8,1	194 ^{abcd}	6,3	266 ^b	8,6	36 ^{bcd}	1,2
TV 1	49 ^b	4,5	442 ^b	40,2	29	2,6	469	42,7	5 ^b	0,4	66 ^{ef}	6	39 ^d	3,5	>1 ^b	-	1 ^d	0,1
TV 2	>1 ^b	-	259 ^b	50,9	>1 ^b	-	231	45,4	6 ^b	1,3	12 ^{ef}	2,4	>1 ^d	-	>1 ^b	-	>1 ^d	-
TV 3	>1 ^b	-	701 ^b	65,4	>1 ^b	-	324	30,2	20 ^b	1,9	27 ^{ef}	2,5	>1 ^d	-	>1 ^b	-	>1 ^d	-
P	0		0,003		0		0,909		0,07		0		0		0,089		0	

¹ Variedad: BB 'Blanca Bétera', BN 'Banane', BT 'Brown Turkey', CDB 'Cuello Dama Blanco', CDN 'Cuello Dama Negro', CE 'Colar Elche', SA 'San Antonio', TI 'Tiberio' TV 'Tres Voltas L'Any'.

Tabla 4: Atributos sensoriales de brevas de cada una de las variedades y estadios durante la maduración.

Variedad ¹	Atributos sensoriales										Valoración global
	Apariencia externa	Color piel	Color pulpa	Sabor fruta	Sabor dulce	Sabor ácido	Sabor amargo	Jugosidad	Firmeza	Semillas	
CDB	5,5 ^{abc}	5,8 ^{ab}	3,2 ^c	5,2 ^a	5,4 ^a	1,5 ^a	1,3 ^c	5,6 ^{ab}	4,2 ^{de}	4,2 ^a	4,7 ^a
BT	6,0 ^a	5,2 ^{abc}	6,3 ^a	4,9 ^a	3,3 ^{cd}	2,3 ^a	4,0 ^a	5,2 ^{ab}	5,7 ^{abc}	3,7 ^a	5,5 ^a
TI	5,7 ^{abc}	5,3 ^{abc}	4,6 ^b	5,1 ^a	5,0 ^{ab}	2,1 ^a	1,8 ^c	6,1 ^a	4,5 ^{cde}	3,8 ^a	5,7 ^a
SA	5,9 ^{ab}	5 ^{abc}	5,3 ^{ab}	5,2 ^a	3,4 ^{bcd}	1,6 ^a	3,4 ^{ab}	5,5 ^{ab}	6,1 ^{ab}	4,1 ^a	5,6 ^a
CDN	6,1 ^a	6,3 ^a	6,0 ^a	5,4 ^a	4,0 ^{abcd}	1,9 ^a	3,6 ^{ab}	5,1 ^{ab}	5,4 ^{abcd}	3,7 ^a	5,7 ^a
BN	4,6 ^{bc}	4,5 ^{bc}	5,6 ^{ab}	4,5 ^a	3,6 ^{bcd}	2,1 ^a	1,9 ^c	4,8 ^{ab}	4,5 ^{cde}	3,6 ^a	4,4 ^a
CE	6,3 ^a	5,4 ^{abc}	5,6 ^{ab}	5,4 ^a	2,5 ^d	1,8 ^a	3,6 ^a	4,7 ^{ab}	6,4 ^a	2,8 ^a	5,5 ^a
TV	4,3 ^c	4,3 ^c	5,6 ^{ab}	5,0 ^a	4,6 ^{abc}	2,0 ^a	2,0 ^{bc}	5,2 ^{ab}	3,8 ^e	3,3 ^a	5,1 ^a
BB	5,6 ^{abc}	5,5 ^{abc}	5,1 ^{ab}	5,1 ^a	4,5 ^{abc}	2,2 ^a	1,9 ^c	4,7 ^b	4,8 ^{bcde}	4,0 ^a	5,2 ^a
Estadio											
2	6,0 ^a	5,3 ^a	5,0 ^b	4,6 ^b	3,6 ^b	2,0 ^a	2,6 ^b	5,2 ^a	5,5 ^a	3,7 ^a	5,0 ^b
3	5,3 ^b	5,2 ^a	5,7 ^a	5,6 ^a	4,1 ^a	1,8 ^a	3,1 ^a	5,3 ^a	5,0 ^b	3,8 ^a	5,8 ^a
p variedad	***	***	***	ns	***	ns	***	*	***	+	*
p estadio	***	ns	***	***	*	ns	*	ns	**	ns	***

¹ Variedad: CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', TI 'Tiberio', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera',

IV. Resultados

Tabla 5. Tabla general de compuestos volátiles identificados en higos durante de la maduración.

Compuestos volátiles	CD	ID	IK	RT	Compuestos volátiles	CD	ID	IK	RT
<i>Hidrocarburos</i>					<i>Cetonas</i>				
Pentano-2-metil	H1	A	570	7,0	3-Heptanona	ONA1	B	889	24,3
Pentano-3-metil	H2	A	585	7,7	1,3- Ciclopentanona	ONA2			28,8
Hexano	H3	A	600	8,9	2-Ciclopenten-1-one-2 hidrox-3 metil	ONA3			30,0
Ciclopentano-metil	H4	B	635	10,3					
Heptano	H5	A	700	14,7	<i>Ácidos</i>				
Toludeno//2-Buteno, 2-metil	H6			18,8	Ácido acético	AC1	A	1001	8,3
Etil benzeno	H7		862	23,6	Ácido hexanoico, 2-etil	AC2	B	1114	32,6
p-xileno	H8		870	23,8	Acido Nonanoico	AC3			37,3
Heptadecano//Decano	H9			39,4					
<i>Alcoholes</i>					<i>Esteres</i>				
3-Buten-1-ol, 3-metil	OL1	B	726	16,7	Ácido acético metil ester	ES1	B		6,2
3-Heptanol	OL2	B	894	24,7	Etil acetato	ES2	A	628	9,6
Alcohol ramificado	OL3	C	1028	29,8	Ác. Butanoico, metil ester	ES3	A	723	16,4
Alcohol aromático	OL4	C	1062	31,7	<i>Furanos</i>				
					Furfural	F1	A	830	21,9
					2-Furanmetanol	F2	B	859	23,0
<i>Aldehídos</i>					2(3H) Furanona 5 metil	F3	B	946	26,0
Propanal	AL1	B		5,2	2,5-dimetil-4-hidrox-3(2H)-Furanona	F4			30,8
2-Butenal (E)	AL2	B	640	11,6	Ác. Furancarboxilico metil ester	F5			32,2
Butanal, 3-metil	AL3	A	645	11,9	5-hidroximetil-2(5H)furanona	F6			34,9
Butanal- 2 metil	AL4	A	660	12,5					

2-Butenal, 2-metil, (E)-	AL5	B	745	17,5	4H-Piranona-4-one-3,5 dihidro-3,5 hidroxil-2-metil	F7			35,5
2-Pentanal, (E)-	AL6	B	750	18,0	2-Furancarboxaldehído-5-hidroxymethyl	F8			36,5
2-Butenal, 3-metil	AL7	B	783	19,4	<i>Monoterpenes</i>				
Hexanal	AL8	A	800	20,2	α -pineno	T1	A	940	26,7
2-Hexenal	AL9	A	853	22,8	Monoterpeno desconocido	T2	C	1010	29,2
Heptanal	AL10			25,1	Limoneno	T3	A	1030	30,3
2,4 Hexadienal (E,E)-	AL11	B	910	25,4	Linalol	T4	B	1098	32,6
2-Heptenal	AL12			27,4					
Benzaldehído	AL13	A	952	27,8	<i>Piranonas</i>				
Octanal	AL14	A	1004	29,1	2H-Piran-3,4-dihidro	P1			25,5
2,4-Heptadienal	AL15		1015	29,4	3-hidroxi 2,3 dihidro maltol	P2	B	1140	34,2
Benzenoacetaldehído	AL16			30,8					
1-Octanal, 2-butil/2-Dodecenal	AL17			31,1	<i>Éteres</i>				
Nonanal	AL18	A	1106	32,6	Etil éter	ET1	A		5,3
2 Nonenal	AL19			34,5					
Decanal	AL20			35,9					

¹cd:²ID:³IK: Índice de Kovats⁴RT: Tiempo de retención

IV. Resultados

Tabla 6. Compuestos volátiles identificados en higos de cada una de las variedades estudiadas durante la maduración.

Cd ¹	BB		BN		BT		CDB		CDN		CE		DR		SA		TV		P
	Media	%	Media	%	Media	%													
OL	552.8	3.38	297.8	1.45	137	1.92	445	2.23	446.9	2.25	290.4	2.25	814.7	1.99	177.2	3.95	238.4	2.57	
OL1	24 ^{ab}	0.1	>1 ^c	-	>1 ^c	-	23 ^{ab}	0.1	35 ^a	0.1	20 ^{abc}	0.1	12 ^{bc}	0.0	>1 ^c	-	20 ^{abc}	0.1	**
OL2	203 ^a	0.7	27 ^b	0.1	59 ^b	0.4	1 ^b	-	2 ^b	-	>1 ^b	-	81 ^b	0.1	27 ^b	0.3	>1 ^b	-	**
OL3	53 ^{ab}	0.2	>1 ^c	-	4 ^{bc}	0.0	>1 ^c	-	32 ^{abc}	0.1	32 ^{abc}	0.1	53 ^{ab}	0.1	59 ^a	0.7	4 ^{bc}	0.0	**
OL4	272 ^{ab}	0.9	271 ^{ab}	0.7	74 ^b	0.5	421 ^{ab}	1.1	379 ^{ab}	1.0	238 ^{ab}	1.0	668 ^a	0.8	91 ^b	1.1	214 ^{ab}	1.2	*
al	3416	18	1378	6	2385	25	2613	12	3307	15	2016	14	3892	9	935	18	1717	16	
AL1	90 ^{ab}	0.3	44 ^b	0.1	25 ^b	0.2	75 ^b	0.2	81 ^{ab}	0.2	155 ^{ab}	0.6	234 ^a	0.3	38 ^b	0.5	71 ^b	0.4	**
AL2	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	15	-	12	-	15	-	>1	-	>1	-	*
AL3	14	-	>1	-	>1	-	2	-	15	-	19	0.1	3	-	>1	-	6	-	
AL4	54 ^b	0.2	363 ^a	0.9	>1 ^b	-	6 ^b	-	168 ^{ab}	0.4	97 ^{ab}	0.4	38 ^b	-	1 ^b	-	18 ^b	0.1	**
AL5	241 ^{ab}	0.8	>1 ^c	-	90 ^{abc}	0.7	264 ^a	0.7	43 ^{bc}	0.1	25 ^c	0.1	27 ^c	-	107 ^{abc}	1.3	82 ^{abc}	0.5	**
AL6	51	0.2	>1	-	6	-	>1	-	125	0.3	6	-	24	-	18	0.2	16	0.1	
AL7	54	0.2	28	0.1	14	0.1	40	0.1	104	0.3	60	0.2	98	0.1	24	0.3	54	0.3	*
AL8	235 ^b	0.8	74 ^b	0.2	205 ^b	1.5	178 ^b	0.5	180 ^b	0.5	189 ^b	0.8	699 ^a	0.9	110 ^b	1.3	123 ^b	0.7	**
AL9	704 ^a	2.3	147 ^b	0.4	442 ^{ab}	3.2	302 ^b	0.8	143 ^b	0.4	184 ^b	0.7	407 ^{ab}	0.5	105 ^b	1.2	309 ^b	1.7	**
AL10	78	0.3	106	0.3	24	0.2	276	0.7	8	-	11	-	8	-	7	0.1	2	-	

IV. Resultados

AL11	2 ^b	-	>1 ^b	-	7 ^a	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	**
AL12	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	8	-	4	-	12	-	6	0.1	2	-	*
AL13	980 ^{ab}	3.2	534 ^{ab}	1.3	1440 ^{ab}	10.4	909 ^{ab}	2.4	1797 ^a	4.7	705 ^{ab}	2.8	1720 ^a	2.2	213 ^b	2.5	566 ^{ab}	3.2	**
AL14	116 ^a	0.4	22 ^{ab}	0.1	11 ^b	0.1	94 ^{ab}	0.2	71 ^{ab}	0.2	34 ^{ab}	0.1	56 ^{ab}	0.1	23 ^{ab}	0.3	28 ^{ab}	0.2	**
AL15	51 ^a	0.2	>1 ^b	-	>1 ^b	-	25 ^{ab}	0.1	14 ^{ab}	-	6 ^{ab}	-	7 ^{ab}	-	5 ^{ab}	0.1	13 ^{ab}	0.1	*
AL16	>1	-	46	0.1	24	0.2	114	0.3	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	*
AL17	25	0.1	2	-	2	-	43	0.1	19	-	30	0.1	7	-	9	0.1	6	-	*
AL18	501 ^a	1.6	2 ^d	-	94 ^{cd}	0.7	220 ^{bcd}	0.6	391 ^{ab}	1.0	424 ^{ab}	1.7	453 ^{ab}	0.6	234 ^{abcd}	2.8	324 ^{abc}	1.8	**
AL19	15	-	4	-	>1	-	>1	-	13	-	6	-	15	-	3	-	2	-	
AL20	205 ^a	0.7	5 ^b	-	>1 ^b	-	63 ^{ab}	0.2	113 ^{ab}	0.3	48 ^{ab}	0.2	69 ^{ab}	0.1	31 ^b	0.4	94 ^{ab}	0.5	**
ona	541	3	420	2	256	3	846	4	595	3	460	3	804	2	105	2	423	4	
ONA1	460	1.5	250	0.6	214	1.5	654	1.7	391	1.0	326	1.3	620	0.8	100	1.2	347	1.9	
ONA2	79	0.3	153	0.4	35	0.3	141	0.4	170	0.4	115	0.5	184	0.2	0	0.0	76	0.4	
ONA3	3	-	17	-	7	0.1	51	0.1	34	0.1	19	0.1	>1	-	5	0.1	>1	-	
ac	373	2	399	2	154	2	1015	4	940	4	555	4	1449	3	48	1	412	4	
AC1	>1	-	22	0.1	>1	-	67	0.2	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	
AC2	273 ^{ab}	0.9	357 ^{ab}	0.9	120 ^{ab}	0.9	781 ^{ab}	2.0	816 ^{ab}	2.1	483 ^{ab}	1.9	1431 ^a	1.8	41 ^b	0.5	373 ^{ab}	2.1	
AC3	100	0.3	20	0.1	34	0.2	167	0.4	124	0.3	71	0.3	17	-	7	0.1	39	0.2	
es	5148	20	9897	31	2156	18	800	3	3080	11	4701	23	1926	4	2434	31	1760	13	

IV. Resultados

ES1	52 ^{ab}	0.2	43 ^{ab}	0.1	40 ^{ab}	0.3	12 ^b	-	45 ^{ab}	0.1	93 ^a	0.4	29 ^{ab}	0.0	33 ^{ab}	0.4	27 ^b	0.2	*
ES2	5096 ^{ab}	16.4	9854 ^a	24.5	2115 ^b	15.3	788 ^b	2.0	2972 ^b	7.8	4608 ^b	18.4	1898 ^b	2.4	2401 ^b	28.5	1733 ^b	9.7	**
ES3	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	63	0.2	>1	-	>1	-	>1	-	>1	-	
f	3578	12	4999	13	1224	9	8801	26	7147	21	2998	13	20695	30	276	3	2756	17	
F1	816 ^{ab}	2.6	844 ^{ab}	2.1	194 ^b	1.4	1511 ^{ab}	3.9	878 ^{ab}	2.3	568 ^{ab}	2.3	3234 ^a	4.1	78 ^b	0.9	571 ^{ab}	3.2	
F2	790 ^{ab}	2.5	732 ^{ab}	1.8	266 ^b	1.9	1422 ^{ab}	3.7	751 ^{ab}	2.0	567 ^{ab}	2.3	2933 ^a	3.7	98 ^b	1.2	570 ^{ab}	3.2	*
F3	295 ^{ab}	0.9	188 ^b	0.5	69 ^b	0.5	462 ^{ab}	1.2	442 ^{ab}	1.2	280 ^{ab}	1.1	1018 ^a	1.3	42 ^b	0.5	224 ^{ab}	1.3	*
F4	>1 ^b	-	86 ^{ab}	0.2	81 ^{ab}	0.6	277 ^a	0.7	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	**
F5	30 ^b	0.1	>1 ^b	-	21 ^b	0.2	209 ^{ab}	0.5	244 ^{ab}	0.6	55 ^b	0.2	843 ^a	1.1	>1 ^b	-	>1 ^b	-	*
F6	>1	-	72	0.2	>1	-	130	0.3	225	0.6	>1	-	156	0.2	6	0.1	>1	-	
F7	342 ^{ab}	1.1	515 ^{ab}	1.3	118 ^b	0.9	698 ^{ab}	1.8	675 ^{ab}	1.8	184 ^b	0.7	1719 ^a	2.2	16 ^b	0.2	312 ^{ab}	1.7	*
F8	1304	4.2	2560	6.4	475	3.4	4093	10.6	3932	10.3	1346	5.4	10793	13.6	36	0.4	1079	6.1	
p	1897	6	2650	7	637	5	4375	12	3852	10	1619	6	10463	13	183	2	1690	10	
P1	303	1.0	223	0.6	66	0.5	568	1.5	420	1.1	217	0.9	771	1.0	46	0.5	207	1.2	
P2	1594 ^{ab}	5.1	2427 ^{ab}	6.0	572 ^b	4.1	3808 ^{ab}	9.9	3432 ^{ab}	9.0	1402 ^{ab}	5.6	9693 ^a	12.2	137 ^b	1.6	1483 ^{ab}	8.3	**
t	318	1	164	-	35	-	611	2	16	-	>1	-	117	-	146	2	>1	-	
T1	11 ^{ab}	-	61 ^a	0.2	5 ^{ab}	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	*
T2	>1 ^b	-	>1 ^b	-	7 ^b	0.1	70 ^a	0.2	>1 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	2 ^b	-	>1 ^b	-	*
T3	128 ^a	0.4	102 ^{ab}	0.3	22 ^{ab}	0.2	65 ^{ab}	0.2	16 ^{ab}	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	5 ^{ab}	0.1	>1 ^b	-	**

IV. Resultados

T4	179 ^b	0.6	>1 ^c	-	>1 ^c	-	476 ^a	1.2	0	-	>1 ^c	-	117 ^{bc}	0.1	139 ^{bc}	1.6	>1 ^c	-	**
ET	>1	-	52	0.1	4	-	>1	-	2	-	5	-	>1	-	>1	-	28	0.2	
ET1	>1 ^b	-	52 ^a	0.1	4 ^b	-	>1 ^b	-	2 ^b	-	5 ^b	-	>1 ^b	-	>1 ^b	-	28 ^{ab}	0.2	**
Total	31095	100	40217	100	13840	100	38565	100	38325	100	24997	100	79509	100	8430	100	17811	100	

Cd¹:

¹ Variedad: BB 'Blanca Bétera', BN 'Banane', BT 'Brown Turkey', CDB 'Cuello Dama Blanco', CDN 'Cuello Dama Negro', CE 'Colar Elche', DR 'De Rey', SA 'San Antonio', TV 'Tres Voltas L'Any'.

IV. Resultados

Tabla 7. Familias de los compuestos volátiles identificados en higos en los diferentes estadios de maduración establecidos.

Variedad ¹	Alcoholes		Aldehídos		Cetonas		Ácidos		Esteres		Furanos		Éteres		Piranonas		Monoterpenos	
	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%	Media	%
BB 1	462 ^{ab}	3.4	3123 ^b	23.3	147	1.1	89	0.7	7111 ^{abc}	53.1	1078 ^b	8.0	>1	-	536 ^b	4.0	353 ^{bc}	2.6
BB 2	638 ^{ab}	2.4	3968 ^{ab}	15.2	1012	3.9	618	2.4	7378 ^{abc}	28.3	6538 ^b	25.1	>1	-	3819 ^b	14.6	332 ^{bc}	1.3
BB 3	559 ^{ab}	4.9	3158 ^b	27.9	465	4.1	411	3.6	954	8.4	3119 ^b	27.5	>1	-	1336 ^b	11.8	269 ^{bc}	2.4
BN 1	433 ^{ab}	1.4	1627 ^{ab}	5.4	635	2.1	363	1.2	11920 ^{ab}	39.3	10108 ^b	33.3	40	0.1	4782 ^b	15.8	171 ^c	0.6
BN 2	402 ^{ab}	1.7	2108 ^{ab}	8.7	519	2.1	583	2.4	12511 ^a	51.6	4153 ^b	17.1	99	0.4	2747 ^b	11.3	263 ^{bc}	1.1
BN 3	59 ^b	0.8	400 ^{ab}	5.3	106	1.4	251	3.3	5261 ^{abc}	70.0	736 ^b	9.8	16	0.2	422 ^b	5.6	56 ^c	0.7
BT 1	60 ^b	0.7	2014 ^{ab}	22.8	67	0.8	285	3.2	5074 ^{abc}	57.4	619 ^b	7.0	>1	-	417 ^b	4.7	65 ^c	0.7
BT 2	70 ^b	2.0	2097 ^{ab}	59.8	127	3.6	67	1.9	866 ^c	24.7	154 ^b	4.4	2	-	60 ^b	1.7	>1 ^c	-
BT 3	281 ^{ab}	2.9	3045 ^{ab}	31.6	574	6.0	110	1.1	527 ^c	5.5	2900 ^b	30.1	35	0.4	1435 ^b	14.9	39 ^c	0.4
CDB 1	229 ^b	2.0	2281 ^{ab}	20.3	488	4.3	458	4.1	967 ^c	8.6	3299 ^b	29.3	>1	-	1834 ^b	16.3	575 ^{ab}	5.1
CDB 2	771 ^{ab}	1.8	4059 ^{ab}	9.6	1574	3.7	2291	5.4	290 ^c	0.7	20378 ^{ab}	48.4	>1	-	9914 ^{ab}	23.6	902 ^a	2.1
CDB 3	335 ^{ab}	3.6	1498 ^b	16.2	475	5.1	295	3.2	1144 ^c	12.4	2725 ^b	29.6	>1	-	1378 ^b	14.9	355 ^{bc}	3.9
CDN 1	198 ^b	2.0	2190 ^{ab}	22.3	477	4.9	267	2.7	3265 ^{abc}	33.3	1777 ^b	18.1	9	0.1	863 ^b	8.8	2 ^c	-
CDN 2	413 ^{ab}	2.6	3354 ^{ab}	21.1	464	2.9	679	4.3	2205	13.9	4915 ^b	30.9	>1	-	2413 ^b	15.2	>1 ^c	-

IV. Resultados

CDN 3	730 ^{ab}	2.0	4375 ^{ab}	11.9	845	2.3	1873	5.1	3770 ^{abc}	10.3	14749 ^b	40.2	>1	-	8279 ^{ab}	22.6	47 ^c	0.1
CE 1	382 ^{ab}	3.3	1678 ^b	14.6	619	5.4	847	7.4	1736 ^c	15.1	3202 ^b	27.9	>1	-	1919 ^b	16.7	>1 ^c	-
CE 2	311 ^{ab}	2.0	1725 ^{ab}	11.3	630	4.1	602	4.0	3679 ^{abc}	24.2	4788 ^b	31.5	>1	-	2316 ^b	15.2	>1 ^c	-
CE 3	178 ^b	1.3	2645 ^{ab}	18.8	130	0.9	215	1.5	8688 ^{abc}	61.9	1004 ^b	7.2	14	0.1	623 ^b	4.4	>1 ^c	-
DR 1	800 ^{ab}	4.1	3256 ^{ab}	16.6	980	5.0	1213	6.2	1408 ^c	7.2	5499 ^b	28.0	>1	-	4800 ^b	24.4	350 ^{bc}	1.8
DR 2	372 ^{ab}	3.4	2492 ^{ab}	22.6	470	4.3	374	3.4	1401 ^c	12.7	3077 ^b	27.8	>1	-	1727 ^b	15.6	>1 ^c	-
DR 3	1271 ^a	1.4	5929 ^a	6.4	963	1.0	2760	3.0	2969 ^{bc}	3.2	53511 ^a	57.5	>1	-	24863 ^a	26.7	>1 ^c	-
SA 1	175 ^b	5.8	623 ^b	20.8	186	6.2	61	2.0	1354 ^c	45.2	217 ^b	7.2	>1	-	132 ^b	4.4	127	4.3
SA 2	269 ^{ab}	4.0	1224 ^b	18.2	93	1.4	81	1.2	3597 ^{abc}	53.4	543 ^b	8.1	>1	-	385 ^b	5.7	207 ^{bc}	3.1
SA 3	88 ^b	2.4	957 ^b	26.2	36	1.0	1	-	2352 ^c	64.3	69 ^b	1.9	>1	-	31 ^b	0.8	103	2.8
TV 1	212 ^b	1.7	2019 ^{ab}	16.2	641	5.2	349	2.8	2252 ^c	18.1	3753 ^b	30.2	>1	-	2362 ^b	19.0	>1 ^c	-
TV 2	271 ^{ab}	3.3	1518 ^b	18.3	198	2.4	499	6.0	1814 ^c	21.9	1870 ^b	22.6	>1	-	1144 ^b	13.8	>1 ^c	-
TV 3	232 ^b	2.6	1613 ^b	17.9	430	4.8	388	4.3	1215 ^c	13.5	2646 ^b	29.4	83	0.9	1563 ^b	17.4	>1 ^c	-
P	0.007		0.002		0.826		0.036		0.000		0.002		0.001		0.002		0.000	

¹ Variedad: BB 'Blanca Bétera', BN 'Banane', BT 'Brown Turkey', CDB 'Cuello Dama Blanco', CDN 'Cuello Dama Negro', CE 'Colar Elche', DR 'De Rey', SA 'San Antonio', TV 'Tres Voltas L'Any'.

IV. Resultados

Tabla 8: Atributos sensoriales de higos de cada una de las variedades y estadios durante la maduración.

Variedad ¹	Atributos sensoriales										Valoración global
	Apariencia externa	Color piel	Color pulpa	Sabor fruta	Sabor dulce	Sabor ácido	Sabor amargo	Jugosidad	Firmeza	Semillas	
DR	6,3 ^{abc}	5,4 ^c	5,6 ^{ab}	5,8 ^{abc}	3,8 ^a	1,3 ^a	2,9 ^b	5,2 ^a	6,4 ^{abc}	3,3 ^{ab}	6,1 ^{ab}
CDB	6,5 ^{ab}	6,2 ^{ab}	6,0 ^a	6,7 ^a	3,1 ^a	1,4 ^a	5,1 ^a	4,7 ^a	6,8 ^{ab}	4,9 ^a	6,7 ^a
BT	6,1 ^{abc}	5,1 ^c	4,3 ^b	4,1 ^c	3,9 ^a	1,7 ^a	4,0 ^{ab}	4,8 ^a	6,0 ^{abc}	4,5 ^a	4,4 ^c
SA	5,6 ^{bc}	5,9 ^{ab}	5,7 ^{ab}	6,2 ^{ab}	4,1 ^a	1,2 ^a	3,7 ^{ab}	5,5 ^a	5,5 ^{bc}	3,8 ^{ab}	6,6 ^a
CDN	7,1 ^a	7,1 ^a	5,2 ^{ab}	4,4 ^{cd}	3,4 ^a	2,3 ^a	4,0 ^{ab}	4,4 ^a	7,2 ^a	2,6 ^b	5,0 ^{bc}
BN	4,9 ^c	6,4 ^{ab}	5,2 ^{ab}	4,8 ^{bcd}	3,5 ^a	2,2 ^a	3,8 ^{ab}	5,5 ^a	5,0 ^c	3,6 ^{ab}	5,1 ^{bc}
CE	6,9 ^{ab}	6,3 ^{ab}	5,1 ^{ab}	4,8 ^{bcd}	3,3 ^a	2,1 ^a	4,0 ^{ab}	4,7 ^a	6,8 ^{ab}	3,7 ^{ab}	5,7 ^{abc}
TV	5,0 ^c	6,2 ^{ab}	5,7 ^{ab}	5,9 ^{abc}	2,9 ^a	1,6 ^a	3,7 ^{ab}	4,4 ^a	5,2 ^c	3,3 ^{ab}	4,9 ^{bc}
BB	5,6 ^{bc}	5,2 ^c	5,0 ^{ab}	5,2 ^{abcd}	4,3 ^a	1,8 ^a	2,9 ^b	5,6 ^a	5,3 ^c	4,9 ^a	5,6 ^{abc}
Estadio											
2	6,2 ^a	6,0 ^a	5,2 ^a	5,2 ^a	3,4 ^a	1,6 ^a	3,6 ^a	5,0 ^a	6,2 ^a	3,8 ^a	5,5 ^a
3	5,8 ^b	5,8 ^a	5,3 ^a	5,6 ^a	3,8 ^a	1,8 ^a	3,9 ^a	5,1 ^a	5,8 ^b	3,9 ^a	5,8 ^a
p variedad	***	***	*	***	ns	*	**	ns	***	***	***
p estadio	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns

1 Variedad: DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera',

CAPÍTULO IV.3. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE HIGOS.

IV.3.1. Artículo 6: “Influence of ripening stage on bioactive compounds and antioxidant activity in nine fig (*Ficus carica* L.) varieties grown in Extremadura, Spain”

IV.3.1. Artículo 6: “Influence of ripening stage on bioactive compounds and antioxidant activity in nine fig (*Ficus carica* L.) varieties grown in Extremadura, Spain”

1 **Influence of ripening stage on bioactive compounds and antioxidant activity**
2 **in nine fig (*Ficus carica* L.) varieties grown in Extremadura, Spain**

3 Cristina Pereira^{a,b}, Margarita López-Corrales^a, Manuel Joaquín Serradilla^{c*},
4 María del Carmen Villalobos^{b,d}, Santiago Ruiz-Moyano^{b,d}, Alberto Martín^{b,d}

5 ^aCentro de Investigación Finca La Orden-Valdesequera (CICYTEX). Área de
6 Hortofruticultura. Junta de Extremadura. Autovía Madrid-Lisboa s/n, 06187
7 Badajoz, Spain.

8 ^bInstituto Universitario de Investigación en Recursos Agrarios (INURA),
9 Avda. de Elvas s/n, Campus Universitario, 06071 Badajoz, Spain

10 ^cInstituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (INTAEX-CICYTEX).
11 Área de Vegetales. Junta de Extremadura. Avda. Adolfo Suárez s/n, 06007 Badajoz,
12 Spain.

13 ^dNutrición and Bromatología, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad
14 de Extremadura, Avda. Adolfo Suárez s/n, 06071 Badajoz, Spain.

15

16

17

18 *Corresponding author

19 Tel.: +34 924 010431; fax: +34 924 012674

20 E-mail address: manuel.serradilla@gobex.es

21

22 **Abstract**

23 The aim of this study was to characterise nine commercial fig (*Ficus carica*
24 L.) varieties differing in colour (dark-purple, brown, green, and yellow-green) at
25 different ripening stages in regards to the health-promoting compounds of their
26 fruits and to identify and quantify their bioactive compounds as well as total
27 antioxidant activity (TAA. Significant differences ($p < 0.05$) were observed between
28 varieties, ripening stages, and tissue types. Dark-coloured varieties showed the
29 highest levels of total phenolic compounds, quercetin-3-*O*-rutinoside, and
30 anthocyanins, specially cyanidin-3-*O*-rutinoside, while light-coloured varieties
31 contained the highest levels of chlorogenic acid, total Vitamin C, and (+)-catechin
32 as proanthocyanin cleavage products. The darker varieties, measured by ABTS
33 radical both hydrophilic (H-TAA) and lipophilic (L-TAA) fractions, exhibited higher
34 H-TAA values than the lighter ones. Nevertheless, light-coloured varieties showed
35 the highest L-TAA values. We found higher concentrations of bioactive compounds
36 and a higher antioxidant capacity in the skin compared to the flesh; moreover,
37 their content increased during the ripening process, reaching the maximum level
38 of phenolic compounds at Stage three. Therefore, in order to optimally benefit
39 from the health-promoting properties of figs, it is advisable to consume unpeeled,
40 fully ripe fig fruits.

41 **Keywords:** Fig, ripening stage, bioactive compounds, antioxidant activity,
42 tissues

43

44

45

46

47

48 1. Introduction

49 In recent years, the intake of fruits and vegetables has been increasing due
50 to consumers associating their consumption with a reduced risk of major diseases
51 and a possibly delayed onset of age-related disorders (Vicente et al., 2009). Figs
52 (*Ficus carica* L.) are a seasonal food and can be consumed either fresh (peeled or
53 unpeeled) or dried (Veberic et al, 2008). These fruits are considered a part of the
54 balanced Mediterranean diet due to their high nutritional value (Crisosto et al.,
55 2011; Solomon et al., 2006). Figs are a rich source of minerals, vitamins, and
56 dietary fibre (Veberic et al., 2008). Similar to other fruits, figs are rich in sugars
57 (Vinson, 1999), mainly glucose and fructose, and organic acids, but free of sodium
58 and fat (Crisosto et al., 2010; Genna et al., 2008; Melgarejo et al., 2003; Veberic et
59 al., 2008). In addition, figs also have health-promoting compounds such as phenolic
60 acids and flavonoids, including anthocyanins, proanthocyanidins, flavonols, and
61 flavanones; these substances are related to their antioxidant potential (Crisosto et
62 al., 2011; Solomon et al., 2006; Tanwar et al., 2014; Vallejo et al., 2012; Veberic et
63 al., 2008). These compounds contribute not only to human health, but also to the
64 fruit quality, since they have a great impact on colour, flavour, and sensory
65 properties such as bitterness and astringency (Lee, 2000; Piga et al., 2008). The
66 concentration of these compounds in fruits is strongly influenced by genotype,
67 ripening stage, and weather conditions (Crisosto et al., 2011; Veberic et al., 2005;
68 Solomon et al., 2006; Çalışkan and Polat, 2011).

69 The health promoting properties of figs have resulted in several studies
70 about their polyphenol content and antioxidant activity (Solomon et al., 2006;
71 Veberic et al, 2008; Dueñas et al., 2008; Vinson, 1999; Vallejo et al., 2012), as well
72 as their functional properties. For instance, Vinson et al. (2005) reported that fig
73 antioxidants could protect plasma lipoproteins from oxidation and induced a
74 significant increase in the antioxidant capacity of plasma 4h after consumption.

75 To date, according to our knowledge, there are no studies on the
76 accumulation of bioactive compounds during the ripening process of figs.
77 However, one study (Crisosto et al., 2010) examined the influence of two different
78 ripening stages on the antioxidant capacity of four fresh fig cultivars. Several

IV. Resultados

79 studies have examined the influence of genotype and harvest season on phenolic
80 content (Burda et al., 1990; Kennedy et al., 2001). Most authors have focused on
81 the identification of anthocyanins and polyphenols present in figs of different
82 varieties grown in Slovenia, Israel, Italy, and Spain, as well as in their distribution
83 or quantification in the fruit skin and flesh (Veberic et al., 2008; Solomon et al.,
84 2006; Piga et al., 2008; Dueñas et al., 2008; Vallejo et al., 2012).

85 Therefore, the objective of this study was to evaluate the impact of different
86 ripening stages on the content of health-promoting compounds and antioxidant
87 activity in nine fig varieties, with the aim to determine an optimal ripening stage
88 regarding bioactive properties for each variety.

89 **2. Materials and methods**

90 **2.1 Plant material**

91 This study was conducted using nine fig varieties grown in an experimental
92 orchard located at an altitude of 217 m above sea level at the Finca "La Orden" of
93 the Scientific and Technological Research Centre of Extremadura (CICYTEX) (WGS
94 -89, latitude 38° 51 7.78" N, longitude 6° 40' 16.59" W), Guadajira, Badajoz, Spain.

95 The following fig varieties were studied: light-coloured 'Cuello Dama
96 Blanco' (CDN) (also known as 'Kadota'), 'Tres Voltas L'Any' (TVL), 'Banane' (BN),
97 and 'Blanca Bétera' (BB); brown-coloured 'Brown Turkey' (BT) and 'San Antonio'
98 (SA); dark-coloured 'Cuello Dama Negro' (CDN), 'Colar Elche' (CE) (also known as
99 'Black Mission') and 'De Rey' (DR). All of these varieties are considered 'Common
100 type' and produce figs parthenocarpically. The plant material originated from
101 cuttings obtained from the National Fig Germplasm Bank located in CICYTEX. The
102 varieties were selected based on fruit quality traits for fresh consumption. The
103 experimental design of this trial consisted of four randomised blocks (three trees
104 per block) with a planting density of 5 m x 4 m. Fig samples were collected
105 randomly from three trees of each block for each variety during one growing
106 season (2012). The fruits were grouped into three ripening stages, based on
107 texture and skin colour. In all cases, ripening stage two corresponded to the
108 ripening stage of fruits commercially available. Total and individual phenolic

109 compounds, total vitamin C, antioxidant activity, and chlorophyll content were
110 determined using three replicates of ten homogeneous and healthy fruits for each
111 ripening stage and variety. The samples were frozen, packed in plastic bags and
112 stored at -80°C until analysis.

113 **2.2 Total phenolic (TP) content**

114 Phenolic compounds were extracted from 5 g of skin and flesh from figs of
115 each variety and ripening stage, following the method described by Lima et al.
116 (2005). 30 ml of solvent (80% aqueous ethanol, containing 1% conc. HCl) were
117 added, and the sample was extracted using a magnetic mixer for 20 min in the
118 absence of light at room temperatura (25°C) and filtered. The extraction process
119 was repeated three times. The resultant ethanolic extracts were combined to a
120 final volume of 100 ml. The total phenolics content was measured
121 spectrophotometrically at 760 nm using Folin-Ciocalteu reagent . Gallic acid was
122 used as a standard. Results are expressed as mg gallic acid per 100 g of fresh
123 weight (FW).

124 **2.3 Vitamin C content**

125 Vitamin C was analysed as ascorbic acid (AA) and dehydroascorbic acid
126 (DHAA) content, according to the method described by Fernández-León et al.
127 (2013), based on Zapata and Dufour (1992), with some modifications (Gil et al.,
128 1999). Briefly, 10 g of skin or flesh of each sample were homogenised with 10 mL
129 of a methanol/water mixture (5:95), containing citric acid (21 g/L) and EDTA (0.5
130 g/L). The homogenate was filtered through a cheesecloth and a C18 Bakerbond
131 SPE column (Waters, Milford, MA, USA). HPLC analysis was carried out after
132 derivatisation of DHAA into the fluorophore 3-(1,2-dihydroxyethyl) furol [3,4-b]
133 quinoxaline-1-one (DFQ), with 1,2-phenylenediamine dihydrochloride (OPDA).
134 Vitamin C was expressed as mg of ascorbic and dehydroascorbic acid per 100 g of
135 FW.

136

137 **2.4 Total antioxidant activity (TAA)**

138 The 2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium
139 salt (ABTS) method was performed based on the procedure described by Cano et
140 al. (1998). It allows determination of TAA due to both hydrophilic (H-TAA) and
141 lipophilic (L-TAA) compounds in the same extraction. 5 g of skin and flesh tissue of
142 each sample were homogenised in 10 mL of 50 mM phosphate buffer, pH 7.8, and 6
143 mL ethyl acetate and centrifuged. The upper fraction was used for analysing L-
144 TAA, while H-TAA was measured in the lower fraction, using an enzymatic system
145 composed of ABTS, horseradish peroxidase enzyme (HRP), and its oxidant
146 substrate (hydrogen peroxide). From each homogenate, 20 mL of juice were placed
147 in a spectrometer cuvette and 1 mL of the radical cation, 0.730 mmol L⁻¹ ABTS⁺,
148 was added. The initial absorbance value at 730 nm was compared with the
149 absorbance obtained after a reaction time of 20 min. Trolox, a water soluble
150 vitamin E analogue, was used as a standard. Results are expressed as mmol Trolox
151 per 100 g of FW.

152 **2.5 Individual phenolic compounds**

153 Identification and quantification of individual phenolic compounds and
154 anthocyanins was carried out according to Vallejo et al. (2012). The method was
155 slightly modified, which enabled determination of both phenolic compounds and
156 oligomeric proanthocyanidins depolymerised in the presence of phloroglucinol
157 (phloroglucinolysis). For the extraction of anthocyanins and phenolic compounds,
158 10 g of flesh and 5 g of skin from each variety and ripening stage were
159 homogenised. Then, 40 mL of extraction solution (acetone/formic acid; 95/5, v/v)
160 were added to each of the three replicates. Supernatants were concentrated under
161 vacuum and filtered through a C18 Sep-Pak cartridge (Waters Corp, Milford, MA,
162 USA). Samples (50 µL) were analysed on an Agilent liquid chromatograph model
163 1100 Series, using DAD/FLD/ESI-MS detectors. Separations were achieved using a
164 C18 column (Phenomenex, 5 µm, 150 mm x 4.6 mm). The mobile phase was a
165 mixture of water-formic acid (95:5 for VWR-Merck and 98:2 for Agilent, v/v) (A)
166 and methanol (B). The flow rate was 1 mL/min at a linear gradient, with 5% B at 5
167 min, 8% B at 10 min, 13% B at 15 min to reach 15% B at 19 min, 40% B at 47 min,

168 65% B at 64 min, and 98% B at 69 min. Chromatograms were recorded at 280,
169 320, 360, and 510 nm. The results are expressed as mg per 100 g of FW.

170 The depolymerisation procedure using phloroglucinol was performed with
171 100 mg of skin and 50 mg of flesh from each sample. At the start of the reaction, we
172 added 1.6 mL of phloroglucinol solution as described by Vallejo et al. (2012).
173 Samples (10 μ L) were analysed by the reversed phase on the same HPLC–ESI-MS
174 in negative mode. The mobile phase was a water-acetic acid (97.5:2.5 v/v) (A) and
175 acetonitrile (B) mixture. The flow rate was 1 mL/min and the following gradient
176 was applied, starting with 3% B, 9% B linear gradient at 5 min, 16% B linear at 15
177 min, to reach 50% B at 45 min, followed by washing and reconditioning of the
178 column with 3% B at 52 min up to 57 min. A chromatogram was recorded at 280
179 nm. Results are expressed as mg per 100 g of FW.

180 **2.6. Chlorophyll content**

181 Chlorophyll a and b extraction were determined in the skin of four light-
182 coloured varieties, namely CDB, BN, TVL, and BB for each ripening stage. Samples,
183 4 g of skin from each light-coloured variety and ripening stage, were extracted
184 following the method described by Fernández-León et al. (2013) and determined
185 using multivariate calibration by means of Partial Least Squares (PLS) (Fernández-
186 León et al., 2010). The results are expressed as mg per 100 g of FW.

187 **2.7 Statistical analysis**

188 Statistical analysis was carried out using SPSS for Windows, version 19.0
189 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Functional composition and total antioxidant activity
190 were examined by analysis of variance (ANOVA); with 'variety' and 'ripening stage'
191 as dependent between-subject factors. For the comparison of mean values, Tukey's
192 honestly significant difference (HSD) test ($p \leq 0.05$) was performed. The
193 relationships among the parameters studied were evaluated via principal
194 components analysis (PCA).

195

196 **3. Results and discussion**

197 **3.1 Total phenolic content in skin and flesh at different ripening stages**

198 Total phenolic (TP) content was determined for each variety, tissue type,
199 and ripening stage (Table 1 and 2). High levels of TP were found in dark-coloured
200 varieties such as CDN and CE. The varieties CDB and BB showed much lower levels
201 of TP. Additionally, TP concentrations were 70-83% higher in the skin than in the
202 flesh. On the other hand, fruits at ripening stage three also had higher levels than
203 fruits at stage one (Table 1 and 2). Variety CDN showed the highest TP content in
204 both skin and flesh, with 169.5 and 34.3 mg gallic acid per 100 g of FW,
205 respectively, whilst CDB showed the lowest TP content with 58.9 mg gallic acid per
206 100 g of FW for skin and 23.3 mg gallic acid per 100 g of FW for flesh. Çaliskan and
207 Polat (2011) studied a total of 76 different accessions and observed a large
208 diversity in TP levels, ranging from 28.6 ('Bakrasi') to 211.9 mg gallic acid per 100
209 g in the flesh ('Siyak 5'). Our study is in agreement with similar studies which
210 reported higher TP levels in skin than in the flesh (Piga et al., 2008; Solomon et al.,
211 2006; Vallejo et al., 2012). Despite similar weather conditions, TP levels in our
212 study were considerably higher than those reported by Vallejo et al. (2012), which
213 suggests a strong correlation between TP values and the factors genotype and
214 ripening stage, regardless of climatic conditions. Very few studies have determined
215 and quantified total phenolic content in figs or cash crops during the ripening
216 process; the results of our study are similar to those obtained from similar studies
217 using mainly stone fruits (Serradilla et al., 2011 Valero and Serrano, 2010).

218 **3.2 Vitamin C content in skin and flesh at different ripening stages**

219 Total vitamin C content was determined as the sum of ascorbic acid (AA)
220 and its oxidation product, dehydroascorbic acid (DHAA), in skin and flesh of fig
221 fruits at different ripening stages (Table 1 and 2). Variety BN showed the highest
222 total vitamin C content in both skin and flesh, with 9.02 mg and 4.98 mg of ascorbic
223 and dehydroascorbic per 100 g of FW, respectively. These values were between
224 two and four times higher than those described for figs, around 2 mg per 100 g of
225 FW (National Nutrient Database, USDA, 2016). Regarding ripening stages, vitamin

226 C levels decreased significantly from stage one to stage two and then progressively
227 increased until stage three. Similar results were described by Serrano et al. (2005)
228 for ascorbic acid in sweet cherries during the ripening process.

229 **3.3 Total antioxidant activity in skin and flesh at different ripening stages**

230 Total antioxidant activity (TAA) of both skin and flesh in figs was carried
231 out using ABTS assays in both hydrophilic (H-TAA) and lipophilic (L-TAA)
232 fractions. In all varieties, H-TAA was higher than L-TAA in both skin and flesh.
233 Consequently, TAA of skin was between two and ten times higher than in flesh,
234 depending on the variety (Table 1 and 2). According to our results and taking into
235 account previous studies (Çaliskan and Polat, 2011; Solomon et al., 2006; Vallejo et
236 al., 2012; Veberic and Miktic-Petkovsek, 2016), skin is the major tissue
237 contributing to TAA and, for this reason, it is advisable to consume whole figs
238 instead of peeled fruits, as the skin is an excellent source of health-promoting
239 compounds. Again, dark-coloured varieties, such as CE and CDN with 177.4 mmol
240 equivalent Trolox (ET) per 100 g of FW and 109.4 mmol ET per 100 g of FW,
241 respectively, showed the highest TAA levels. Solomon et al. (2006) and Crisosto et
242 al. (2010) also reported higher antioxidant activities in extracts of dark fig
243 varieties. With regard to flesh, H-TAA was higher for the varieties TVL, CDN, DR,
244 and BN (Table 2), whose flesh is characterized by a red colour. These results
245 underline the importance of anthocyanins, pigments responsible for the red, blue,
246 and purple colours of many fruits (Vicente et al., 2009). Our findings are consistent
247 with those of Çaliskan and Polat (2011), who found a highly positive correlation
248 between TAA and anthocyanin concentration in figs. H-TAA levels measured in our
249 study were higher than those described in a similar study by Veberic and Mikulic-
250 Petkovsek (2016).

251 Regarding L-TAA, we found significant differences between light-coloured
252 and dark-coloured varieties both in skin and flesh (Table 1 and 2) In the skin, light-
253 coloured varieties showed the highest levels of L-TAA, ranging from 8.9 to 12.9
254 mmol ET per 100 g of FW, although differences between the varieties were not
255 significant. For flesh, variety BN showed significantly higher L-TTA levels than
256 other varieties. The results of our study represent the first published data

IV. Resultados

257 describing L-TAA values in figs; hence, our data cannot be compared to the
258 findings of other studies. According to Díaz-Mula et al. (2008) and Valero et al.
259 (2011), L-TAA levels were positively correlated with total carotenoids, pigments
260 responsible for the yellow and orange-red colours of many fruits, including figs
261 (Veberic and Mikutic-Petkovsek, 2016).

262 During the ripening process, significant differences were only found in H-
263 TAA levels in skins. In general, an increase in H-TAA and L-TAA, except L-TAA of
264 flesh, was observed from stage one (55.4 mmol ET per 100 g of FW) to stage three
265 (82.8 mmol ET per 100 g of FW). A similar tendency was found by Crisosto et al.
266 (2010), who also reported that the highest antioxidant capacity was reached in
267 fully ripe figs, although significant differences were not found between ripening
268 stages.

269 **3.4 Phenolic compounds in skin and flesh at different ripening stages**

270 Phenolic compound content of the skin and flesh of different fig varieties
271 was determined using HPLC-DAD/ESI-MS; the results are presented in Tables 3,4
272 and 5. Most previous studies in figs (Dueñas et al., 2008; Solomon et al., 2006;
273 Vallejo et al., 2012; Veberic et al., 2008; Veberic and Mikulic-Petkovsek, 2016) have
274 reported that the two main groups of phenolic compounds in figs are phenolic
275 acids and flavonoids, such as anthocyanins, flavonols, and flavan-3-ols. In the case
276 of anthocyanins (Table 3), the main anthocyanin identified in our study was
277 cyanidin-3-*O*-rutinoside; its concentration ranged from 12.19 (SA) to 97.4 (CDN)
278 mg per 100 g of FW for skin and from 1.21 (SA) to 5.92 (CDN) mg per 100 g of FW.
279 The second anthocyanin identified was cyanidin-3-*O*-glucoside, ranging from 0.12
280 (SA) to 6.39 (DR) mg per 100 g of FW for skin and from 0.01 (BT) to 0.66 (DR) for
281 flesh. Finally, pelargonidin-3-*O*-rutinoside was identified as the third anthocyanin;
282 its content fluctuated between 0.09 (SA) and 5.64 (DR) mg per 100 g of FW for skin
283 and between 0.01 (BT) and 0.21 (DR) mg per 100 g of FW for flesh. Our results are
284 in agreement with previous studies on anthocyanins in figs (Dueñas et al., 2008;
285 Solomon et al., 2006; Vallejo et al., 2012; Veberic et al., 2008; Veberic and Mikulic-
286 Petkovsek, 2016). In addition, significant differences in phenolic compounds
287 between varieties were also found by Dueñas et al. (2008) and Solomon et al.

288 (2006) and are due to the grade of expression of genes controlling the anthocyanin
289 pathway. Generally, we measured higher cyanidin-3-*O*-glucoside and pelargonidin-
290 3-*O*-rutinoside values both in skin and flesh of figs than the authors of a similar
291 study (Veberic and Mikulic-Petkovsek, 2016). However, these authors also
292 reported higher concentrations of cyanidin-3-*O*-glucoside in flesh, reaching levels
293 of 9.5 mg per 100 g of FW, which are 14 times higher than those observed in our
294 study.

295 Phenolic compounds identified in our study were phenolic acids such as
296 chlorogenic and ellagic acids, flavonols such as quercetin-3-*O*-rutinoside, and
297 quercetin-3-acetylglucoside. Proanthocyanidins were quantified as monomers of
298 (+)-catechin and (-)-epicatechin after an additional analysis using acid catalysis in
299 the presence of excess phloroglucinol (phloroglucinolysis), according to the
300 methodology described in Vallejo et al. (2012) (Table 4 and 5). Regarding phenolic
301 acids, chlorogenic acid values ranged from 0.6 to 2.1 mg per 100 g of FW for skin
302 and from 0.1 to 0.9 mg per 100 g of FW for flesh. Chlorogenic acid values were
303 always higher in the skin than in the flesh. These findings are consistent with those
304 of Vallejo et al. (2012), although these authors found higher chlorogenic acid
305 levels. In the present study, significant differences were found between varieties
306 and ripening stages. High amounts of chlorogenic acid were noted in light-coloured
307 varieties both in skin and flesh. Veberic et al. (2008) also found that the cultivar
308 'Škofjotka', a white fig type with yellow flesh, showed high amounts of this
309 compound.

310 Another phenolic acid, ellagic acid, appeared in relatively high levels,
311 ranging from 1.7 to 2.7 mg per 100 g of FW for skin and from 0.7 to 1 mg per 100 g
312 of FW for flesh. Again, the skin showed a higher content than the flesh. Variety SA
313 showed the highest values of this compound in both tissues, although these were
314 up to ten times lower than those in fig leaves with 33.8 mg per 100 g of FW (Pande
315 and Akoh, 2010).

316 Regarding flavonols, quercetin-3-acetylglucoside and quercetin-3-*O*-
317 rutinoside were identified, of which the latter showed a relatively high level. The
318 concentrations of quercetin-3-*O*-rutinoside varied from 2.9 (BB) to 11.9 (CE) for

IV. Resultados

319 skin, whereas it ranged from 0.1 (DR) to 1.02 (CE and CDN) mg per 100 g of FW in
320 flesh. Similar results were reported by Vallejo et al. (2012) and Veberic et al.
321 (2008) who found that this compound was present in the highest concentrations
322 among all the phenolic compounds analysed. Additionally, Vallejo et al. (2012) also
323 reported higher levels in the skin than in the flesh.

324 Quercetin-3-acetylglucoside was only described by Vallejo et al. (2012) in
325 the skin of fig fruits, however, we identified this compound both in skin and flesh.
326 For skin, the concentration varied between 0.8 to 3.6 mg per 100 g of FW, for flesh,
327 it was in the range of 0.5 to 0.6 mg per 100 g of FW for flesh.

328 Among phenolic acids and flavonols studied, we found significant
329 differences between varieties and ripening stages (Table 4 and 5). Generally,
330 highest levels of phenolic acids and flavonols were reached at ripening stage three.
331 A similar tendency was described by Serradilla et al. (2011) for sweet cherries.

332 As mentioned earlier, proanthocyanins were identified with
333 phloroglucinolysis, and we mainly found monomers of (+)-catechin and (-)-
334 epicatechin, with significant differences among varieties (Tables 3). Variety CDN
335 showed the highest levels of (-)-epicatechin, with 16.9 mg per 100 g of FW for skin
336 and 7.2 mg per 100 g of FW for flesh. Conversely, this variety showed the lowest
337 amounts of (+)-catechin, with 4.5 mg per 100 g of FW for skin and 2.0 mg per 100 g
338 of FW for flesh. For (+)-catechin, the cultivar TVL had the highest values, with 17.3
339 mg per 100 g of FW for skin and 5.8 mg per 100 g of FW for flesh. Veberic et al.
340 (2008) found higher values of (+)-catechin than (-)-epicatechin in the studied
341 varieties. Our results show that the relation between (+)-catechin and (-)-
342 epicatechin is strongly influenced by genotype. Additionally, the concentrations
343 measured in our study were higher than those obtained by Veberic et al. (2008)
344 and lower than those reported by Vallejo et al. (2012) for fig flesh. In contrast, we
345 found significant differences between ripening stages, with an increase in (+)-
346 catechin and (-)-epicatechin levels from stage one to stage three (Table 4 and 5).

347

348 **3.5 Chlorophyll content in skin and flesh at different ripening stages**

349 Chlorophyll a and b content was evaluated for the light-coloured varieties
350 according to the methodology described by Fernández-León et al, 2010. We found
351 a high variability between the different varieties (Fig. 1). Variety BN showed the
352 highest amounts of chlorophyll a and b, with 30.6 and 3.4 mg per 100 g,
353 respectively. In contrast, CDB had the lowest levels of both chlorophyll types. We
354 also found significant differences between ripening stages, with a decline from
355 stage one to stage three. This loss of chlorophyll throughout the ripening process is
356 due to the yellowing of green varieties.

357 **3.6 Multivariate analysis**

358 Principal components analysis (PCA) was performed on all variables
359 studied in both skin and flesh in order to characterise and distinguish each of the
360 nine cultivars and ripening stages. Dark-coloured varieties are located on the right
361 hand side of the bidimensional plot and mainly positively correlated with
362 anthocyanin and TP values (Figs. 2 and 3). In contrast, light-coloured varieties are
363 located on the left hand side of the bidimensional plot and defined by chlorophyll,
364 chlorogenic acid, and (+)-catechin concentrations. Ripening stages are located in
365 the centre of the bidimensional plot (Figs. 2 and 3). Stage one was positively
366 correlated with chlorophyll, chlorogenic acid, and (+)-catechin content, whilst
367 stage three was characterised by anthocyanin and TP values.

368 **4. Conclusions**

369 Several studies have reported high concentrations of bioactive compounds
370 in figs, even higher than red wine or tea. In our research, dark-coloured varieties
371 showed the highest levels of total phenolic compounds, anthocyanins, quercetin-3-
372 *O*-rutinoside, and (-)-epicatechin, both in skin and flesh. Consequently, these
373 varieties had the highest levels of hydrophilic antioxidant activity. However, light-
374 coloured varieties were characterised by high levels of chlorogenic acid, (+)-
375 catechin, and lipophilic antioxidant activity. In addition, the cultivar BN showed the
376 highest values of vitamin C, both in skin and flesh. In contrast, the highest bioactive
377 potential was reached at ripening stage three across all varieties. Consequently,

IV. Resultados

378 fully ripe, unpeeled figs are an excellent source of bioactive components which are
379 essential in a healthy diet.

380 **Acknowledgements**

381 Financial support for this research was provided by the Instituto Nacional
382 de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ministerio de
383 Economía y Competitividad (Spain) (Proyect grant RTA 2010-00123). C. Pereira
384 was financed by an INIA (Grand 30 (BOEnº31, Sec. III. pág.: 12862)) doctoral
385 fellowship.

386 **References**

387 Burda, S. & Oleszek, W., Lee, C. (1990). Phenolic compounds and their
388 changes in apples during maturation and cold storage. *Journal of Agricultural and*
389 *Food Chemistry*, 38, 945-948.

390 Çalışkan, O. & Polat, A.A. (2011). Phytochemical and antioxidant properties
391 of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region
392 of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 128, 473-478.

393 Cano, A., Hernández-Ruiz, J., García-Cánovas, F., Acosta, M. & Arnao, M.B.
394 (1998). An end-point method for estimation of the total antioxidant activity in
395 plant material. *Phytochemistry Analysis*, 9, 196-202.

396 Crisosto, C. H., Bremer, V., Ferguson, L. & Crisosto, G.M. (2010). Evaluating
397 quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two
398 maturity stages. *Hortscience*, 45, 707-710.

399 Crisosto, C. H., Ferguson, L., & Bremer, V. (2011). Fig (*Ficus carica* L.). In
400 Yahia E E. (Ed.), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*.
401 (pp.134-158). Cambridge, UK.

402 Díaz-Mula, H. M., Zapata, P.J., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D.,
403 Valero, D. & Serrano, M. (2008). Changes in physicochemical and nutritive
404 parameters and bioactive compounds during development and on-tree ripening of

405 eight plum cultivars: a comparative study. *Journal of the Science of Food and*
406 *Agriculture*, 88, 2499-2507.

407 Dueñas, M., Pérez-Alonso, J.J., Santos-Buelga, C. & Escribano-Bailón, T.,
408 (2008). Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Food*
409 *Composition and Analysis*, 21, 107-115.

410 Fernández-León, M. F., Lozano, M., Ayuso, M.C., Fernández-León, A.M. &
411 González-Gómez, D. (2010). Fast and accurate alternative UV-chemometric method
412 for the determination of chlorophyll A and B in broccoli (*Brassica oleracea* Italica)
413 and cabbage (*Brassica oleracea* Sabauda) plants. *Journal of Food Composition and*
414 *Analysis*, 23, 809-673 813.

415 Fernández-León, M. F., Fernández-León, A.M., Lozano, M., Ayuso, M.C.,
416 Amodio, M.L., Colelli, G. & González-Gómez, D. (2013). Retention of quality and
417 functional values of broccoli 'Parthenon' stored in modified atmosphere packaging.
418 *Food Control*, 31, 302-313.

419 Gil, M. I., Ferreres, F. & Tomás-Barberán, F.A. (1999). Effect of postharvest
420 storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C)
421 of fresh-cut spinach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 2213-2217.

422 Genna, A., De Vecchi, P., Maestrelli, A. & Bruno, M. (2008). Quality of
423 'Dottato' dried figs grown in the Cosenza region, Italy. A sensory and physical-
424 chemical approach. *Acta Horticulturae*, 798, 319-323.

425 Kennedy, J., Hayasaka, Y., Vidal, S., Waters, E. & Jones, G. (2001).
426 Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry
427 development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5348-5355.

428 Lee, S. K. & Kader, A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors
429 influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and*
430 *Technology*, 20, 207-220.

IV. Resultados

431 Lima, V. L. A. G., Mélo, E.A., Maciel, M.I.S., Prazeres, F.G., Musser, R.S. & Lima,
432 D.E.S. (2005). Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes
433 harvested at three ripening stages. *Food Chemistry*, 90, 565- 568.

434 Melgarejo, P., Hernández, F., Martínez, J.J. & Sánchez, M.J. (2003). Organic
435 acids and sugars from first and second crop fig juices. *Acta Horticulturae*, 605, 237-
436 239.

437 Pande, G. & Akoh, C.C. (2010). Organic acids, antioxidant capacity, phenolic
438 content and lipid characterization of Georgia-grown underutilized fruit crops. *Food*
439 *Chemistry*, 120,1067–1075.

440 Piga, A., Del Caro, A., Milella, G., Pinna, I., Vacca, V. & Schirru, S. (2008). HPLC
441 analysis of polyphenols in peel and pulp of fresh figs. *Acta Horticulturae*, 798, 301-
442 306.

443 Serradilla, M.J., Lozano, M., Bernalte, M.J., Ayuso, M.C., López-Corrales, M. &
444 González-González, D. (2011). Physicochemical and bioactive properties evolution
445 during ripening of ‘Ambrunés’ sweet cherry cultivar. *Food Science and Technology*,
446 44, 199-205.

447 Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S. & Valero, D (2005).
448 Chemical Constituents and Antioxidant Activity of Sweet Cherry at Different
449 Ripening Stages. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2741-2745.

450 Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M.,
451 Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z. & Flaishman, M.A. (2006). Antioxidant activities
452 and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of*
453 *Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7717-7723.

454 Tanwar, B., Andallu, B. & Modgil, R. (2014). Influence of processing on
455 physicochemical, nutritional and phytochemical composition of *Ficus carica* L. (fig)
456 products. *Agricultural Research Communication Centre*, 33 (1), 37–43.

457 U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2016). USDA
458 National Nutrient Database for Standard Reference. Release 28, 2002 from the

459 Nutrient Data Laboraty Home Page:
460 <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>.

461 Valero, D. & Serrano, M. (2010). Fruit ripening. In CRC Press, *Postharvest*
462 *biology and technology for preserving fruit quality*, (pp.7-47). Boca Raton, FL.

463 Valero, D., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-
464 Romero, D. & Serrano, M. (2011). Postharvest Treatments with Salicylic Acid,
465 Acetylsalicylic Acid or Oxalic Acid Delayed Ripening and Enhanced Bioactive
466 Compounds and Antioxidant Capacity in Sweet Cherry. *Journal of Agricultural and*
467 *Food Chemistry*, 59, 5483-5489.

468 Vallejo, F., Marín, J.G. & Tomás-Barberán, F.A. (2012). Phenolic compound
469 content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.). *Food Chemistry*, 130, 485-492.

470 Veberic, R., Trobec, M., Herbinger, K., Hofer, M., Grill, D. & Stampar, F.
471 (2005). Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh) cultivars of
472 organic and integrated production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*,
473 85, 1687-1694.

474 Veberic, R., Colaric, M. & Stampar, F. (2008). Phenolic acids and flavonoids
475 of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food Chemistry*,
476 106, 153-157.

477 Veberic, R. & Mikulic-Petkovsek, M. (2016). Phytochemical composition of
478 common fig (*Ficus carica* L.) cultivars. In Simmonds and Preddy (Ed.), American
479 Press. *Nutritional Composition of fruit cultivars*, (pp.235-255). UK,

480 Vicente, A., Manganaris, G.A., Sozzi, G.O. & Crisosto, C.H. (2009). Nutritional
481 Quality of Fruits and Vegetables. In *Postharvest Handling: A Systems Approach*,
482 (pp.58-93).

483 Vinson, J.A. (1999). The functional food properties of figs. *Cereal Foods*
484 *World*, 44, 82-87.

IV. Resultados

485 Vinson, J.A., Zubik, L., Bose, P., Samman, N. & Proch, J. (2005). Dried Fruits:
486 Excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American College of*
487 *Nutrition, 24(1), 44-50.*

488 Zapata, S. & Dufour, J.P. (1992). Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic
489 acid simultaneous determinations by reserve phase ion interaction HPLC. *Journal*
490 *of Food Science, 57, 506-511.*

491

Table 1. Mean values of total phenolic content (TP), hydrophilic (H-TAA) and lipophilic (L-TAA) fractions and total vitamin C for each variety and ripening stage in the skin.

Variety/Stage	TP			H-TAA			L-TAA			Total vitamin C (mg/100g)		
	(mg/100g)			(mmol Trolox/100g)			(mmol Trolox/100g)					
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety¹												
'De Rey'	91 ^c	114.9	74.9	43.3 ^d	77.7	29.1	5.9 ^c	7.9	4.1	6.2 ^b	17.6	2.9
'Cuello Dama Blanco'	58.9 ^d	98.8	45.0	24.9 ^e	32.4	15.6	11.2 ^a	21.2	4.4	1.4 ^c	2.6	0.7
'Brown Turkey'	146.7 ^a	200.8	106.1	82.0 ^c	115.8	32.6	10.2 ^a	18.9	5.3	2.6 ^c	6.0	1.3
'San Antonio'	124.2 ^b	149.8	83.2	46.9 ^d	74.3	21.0	5.8 ^c	8.4	3.1	1.4 ^c	2.2	0.4
'Cuello Dama Negro'	169.5 ^a	203.8	118.4	109.4 ^b	154.9	68.4	5.4 ^c	9.4	3.3	2.1 ^c	3.2	1.1
'Banane'	73.4 ^d	106.5	59.7	54.6 ^d	65.6	38.0	12.9 ^a	17.3	5.2	9.0 ^a	18.4	5.3
'Colar Elche'	157.3 ^a	264.4	96.9	177.4 ^a	237.8	109.4	13.3 ^a	19.6	8.9	2.4 ^c	5.1	0.7
'Tres Voltas L'Any'	68.7 ^d	84.2	46.2	50.1 ^d	83.2	33.9	8.9 ^a	13.9	3.9	1.9 ^c	2.4	1.2
'Blanca Bétera'	63.8 ^d	86.1	51.1	17.8 ^e	30.5	10.2	6.3 ^b	8.7	3.9	0.8 ^c	1.1	0.6
Stage												
1	101.1 ^a	183	48.3	55.4 ^a	197.7	12.3	8.3 ^a	14.4	3.1	3.0 ^a	18.4	0.4
2	103.1 ^a	203.8	46.2	63.9 ^b	150.5	10.2	9.1 ^a	21.1	3.3	2.7 ^a	8.8	0.6
3	113.7 ^a	264.4	45	82.8 ^c	237.8	15.6	9.2 ^a	19.6	3.9	3.5 ^a	17.6	0.6
p variety ²	***			***			***			***		
p stage	ns			***			ns			ns		
p variety*stage	*			***			ns			**		

¹ In each column, different letters indicate a significant difference at $p < 0.05$.

²p values: * ($p < 0.05$); ** ($p < 0.01$); *** ($p < 0.001$).

IV. Resultados

Table 2. Mean values of total phenolic content (TP), hydrophilic (H-TAA) and lipophilic (L-TAA) fractions and total vitamin C for each variety and ripening stage in the flesh.

Variety/Stage	TP (mg/100g)			H-TAA (mmol Trolox/100g)			L-TAA (mmol Trolox/100g)			Total vitamin C (mg/100g)		
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety¹												
'De Rey'	30.4 ^a	33.8	24.5	20.9 ^a	26.0	16.0	5.4 ^b	6.6	3.8	1.1 ^d	1.7	0.4
'Cuello Dama Blanco'	23.3 ^d	29.4	18.4	12.1 ^c	16.8	7.7	6.1 ^b	9.1	1.4	1.0 ^d	2.2	0.5
'Brown Turkey'	24.7 ^c	9.0	23.5	15.7 ^b	9.0	11.6	6.3 ^b	9.0	1.1	2.1 ^b	5.5	0.7
'San Antonio'	22.6 ^d	25.3	18.8	17.1 ^b	21.2	12.6	3.6 ^c	4.6	2.2	0.9 ^d	2.5	0.0
'Cuello Dama Negro'	34.3 ^a	38.6	29.8	21.6 ^a	30.0	15.4	3.4 ^c	4.8	2.0	2.0 ^b	2.6	1.3
'Banane'	25.0 ^c	29.5	21.0	19.8 ^a	25.4	13.6	9.7 ^a	17.3	4.6	5.0 ^a	11.6	1.9
'Colar Elche'	26.7 ^b	33.5	19.0	16.3 ^b	22.8	8.4	8.0 ^a	9.6	6.4	1.1 ^{cd}	2.3	0.7
'Tres Voltas L'Any'	28.7 ^b	31.7	27.0	25.2 ^a	29.7	5.7	3.9 ^c	8.0	0.3	0.8 ^d	1.5	0.4
'Blanca Bétera'	26.1 ^b	39.3	20.6	17.5 ^b	29.1	9.5	4.1 ^c	5.8	3.0	1.8 ^{bc}	3.2	1.0
Stage												
1	26.9 ^a	34.8	20.6	18.7 ^a	30.0	8.4	6.2 ^a	17.3	0.3	2.4 ^a	11.6	0.5
2	26.4 ^a	39.3	18.8	17.5 ^a	27.4	5.7	5.4 ^a	10.7	1.8	1.0 ^c	3.0	0.0
3	27.4 ^a	38.6	18.4	19.2 ^a	29.7	7.7	5.3 ^a	13.0	1.1	1.8 ^b	5.5	0.1
p variety ²	***			***			***			***		
p stage	ns			ns			ns			***		
p variety*stage	**			**			ns			***		

¹ In each column, different letters indicate a significant difference at $p < 0.05$.

²p values: * ($p < 0.05$); ** ($p < 0.01$); *** ($p < 0.001$).

Table 3. Anthocyanin content in skin and flesh for the varieties 'De Rey', 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche', 'San Antonio', and 'Brown Turkey' at each ripening stage.

Variety /Stage	Fruit skin (mg/100g)								
	Cyanidin-3-O glucoside			Cyanidin-3-O rutinoside			Pelargonidin-3-O rutinoside		
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety¹									
'De Rey'	6.39 ^a	12.79	3.41	34.03 ^c	59.27	13.38	5.64 ^a	9.40	2.04
'Brown Turkey'	0.13 ^c	0.25	0.06	27.5 ^c	67.45	7.84	0.14 ^c	0.37	0.02
'San Antonio'	0.12 ^c	0.19	0.09	12.19 ^c	18.41	6.56	0.09 ^c	0.11	0.06
'Cuello Dama Negro'	3.31 ^b	6.75	0.46	97.4 ^a	135.49	38.69	1.79 ^b	2.92	0.89
'Colar Elche'	2.78 ^b	6.94	1.70	74.25 ^b	181.66	20.57	2.8 ^b	5.60	0.41
Stage									
1	1.64 ^b	5.78	0.06	32.66 ^b	91.87	7.84	1.43 ^a	4.91	0.02
2	2.26 ^b	8.09	0.11	39.39 ^b	123.25	6.56	2.24 ^{ab}	8.00	0.09
3	3.74 ^a	12.79	0.09	75.18 ^a	181.66	11.28	2.61 ^b	9.40	0.08
p variety ²	***			***			***		
p stage	***			***			*		
p variety* stage	ns			***			ns		
Fruit flesh (mg/100g)									
'De Rey'	0.66 ^a	0.83	0.43	3.03 ^b	4.86	1.13	0.09 ^{ab}	0.41	0.04
'Brown Turkey'	0.01 ^c	0.02	0.01	1.82 ^{bc}	4.82	0.86	0.01 ^c	0.01	0.00
'San Antonio'	0.02 ^c	0.03	0.02	1.21 ^c	2.09	0.79	0.02 ^c	0.03	0.01
'Cuello Dama Negro'	0.4 ^b	0.83	0.23	5.92 ^a	10.50	4.05	0.21 ^{ab}	1.07	0.06
'Colar Elche'	0.28 ^b	0.43	0.16	5.43 ^a	7.50	4.07	0.26 ^a	0.65	0.18
Stage									
1	0.26 ^a	0.72	0.01	3.17 ^a	6.76	0.79	0.07 ^a	0.18	0.00
2	0.27 ^a	0.83	0.01	3.41 ^a	7.90	1.14	0.14 ^a	1.07	0.00
3	0.29 ^a	0.83	0.01	3.87 ^a	10.50	0.92	0.15 ^a	0.65	0.00
p variety ²	***			***			**		
p stage	ns			ns			ns		
p variety*stage	ns			ns			ns		

¹ In each column, different letters indicate a significant difference at p<0.05.

²p values: * (p<0.05); ** (p<0.01); *** (p<0.001).

IV. Resultados

Table 4. Flavonol, phenolic acid, and proanthocyanin content of fruit skin for each variety and ripening stage.

Variety/Stage	Concentration (mg/100g)																		
	Flavonols						Phenolic acids						Proanthocyanins						
	Quercitin-3-O rutinoside			Quercitin -3- acetylglucoside			Chlorogenic acid			Ellagic acid			Epicatechin			Catechin			
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	
Variety¹																			
'De Rey'	4.6 ^{cd}	6.7	1.4	3.6 ^a	4.4	1.3	0.6 ^c	1.5	0.2	2.1 ^{bc}	2.8	1.6	5.9 ^{de}	7.2	4.8	5.1 ^d	7.9	2.0	
Cuello Dama Blanco'	3.2 ^d	4.9	1.0	1.1 ^d	1.8	0.6	1.7 ^{ab}	2.1	1.0	1.8 ^c	2.1	1.6	4.8 ^f	6.4	3.5	12.6 ^b	15.2	10.0	
'Brown Turkey'	3.6 ^d	8.9	1.8	3.7 ^a	4.5	2.8	1.8 ^{ab}	2.1	1.3	2.7 ^a	3.3	2.2	7.0 ^d	10.5	4.8	8.8 ^c	11.9	6.4	
'San Antonio'	5.4 ^c	8.5	1.4	2.7 ^b	6.4	0.3	1.4 ^b	2.2	1.0	2.7 ^a	3.3	2.1	15.2 ^b	20.2	12.2	8.6 ^c	14.7	5.3	
'Cuello Dama Negro'	8.9 ^b	16.2	5.1	2.1 ^{bc}	3.3	1.3	0.7 ^c	1.1	0.3	2.1 ^b	2.5	1.8	16.9 ^a	25.7	10.5	4.5 ^d	5.8	2.2	
'Banane'	3.2 ^d	9.6	0.6	0.8 ^d	1.5	0.4	1.9 ^a	2.3	1.5	1.7 ^c	1.8	1.6	5.8 ^{de}	7.2	4.5	16.5 ^a	20.6	13.6	
'Colar Elche'	11.9 ^a	16.3	5.6	2.1 ^{bc}	3.3	1.1	0.7 ^c	1.1	0.4	2.0 ^{bc}	2.2	1.8	5.0 ^{ef}	7.2	3.8	9.5 ^c	16.7	7.0	
'Tres Voltas L'Any'	3.6 ^d	5.9	1.1	1.5 ^{cd}	3.3	0.7	2.1 ^a	2.5	1.5	1.7 ^c	1.8	1.6	6.6 ^{de}	7.6	5.3	17.3 ^a	19.9	13.9	
'Blanca Bétera'	2.9 ^d	4.8	0.9	0.9 ^d	1.8	0.4	2.0 ^a	2.6	1.5	1.7 ^c	1.9	1.5	8.6 ^c	11.7	5.8	7.6 ^c	12.8	4.8	
Stage																			
1	2.7 ^c	6.9	0.6	1.5 ^a	4.4	0.3	1.3 ^b	2.6	0.2	1.9 ^b	3.1	1.5	7.3 ^b	14.8	4.0	9.2 ^b	18.3	2.0	
2	5.5 ^b	15.3	1.0	1.9 ^b	4.5	0.4	1.5 ^a	2.3	0.5	1.9 ^b	2.9	1.6	7.9 ^b	16.2	3.8	9.8 ^b	17.7	3.1	
3	7.6 ^a	16.3	3.1	2.8 ^c	6.4	0.8	1.6 ^a	2.5	0.3	2.2 ^a	3.3	1.6	10.0 ^a	25.7	3.5	11.2 ^a	20.6	4.9	
p variety ²	***			***			***			***			***			***			
p stage	***			***			**			*			***			***			
p variety*stage	***			***			ns			ns			***			***			

¹ In each column, different letters indicate a significant difference at p<0.05.²p values: * (p<0.05); ** (p<0.01); *** (p<0.001).²p values: * (p<0.05); ** (p<0.01); *** (p<0.001).

IV. Resultados

Table 5: Flavonol, phenolic acid, and proanthocyanin content of fruit flesh for each variety and ripening stage.

Variety/Stage	Concentration (mg/100g)																	
	Flavonols						Phenolic acids						Proanthocyanins					
	Quercetin-3-O rutinoside			Quercetin-3- acetylglucoside			Chlorogenic acid			Ellagic acid			Epicatechin			Catechin		
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min
Variety¹																		
'De Rey'	0.1 ^c	0.2	0.1	0.6 ^a	1.0	0.1	0.1 ^c	0.1	0.1	0.8 ^b	0.9	0.8	2.9 ^c	3.5	2.3	2.9 ^{de}	3.5	2.3
'Cuello Dama Blanco'	0.3 ^c	0.4	0.1	0.5 ^a	1.2	0.2	0.9 ^{ab}	1.4	0.6	0.8 ^b	0.9	0.7	2.4 ^c	3.1	1.8	4.4 ^{bc}	6.1	3.3
'Brown Turkey'	0.5 ^{bc}	1.0	0.3	0.6 ^a	1.2	0.3	0.9 ^a	1.3	0.7	0.9 ^b	0.9	0.8	2.2 ^c	2.6	1.6	3.4 ^{cd}	4.1	1.6
'San Antonio'	0.8 ^{ab}	1.8	0.1	0.6 ^a	1.2	0.2	0.8 ^{ab}	1.1	0.5	1.0 ^a	1.4	0.8	6.8 ^a	11.9	3.0	3.8 ^{bcd}	6.7	2.1
'Cuello Dama Negro'	1.0 ^a	1.9	0.3	0.5 ^a	1.3	0.1	0.1 ^c	0.2	0.1	0.8 ^b	0.9	0.8	7.2 ^a	13.3	4.1	2.0 ^e	2.4	1.4
'Banane'	0.3	0.8	0.1	0.6 ^a	1.2	0.2	0.7 ^b	0.7	0.6	0.7 ^b	0.8	0.7	2.4 ^c	3.2	1.9	4.8 ^b	5.6	3.9
'Colar Elche'	1.0 ^a	1.9	0.3	0.5 ^a	1.4	0.1	0.1 ^c	0.2	0.1	0.8 ^b	0.8	0.7	2.7 ^c	4.0	1.8	4.7 ^b	5.4	4.2
'Tres Voltas L'Any'	0.4 ^{bc}	0.7	0.3	0.6 ^a	1.2	0.1	0.7	0.8	0.7	0.7 ^b	0.8	0.7	2.4 ^c	2.8	1.9	5.8 ^a	7.1	4.3
'Blanca Bétera'	0.3 ^c	0.4	0.3	0.6 ^a	1.2	0.3	0.8 ^{ab}	1.0	0.7	0.8 ^b	0.9	0.8	4.5 ^b	6.2	1.4	3.1 ^d	5.0	1.6
Stage																		
1	0.3 ^b	0.7	0.1	0.3 ^c	0.8	0.1	0.5 ^a	1.1	0.1	0.8 ^a	1.4	0.7	3.1 ^b	7.1	1.4	3.8 ^a	7.1	1.6
2	0.6 ^a	1.9	0.1	0.5 ^b	1.4	0.1	0.5 ^a	1.4	0.1	0.8 ^a	1.1	0.7	3.5 ^b	6.3	1.8	3.7 ^a	6.7	1.5
3	0.7 ^a	1.8	0.1	0.9 ^a	1.2	0.5	0.6 ^a	1.3	0.1	0.8 ^a	1.0	0.7	4.5 ^a	13.3	2.1	4.1 ^a	6.7	1.4
p variety ²	***			ns			***			***			***			***		
p stage	***			***			ns			ns			***			ns		
p variety*stage	*			ns			ns			ns			**			*		

¹ In each column, different letters indicate a significant difference at p<0.05.

²p values: * (p<0.05), ** (p<0.01), *** (p<0.001).

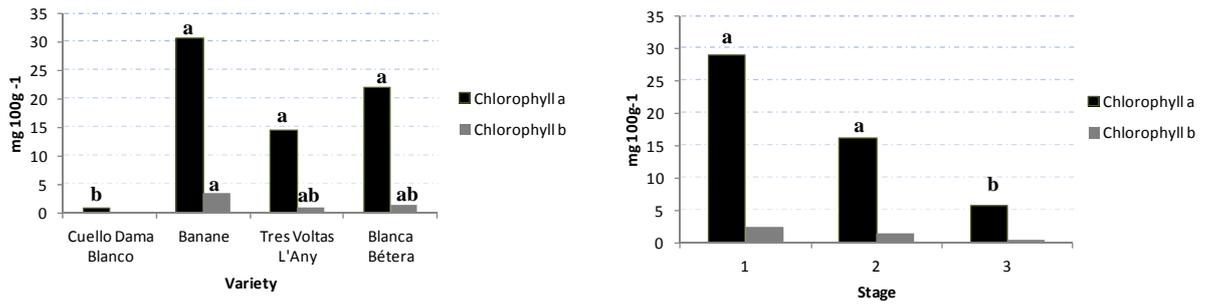


Figure. 1. Chlorophyll a and b content of fig tree varieties and ripening stages. Means with the same value do not differ significantly.

IV. Resultados

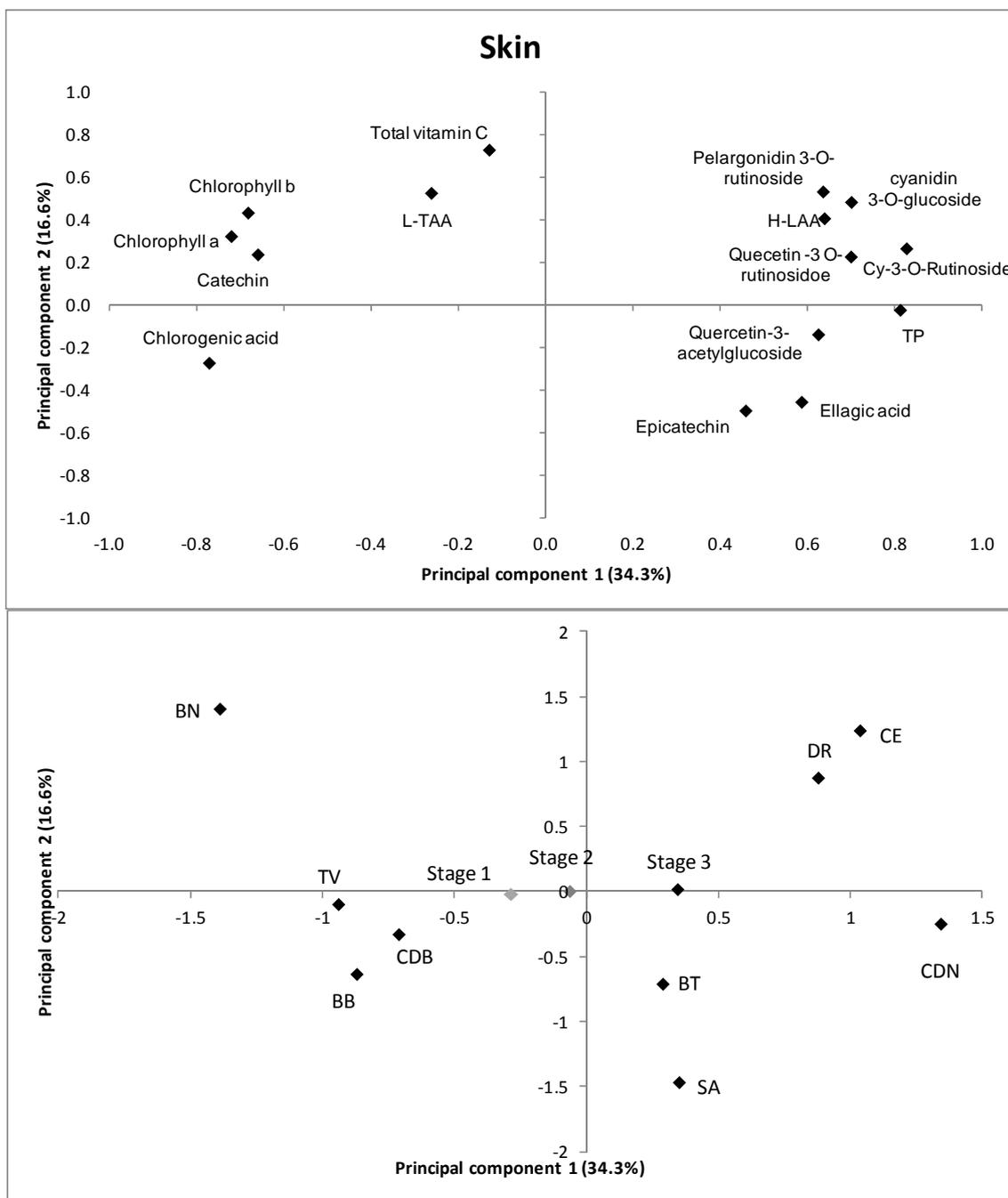


Figure. 2. Loading plot and score plot after principal components analysis of the variables and individuals in the plane by two first principal components (PC1 and PC2) in skin. DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'.

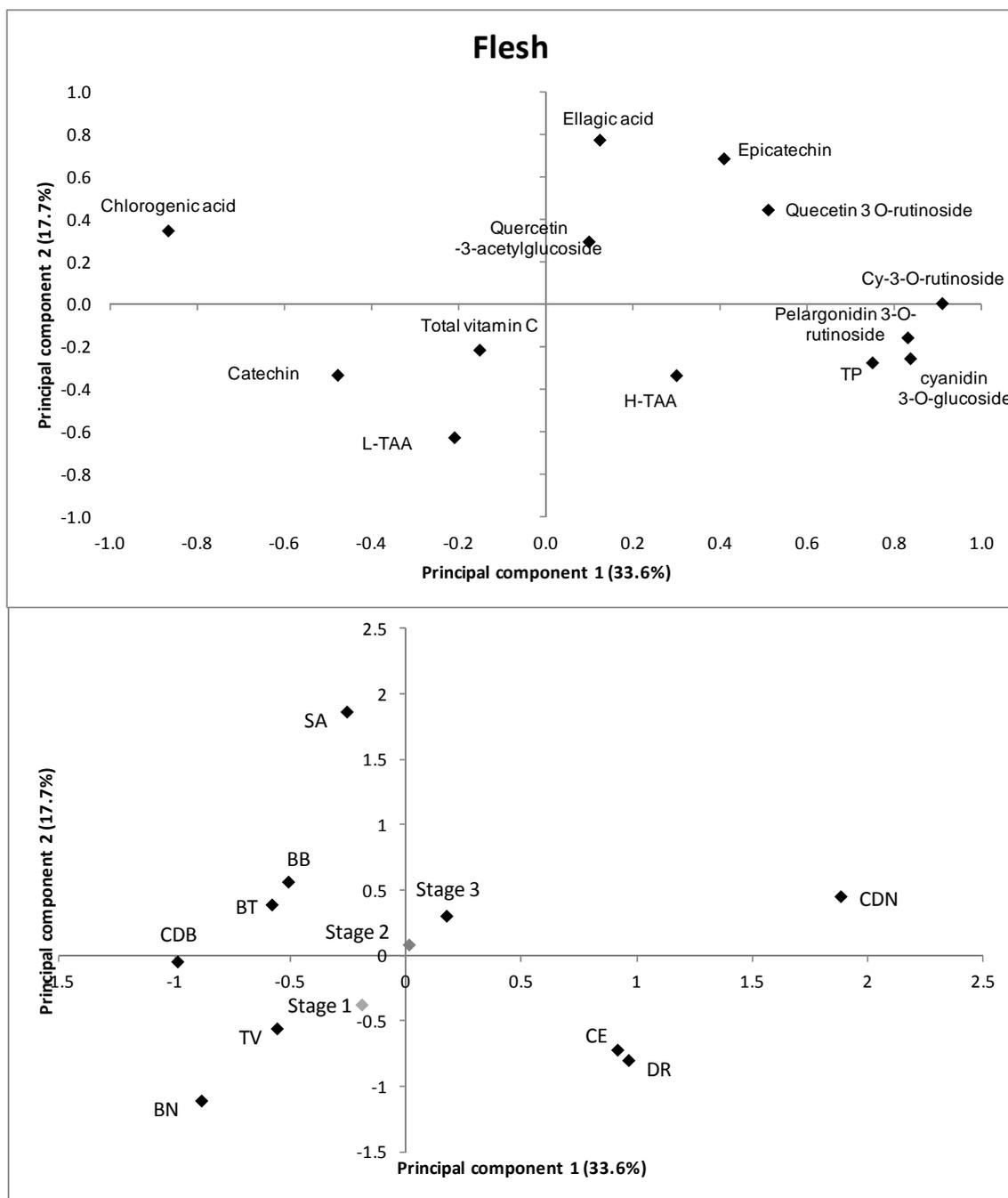


Figure. 3. Loading plot and score plot after principal components analysis of the variables and individuals in the plane by two first principal components (PC1 and PC2) in flesh. DR 'De Rey', CDB 'Cuello Dama Blanco', BT 'Brown Turkey', SA 'San Antonio', CDN 'Cuello Dama Negro', BN 'Banane', CE 'Colar Elche', TV 'Tres Voltas L'Any', BB 'Blanca Bétera'.

V.DISCUSIÓN

V.1.- Comportamiento agronómico y características de calidad de brevas e higos

V.1.1 Parámetros agronómicos (capítulo 1)

Respecto a la entrada en producción de las variedades estudiadas, desde su establecimiento en campo en el año 2007, todas iniciaron la producción de higos en el segundo verde (2009). Por contra, en el caso de las brevas, la entrada en producción fue en el tercer verde (2010) como consecuencia de las podas de formación realizadas en invierno durante los dos primeros años del ensayo, que eliminaron gran parte de la cosecha de brevas. En cuanto a las fechas medias de maduración de brevas e higos, durante el periodo de estudio (2009-2014), en la variedad temprana 'San Antonio', las brevas iniciaron la maduración en la primera decena de junio y finalizaron en la tercera semana de junio, mientras que los primeros higos maduros se recolectaron en la segunda semana de julio y finalizaron en la primera semana de octubre. Por otro lado, las variedades de maduración media, como 'Blanca Bétera', 'Brown Turkey', 'Tres Voltas L'Any' y 'Tiberio', iniciaron la maduración de brevas hacia la segunda decena de junio y finalizaron a finales de junio, mientras que los primeros higos de estas variedades, excepto en 'Tiberio' que es de tipo San Pedro, iniciaron su maduración en la segunda-tercera semana de julio. 'Banane' y 'Cuello Dama Blanco' mostraron una maduración de los frutos media-tardía, cuyas brevas iniciaron la maduración en la tercera semana de junio y los higos en la tercera semana de julio. Finalmente, 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' y 'De Rey' fueron las variedades más tardías. Las brevas maduraron en la última semana de junio y los higos a finales de julio o principios de agosto. En todas las variedades, el periodo de maduración de higos finalizó en la primera semana de octubre. Por tanto, la amplitud del periodo de maduración de las brevas fue muy inferior al de higos, oscilando entre 9 y 21 días a lo largo del mes de junio. Sin embargo, en higos, la amplitud de dicho periodo osciló entre 67 y 75 días, desde la segunda semana de julio hasta la primera semana de octubre, coincidiendo con el inicio de las primeras lluvias y el descenso de las temperaturas. Por consiguiente, las variedades estudiadas permitirían una campaña de comercialización muy efectiva, ya que la producción de brevas e higos con destino a consumo en fresco, requiere variedades que posean un amplio rango de maduración de frutos y en diferentes períodos de tiempo (Aksoy y col., 2003a).

V. Discusión

En relación al calendario de maduración de las variedades estudiadas, se ha puesto de manifiesto que el inicio y final del período de maduración de las mismas, al igual que en el resto de frutales, oscila cada año en función de las condiciones climáticas (Ferrara y Papa, 2003). También, dentro de cada año, la amplitud de este periodo podría disminuir, debido principalmente a incrementos de temperaturas durante la maduración de los frutos. Así, por ejemplo, en el caso de variedades cultivadas en la zona sur de Italia, como 'Faraone', 'Fico Bianco', 'Petrelli', 'Precocissimo', 'Terlizzi Nero' o 'Troiano', las altas temperaturas modificaron el periodo de la maduración de las brevas de un año de estudio a otro, oscilando este el periodo de maduración entre 7 y 12 días (Ferrara y Papa, 2003).

Se han observado diferencias significativas en el comportamiento productivo entre las variedades estudiadas. 'Banane' y 'Brown Turkey' fueron las variedades de más rápida entrada en producción de higos, con valores en el segundo verde de 12,1 y 6,4 kg/árbol respectivamente, seguida por 'Cuello Dama Blanco' con 4,8 kg/árbol. 'De Rey', 'Colar Elche', 'Tres Voltas L'Any' y 'Blanca Bétera' mostraron una lenta entrada en producción con valores que no superaron el 1 kg/árbol en el segundo verde. El resto de variedades, mostraron una entrada en producción de higos media. En el caso de las brevas, 'Banane' ha mostrado una rápida entrada en producción con valores de 2,21 kg/árbol en el tercer verde, seguida por 'San Antonio' con 1,5 kg/árbol.

Las producciones anuales de brevas fueron significativamente menores que las de higos, mostrando incluso valores irregulares entre años debido probablemente a las podas realizadas en invierno y, por otro lado, a la incidencia de heladas tempranas al inicio del reposo que podrían afectar al desarrollo de las yemas de fruto. En cambio, en el caso de los higos, las producciones anuales fueron aumentando progresivamente a lo largo de los años en todas las variedades estudiadas. Las variedades 'San Antonio' y 'Brown Turkey' presentaron las mayores producciones anuales de brevas con 15 y 10,6 kg/árbol, respectivamente, en el séptimo verde (2014) seguidas por 'Banane', 'Tres Voltas L'Any' y 'Tiberio' con 5,8; 5,8 y 5,7 kg/árbol, respectivamente, a lo largo del mismo año. En el caso de los higos, 'Banane' fue la variedad más productiva con una producción anual de 76 kg/árbol en el año 2014 seguida por 'Brown Turkey' (57,6 kg/árbol), 'Cuello Dama Blanco' (52 kg/árbol) y 'Cuello Dama Negro' (47,8 kg/árbol). Estas producciones fueron más altas que las obtenidas por Abo-el-ek y col. (2013) en la variedad 'Kadota' con árboles de 7 años y un marco de plantación de 3x3 metros, en el que las producciones observadas fueron de

0,5 kg/árbol en brevas y de 14 kg/árbol en higos. Además, en el caso de Khamis y col. (2006) también obtuvieron en árboles de 5 años y a un marco de plantación de 3x3 m, unas producciones anuales de 0,52 kg/árbol en brevas y 17,5 kg/árbol en higos de la variedad 'Black Mission' y 0,36 kg/árbol en brevas y 13,5 kg/árbol en higos de 'Kadota', por lo que de nuevo fueron inferiores a las obtenidas en nuestro estudio. Como se ha mencionado anteriormente, estas variedades son sinónimas de 'Colar Elche' y 'Cuello Dama Blanco' respectivamente (López-Corrales y col., 2011). También, estas producciones obtenidas fueron superiores a las observados en higos por Çalişkan y Polat (2008), en árboles de 4-5 años que obtuvieron unas producciones de entre 0,5 y 2,64 kg/árbol para variedades como 'Sarilop' o 'Bursa Siyahi' cultivadas en Turquía. Si bien es cierto, que de acuerdo con Şahin y col. (2001), los árboles muestran su óptimo de producción a partir de los 7 años de edad.

Estas diferencias en las producciones anuales, también fueron observadas en las producciones acumuladas (kg/árbol) durante el periodo de estudio (2009-2014) siendo, de nuevo, las producciones acumuladas de brevas menores que las de higos. En general, en el caso de las brevas, 'San Antonio' y 'Banane' presentaron las mayores producciones acumuladas, con valores de 29,9 y 20,6 kg/árbol respectivamente, mientras que en los higos fueron 'Banane', 'Brown Turkey' y 'Cuello Dama Blanco' (305, 244,5 y 194,1 kg/árbol respectivamente). Las variedades 'Tres Voltas', 'De Rey' y 'Tiberio' debido a las bajas producciones anuales y acumuladas podrían ser descartadas, en nuestras condiciones de cultivo, como variedades óptimas para la comercialización en fresco.

En relación al vigor del árbol, 'Cuello Dama Blanco' fue la variedad con mayor vigor con 143,4 cm², seguida por 'Cuello Dama Negro' y 'Banane' (142,8 y 134,7 cm² respectivamente). De acuerdo con el IPGRI y CHIEM (2003), estas variedades presentaron un vigor medio. Sin embargo, en el caso de 'Cuello Dama Negro', debido al porte abierto de sus ramas, debería establecerse con marcos de plantación mayores para evitar la superposición y la falta de iluminación de ramas y frutos. Tapia y col. (2003) observaron en un estudio en Chile con la variedad 'Brown Turkey' en riego, que la sección de tronco puede multiplicarse por tres en árboles de tres verdes, pasando de 5,14 mm² sin riego a 17,3 mm² con riego. Con respecto a la eficiencia productiva o productividad, 'San Antonio', 'Brown Turkey' y 'Banane' pueden considerarse variedades productivas en brevas (con valores de eficiencia productiva de 0,3, 0,2 y 0,2 kg/cm² respectivamente), mientras que 'Brown Turkey', 'Banane', 'San Antonio' y 'Cuello Dama Blanco' lo son en higos (con valores de

V. Discusión

eficiencia productiva 2,4, 2,3, 1,5 y 1,3 kg/cm² respectivamente). Estos valores fueron más altos que los obtenidos por Puebla y col. (2003), para la variedad 'Tiberio' en árboles de 4 años con valores de entre 0,005 y 0,012 kg/cm².

Esta gran variabilidad obtenida tanto en las producciones anuales como en las eficiencias productivas entre variedades, han puesto de manifiesto, además de la influencia del genotipo, otras como las condiciones climáticas (temperatura, humedad y radiación solar), las técnicas de cultivo (como la poda, fertilización y el riego) y el año de cosecha (Flaishman y col., 2008; Çalışkan y Polat, 2012). Botti y col. (2003) evaluaron el efecto de las condiciones climáticas sobre la producción de higos frescos de tres variedades y en diferentes fincas de ensayo en Chile. Pusieron de manifiesto que, las producciones más elevadas en todas las variedades estudiadas fueron obtenidas en el ensayo localizado en la zona con mejores condiciones climáticas, como era el caso 'El Palqui' (Ovalle), con temperaturas elevadas, una mayor radiación solar y alta pluviometría, al contrario que en las otras zonas con climas más fríos. Otros autores también indicaron que las zonas con altas temperaturas en verano, con inviernos moderados y con baja humedad relativa fueron las que presentaron las mejores condiciones de cultivo para la producción de brevas e higos (Mendes-Pereira, 1981; Ferguson y col., 1990, Melgarejo, 1998; Flaishman, 2008). Aunque la higuera es poco exigente en requerimientos de clima y suelo, son necesarias determinadas condiciones climáticas para la obtención de frutos de calidad (Eisen, 1901).

Por otro lado, Goldhammer y Salinas (1999) demostraron que la eficiencia del agua de riego se tradujo en un mayor rendimiento y una mayor producción en la variedad 'Black Mission' cultivada en California (USA). También, Tapia y col. (2003) confirmaron estos resultados descritos anteriormente, ya que observaron un aumento de la producción de 56,8 kg/árbol sin riego a 295,1 kg/árbol con riego en la variedad 'Kadota'. Por otro lado, Gonçalves y col. (2006) también pusieron de manifiesto que en Brasil la época de realización de la poda es determinante en la productividad de las higueras, confirmándose una mayor productividad en las higueras con una poda temprana, realizada sobre el mes de marzo, frente a podas más tardías.

V.1.2 Parámetros de calidad (capítulo 1)

En cuanto al peso y calibre de los frutos, las brevas mostraron un mayor peso y calibre que los higos. Esta tendencia también fue observada por Sánchez *y col.* (2003). Los valores de peso medio oscilaron desde 42,5 g ('De Rey' y 'Tres Voltas L'Any') a 115,8 g ('Brown Turkey') para brevas, mientras que en higos estuvieron entre 36,9 g ('Cuello Dama Blanco') y 56,8 g ('Brown Turkey'). Por otro lado, los calibres medios en brevas oscilaron en torno a 42,4 mm ('De Rey') y 59,2 mm ('Tiberio'), mientras que en higos mostraron un rango de 34,2 mm ('Colar Elche') a 47,3 mm ('San Antonio'). 'Brown Turkey' y 'Banane' fueron las variedades con mayor peso y calibre para ambas cosechas, seguida por 'Tiberio' en brevas y 'San Antonio' en higos. Los valores de peso medio en brevas de 'Colar Elche' fueron inferiores a los obtenidas por Valdés *y col.* (2009) en brevas de la misma variedad, pero cultivadas en Alicante, cuyo peso medio fue de 90 g con un calibre medio similar al de este estudio (50 mm). Por otro lado, Ferrara y Papa (2003) obtuvieron, en brevas de diferentes variedades cultivadas en Italia, valores superiores de peso y calibre, la mayoría por encima de los 100 g, oscilando entre los 62,9 (Sel. 13M) y 134 g ('Fico Bianco') de peso medio y entre 48,9 (Sel. 21M) y 67 mm (Sel. 3 A/M) de calibre medio. En este estudio, los valores medios obtenidos para las brevas de 'Colar Elche' y 'San Antonio' fueron similares a los obtenidos por Souza *y col.* (2013) para estas mismas variedades.

En higos, los valores de peso y calibre medio se mostraron en concordancia con los obtenidos por otros autores como Çalışkan y Polat (2008, 2012), Küden *y col.* (2008) y Şimşek y Yildirim, (2010) en variedades cultivadas principalmente en Turquía. Sin embargo, estuvieron en discordancia con los obtenidos por Crisosto *y col.* (2010) que mostraron valores más bajos de peso en las variedades 'Mission' y 'Brown Turkey'. Estas diferencias en pesos y calibres medios obtenidas entre autores podrían ser debidas a las diferencias agroclimáticas de cada zona de estudio y/o a la aplicación de diferentes técnicas de cultivo, como pueden ser la poda, riego o fertilización (Çalışkan y Polat, 2008; Goldhammer y Salinas, 1999). De acuerdo con Crisosto *y col.* (2011) y Freiman *y col.* (2012), el desarrollo del higo y la breva en el árbol, en cuanto a peso y calibre, sigue una curva sigmoidea, en el que en la Fase I de su desarrollo se produce un aumento rápido del diámetro y un ligero aumento del peso del fruto como resultado de la división celular, se mantiene durante la Fase II y alcanza el 70% de su diámetro y peso a lo largo de la Fase III como resultado de la expansión celular, comenzando de esta manera, sus fases de

V. Discusión

maduración de consumo. Este comportamiento fue corroborado por Russo y D'Andrea (2003) en brevas de la variedad 'Petrelli' y por Freiman *y col.* (2012) en higos de la variedad 'Brown Turkey', cuyo máximo calibre fue alcanzado en las etapas finales de la Fase III. Por otro lado, tanto peso como calibre están considerados como unos de los principales parámetros de preferencia de los consumidores y, además, de gran interés para la comercialización de estos frutos en fresco (Askoy *y col.*, 1992), ya que permiten la selección del embalaje o envasado, así como el tipo de transporte más apropiado (Condit, 1941). Finalmente, el productor percibe los precios más elevados en función del mayor peso y calibre (Goldhammer y Salinas, 1999). Normalmente, el mercado del higo fresco demanda calibres comprendidos entre los 30 y 36 mm para higos y a partir de 42mm para brevas. Por lo general, los higos son comercializados en formatos de cajas de 2,5 ó 3 kg mientras que las brevas en cajas de 1kg (con aproximadamente 8-10 frutos) en el que todos los frutos van a ser uniformes en tamaño y color y, además, con ausencia de daños (Afruex, 2016, Albafruit, 2016). En nuestro estudio, los higos de 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco', 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' y 'Tres Voltas L'Any' se ajustaron a los calibres demandados por las centrales hortofrutícolas, mientras que el resto de variedades mostraron calibres algo superiores, entre los 43 ('Banane')- 50 mm ('Brown Turkey'). Asimismo, en general, las brevas de todas las variedades presentaron calibres comprendidos entre los 44 y 57 mm excepto 'De Rey' y 'Tres Voltas L'Any' que son las que mostraron calibres inferiores. Por tanto, la mayoría de las variedades estudiadas cumplirían con los calibres establecidos para la comercialización de estos frutos en fresco.

En relación a los parámetros morfológicos estudiados, como la longitud del fruto, la longitud del cuello y la longitud del ostiolo, 'Banane' fue la variedad que mostró los frutos con mayor longitud con 106 mm en brevas y 60,4 mm en higos, mientras que los frutos de 'San Antonio' fueron los que menor longitud presentaron con 55,8 mm en brevas y 40,7 mm en higos. Estos valores fueron superiores a los informados por Çalışkan y Polat (2008) y Küden *y col.* (2008) en higos procedentes de otras variedades. Melgarejo (1996), en un estudio de variedades de higuera con riego, observó que en las plantaciones con riego los frutos presentaron mayor longitud, si bien fueron los más sensibles al rajado y a la deshidratación post-recolección.

En relación a la longitud del cuello, 'Banane' y 'Colar Elche' fueron las variedades con mayor cuello en brevas, con valores de 36,1 mm y 14,6 mm, respectivamente, siendo

menor en higos. Estos resultados fueron similares a los obtenidos en higos por Askoy *y col.* (2003b). En este estudio, las brevas y los higos mostraron una longitud de cuello de tamaño medio de acuerdo con el descriptor de higuera IPGRI y CIHEAM (2003) y ,por tanto, estos frutos serían idóneos para la industria del higo fresco, ya que los frutos con cuellos demasiados largos no son deseables. En relación a la apertura del ostiolo, en general, los higos se caracterizaron por presentar una menor apertura que las brevas, excepto la variedad 'Brown Turkey' que presentó la mayor apertura del ostiolo tanto en brevas como en higos. Las variedades con ostiolos muy abiertos no suelen ser demandados por la industria del higo fresco porque suponen una entrada de microorganismos que pueden deteriorar el fruto durante su conservación post-recolección (Crisosto *y col.*, 2011).

Los resultados obtenidos de firmeza fueron significativamente diferentes en ambas cosechas, oscilando en un rango de entre 0,9-1,5 N/mm en brevas y 0,7-1,5 N/mm en higos. 'Brown Turkey', 'Banane' y 'Colar Elche' fueron las variedades con mayor firmeza tanto en brevas como en higos, con valores medios de 1,5 y 1,3 N/mm respectivamente. Sin embargo, la firmeza fue más baja en las variedades 'Cuello Dama Blanco' y 'Tres Voltas L'Any' para ambas cosechas, con valores medios de 1,1 N/mm en brevas e higos para 'Cuello Dama Blanco' y 0,9 N/mm en brevas y 0,7 N/mm en higos para 'Tres Voltas L'Any'. Estos resultados estuvieron en concordancia con los obtenidos por Villalobos *y col.* (2014) para los cultivares 'San Antonio' y 'Banane' que mostraron al inicio del almacenamiento valores de 1,8 y 1,4 N/mm respectivamente, mientras que en higos mostraron los mismos valores que 'Cuello Dama Blanco', 'Cuello Dama Negro' y 'San Antonio' (Villalobos *y col.*, 2015). Este parámetro determina el punto óptimo de maduración tanto de brevas como de higos y es fijado durante la Fase III del desarrollo del fruto, que es donde se alcanza su punto óptimo de consumo (Crisosto *y col.*, 2011).

En relación a los parámetros físico-químicos como la concentración de sólidos solubles (CSS), la acidez titulable (AT), el pH y el índice de maduración (IM) (CSS/AT) de las diferentes variedades y de las dos cosechas estudiadas, fue observado que, por lo general, los higos mostraron un mayor CSS que las brevas, con valores comprendidos entre 16,4 °Brix ('Brown Turkey') y 20,4 °Brix ('De Rey') para brevas y entre 17,5 °Brix ('Banane') y 23,3 °Brix ('De Rey') para higos. Esta tendencia también fue observada por Sánchez *y col.* (2003) en variedades cultivadas en Alicante. 'De Rey' fue la variedad con mayor contenido de CSS tanto en brevas como en higos, seguida por 'Cuello Dama Blanco' y

V. Discusión

'Tres Voltas L'Any'. En el caso de las brevas, los resultados fueron similares a los obtenidos por Souza *y col.* (2013) para las variedades 'Colar', 'Tiberio', 'San Antonio' y 'Cuello Dama Negro' y por Ferrara y Papa (2003) en brevas cultivadas en Italia con valores entre 15-19 °Brix. Con respecto a los higos, en general, estos resultados fueron más bajos que los obtenidos por Çalışkan y Polat (2008, 2012) en higos de diferentes variedades turcas cuyos valores oscilaron entre 20,2-27 °Brix. Sin embargo, los valores de CSS obtenidos en este estudio para los higos de 'Cuello Dama Blanco', 'Brown Turkey' y 'Cuello Dama Negro' fueron más altos que los obtenidos por Crisosto *y col.* (2010) para estas mismas variedades evaluadas en diferentes estados de maduración. De nuevo, esta variabilidad obtenida demuestra la gran influencia, no sólo del genotipo, sino también de las condiciones climáticas sobre este parámetro físico-químico, mostrando que climas más cálidos incrementan los niveles de CSS (Gonçalves *y col.*, 2006). Además, se ha descrito que la concentración de sólidos solubles (CSS) aumenta con un leve déficit de agua y, por tanto, el nivel hídrico de las plantas, también sería relevante a la hora de obtener frutos con mayor CSS (Botti *y col.*, 2003; Tapia *y col.*, 2003).

Con respecto a la AT, las brevas presentaron mayor acidez que los higos. Las brevas de 'Cuello Dama Negro', 'Tres Voltas L'Any' y 'Banane' fueron las variedades con mayor contenido en AT, oscilando entre 0,16 y 0,2% de ácido cítrico, mientras que los higos de 'Cuello Dama Negro' y 'Blanca Bétera' mostraron los valores más altos de AT con 0,15 y 0,17 % de ácido cítrico. Por el contrario, 'Cuello Dama Blanco' y 'De Rey' fueron las variedades con menor concentración de AT en ambas cosechas. Los higos de 'Cuello Dama Blanco' y 'San Antonio' mostraron valores similares de AT a los informados por Villalobos *y col.* (2015), así como las brevas de 'Banane' y 'San Antonio' fueron similares a los obtenidos por Villalobos *y col.* (2014). Por otro lado, estos resultados de AT fueron inferiores a los obtenidos con otras variedades y en diferentes condiciones edafoclimáticas (Crisosto *y col.*, 2010; Çalışkan y Polat, 2008, 2012). Tanto CSS como AT están relacionados con la maduración de los frutos y, por tanto, son considerados dos parámetros importantes para la comercialización en fresco de éstos, ya que son determinantes tanto en el sabor como en su vida post-recolección. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en los valores de pH tanto en brevas como en higos, oscilando en torno a 5,2-6,1 entre las variedades estudiadas. 'De Rey' y 'Cuello Dama Blanco' fueron las variedades con mayores valores de pH, con en torno a 6. Estos valores de pH fueron más elevados que los obtenidos

por Çalişkan y Polat (2008, 2012) y por Sánchez y col. (2003), si bien los frutos de 'Colar Elche' presentaron los mismos valores de pH que los mostrados en este último estudio. El pH se caracteriza por jugar un papel importante en las características sensoriales de la fruta debido a que afecta a la percepción del dulzor (Gunnes y col., 2009).

Los valores de IM (CSS/AT) oscilaron desde 105 ('Blanca Bétera') a 203 ('De Rey') para brevas y entre 132 ('Cuello Dama Negro') y 278 ('Cuello Dama Blanco') para higos. En general, los higos presentaron mayor IM que las brevas. Esta tendencia también fue observada por Sánchez y col. (2003) en brevas e higos. Para ambas cosechas, 'De Rey' y 'Cuello Dama Blanco' fueron las variedades con mayor IM, con valores de 203 en brevas y 255 en higos para 'De Rey' y 187 en brevas y 278 en higos para 'Cuello Dama Blanco', seguida por 'San Antonio' con 157 en brevas y 231 en higos. En general, 'De Rey' fue la variedad con mayor IM en brevas mientras que 'Cuello Dama Blanco' lo fue en higos. Estos valores fueron similares a los resultados obtenidos por Çalişkan y Polat (2008, 2012) en diferentes variedades cultivadas en Turquía. Por el contrario, estos valores fueron muy superiores a los obtenidos por Sánchez y col. (2003) en brevas e higos cultivados en la zona de Alicante. Crisosto y col. (2010) obtuvieron en higos de las variedades 'Mission', 'Brown Turkey' y 'Kadota' valores más bajos de IM en frutos cosechados en su estado de madurez comercial que en nuestro estudio, con valores de 38, 56,9 y 28,5 respectivamente. Este índice (CSS/AT) está muy relacionado con el sabor de la fruta y con el grado de aceptabilidad por parte del consumidor (Crisosto y col., 2011). Además, este ratio podría ser usado como una guía para seleccionar variedades para usos específicos. En este sentido, según Çalişkan y Polat (2008), las variedades con altos IM muestran una mejor aptitud para el secado. Conforme a los resultados obtenidos, los higos de la variedad 'Cuello Dama Blanco' de este estudio mostraron buenas características de calidad tanto para consumo en fresco como para el secado. En base a todos estos parámetros físico-químicos, las variedades 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco', 'San Antonio' y 'Colar Elche' son las que mostraron mayor dulzura, menor AT y mejor IM, presentando las mejores características físico-químicas y organolépticas. Por tanto, estas variedades, desde el punto de vista del consumidor, serían variedades interesantes y recomendables para consumo en fresco. La variabilidad de los resultados obtenidos en este estudio ha supuesto la creación de un amplio calendario de maduración para este cultivo con un gran potencial para el mercado en fresco, pudiendo elegir entre una gama de variedades de acuerdo a las preferencias de

peso, calibre, color de piel y pulpa, fecha de maduración, firmeza y dulzor. Si bien, hay que tener en cuenta que los parámetros físico-químicos de los frutos de cada variedad pueden verse afectados por el estado de maduración del fruto así como por las condiciones edafoclimáticas o por las prácticas agronómicas con gran incidencia en la carga frutal de árbol (Botti *y col.*, 2003, Çalışkan y Polat, 2012; Crisosto *y col.*, 2010). En nuestro estudio se ha podido confirmar que los atributos de calidad de brevas e higos se ven más afectados por la interacción variedad-condiciones climáticas del año de cosecha que por otras interacciones como por ejemplo la poda. Similares resultados fueron obtenidos por Gonçalves *y col.* (2006).

V.2.- Caracterización nutricional, funcional y sensorial de brevas e higos a lo largo de la maduración

V.2.1 Características de calidad en diferentes estados de maduración (capítulo 2)

Los resultados obtenidos para peso y calibre en brevas e higos entre los diferentes estados de maduración establecidos dentro de la Fase III del desarrollo del fruto, mostraron diferencias significativas entre ellos en cada una de las variedades estudiadas. Como ya se mencionó anteriormente, de nuevo, los valores medios de peso y calibre obtenidos para brevas en los diferentes estados de maduración establecidos fueron muy superiores a los mostrados por higos, con valores que oscilaron entre 39-117,5 g y 44,2-63,1mm en brevas y 25,1-77,6 g y 35,9-53,3 mm en higos. En general, en todas las variedades, excepto 'Tiberio' en brevas y 'Cuello Dama Negro' y 'De Rey' en higos, aumentaron su peso y calibre a lo largo de los diferentes estados de maduración establecidos, siendo el estadio 3, posterior al estado de maduración comercial, el que mostró los valores más elevados. Es bien conocido que el peso y calibre aumenta durante la Fase III del desarrollo del fruto. El principal incremento de calibre tiene lugar desde que el fruto alcanza la madurez comercial hasta que está plenamente maduro, ya que durante este periodo es cuando se produce la mayor síntesis de etileno, hormona responsable de la maduración, así como el cambio de color debido a la síntesis de pigmentos (Tsantili, 1990; Valero y Serrano, 2010; Freiman *y col.*, 2012). Además, esta tendencia fue confirmada por Crisosto *y col.* (2010) en variedades como 'Kadota', 'Mision', 'Brown Turkey' y 'Calimyrna', en las que observó un aumento del peso en frutos que presentaban su maduración

completa frente a frutos cosechados en su madurez comercial. Estas diferencias encontradas entre variedades y etapas de maduración en base al crecimiento y desarrollo de los frutos confirman la influencia del genotipo, del estado de maduración de los frutos y las condiciones medioambientales (Kaynaş y col., 1998; Crisosto y col., 2010; Çalişkan y Polat, 2012).

Para el estudio del color, se determinaron los parámetros L^* , Chroma* (C^*) y hue* (h^*) tanto en la piel como en la pulpa de brevas e higos a lo largo de las diferentes etapas de maduración establecidos. De nuevo, diferencias significativas fueron observadas entre etapas de maduración y variedades, siendo el principal responsable del color el genotipo (Çalişkan y Polat, 2012; Ercisli y col. (2012)). El color de la piel varió en función de la variedad y el estado de maduración, de verde claro en variedades como 'Banane' o 'Tres Voltas L'Any', verde amarillento en 'Cuello Dama Blanco' y 'Blanca Bétera', amarillo-verdoso-marrón en 'Brown Turkey', 'Tiberio', 'San Antonio' y púrpura-negro en 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' y 'De Rey'. En el caso del color de la pulpa fue ámbar en variedades como 'San Antonio', 'Cuello Dama Blanco' y 'De Rey', rosa en 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche', 'Brown Turkey' y 'Tiberio' y roja en 'Banane', 'Tres Voltas L'Any' y 'Blanca Bétera'. Los valores más bajos de L^* , C^* y h^* se asociaron con los colores más oscuros, mientras que los valores más altos de estas variables se relacionaron con colores más claros (Çalişkan y Polat, 2012). En general, los higos mostraron mayor intensidad de color que las brevas. Estos resultados indican la gran variabilidad de colores, tanto en piel como en pulpa, presentes en higos y brevas y está en concordancia con lo descrito por otros autores como Solomon y col. (2006); Yalcinkaya y col. (2007), Çalişkan y Polat (2011, 2012) y Ercisli y col. (2012). Por otro lado, las características del color van a depender de parámetros como la intensidad de la luz y la temperatura, por lo que pueden variar de un año a otro. Así, por ejemplo, se ha visto que la temperatura, en particular, tiene un fuerte efecto sobre la síntesis de antocianinas, pigmentos responsables del color rojo, púrpura o azul de los frutos (Wang y col., 2011).

En los diferentes estados de maduración estudiados, se observó que los colores marrones y púrpuras tornaron a negro intenso, mientras que los amarillo-verdosos se volvieron más amarillos en las etapas más avanzadas del desarrollo del fruto. En general, los parámetros del color estudiados tanto de piel como de pulpa de brevas e higos disminuyeron a lo largo de la maduración debido principalmente, y dependiendo de cada

V. Discusión

variedad, a una acumulación de antocianinas o una degradación de las clorofilas (Crisosto y col., 2011; Solomon y col., 2006; Valero y Serrano, 2010). Esta tendencia a lo largo de la maduración fue observada por Crisosto y col. (2010) en variedades como 'Mission', 'Brown Turkey' o 'Kadota'. El punto óptimo de maduración de cada fruto en el árbol depende de cada variedad y se establece durante la Fase III del desarrollo del mismo. Un fruto seleccionado antes de su estado de maduración óptimo nunca alcanzará su sabor deseable (Askoy, 1997; Rodov y col., 2002). Del mismo modo, la intensidad de color de la piel de las brevas e higos es uno de los factores más importantes para definir la calidad y el grado de maduración de los mismos y tiene una influencia decisiva en la aceptación por parte del consumidor (Tsantili, 1990; Ercisli y col., 2012). En general, de acuerdo con Çalişkan y Polat (2012), las variedades de pulpa roja son las más atractivas para los consumidores, en cuanto a consumo en fresco. Por otro lado, Crisosto y col. (2010) también observaron que los higos que mostraban mayor aceptación por parte de los consumidores eran aquellos que habían completado su maduración en el árbol, es decir, posterior a la maduración comercial.

En ambas cosechas, brevas e higos, se observó una pérdida de firmeza entre los diferentes estados de maduración establecidos, disminuyendo gradualmente y mostrando diferencias significativas entre estadios. En ambas cosechas, el estadio 1 presentó los valores más elevados con 4,9 N/mm en brevas y 2,6 N/mm en higos, mientras que en el estadio 3 los valores más bajos (1,9 N/mm en brevas y 0,8 N/mm en higos). Esta tendencia fue también confirmada por Crisosto y col. (2010) en cuatro variedades de higos, en las que observó un descenso de la firmeza entre los frutos recolectados en madurez comercial con respecto a los frutos recolectados con maduración en el árbol. Este descenso a lo largo de la maduración también ha sido observado en otros tipos de frutos como las cerezas o fresas (Serradilla y col., 2011; Montero y col., 1996; Ornelas y col., 2013). Esta pérdida de firmeza a lo largo del proceso de maduración se relaciona con cambios en la estructura de la pared celular por disolución de la laminilla o lamela media y por desorganización de la pared celular primaria por degradación de las pectinas durante el desarrollo del fruto (Montero y col., 1996; Valero y Serrano, 2010). Además, esta pérdida de firmeza durante la maduración hace que los frutos en estados de maduración más avanzados, como el estadio 3, sean más susceptibles al daño durante el transporte y almacenamiento (Tsantili, 1990). En general,

las variedades que mostraron mayor pérdida de firmeza a lo largo de la maduración fueron 'Brown Turkey', 'Banane', 'Cuello Dama Negro' y 'Colar Elche'.

También se observaron diferencias significativas en el contenido en sólidos solubles (CSS) en brevas e higos a lo largo de los diferentes estados de maduración. A lo largo de la maduración se observó un aumento del CSS, siendo el estadio 3 el que mostró los mayores valores en ambas cosechas (19,1 °Brix en brevas y 22,9 °Brix en higos). 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco' y 'Colar Elche' fueron las variedades que mostraron un mayor aumento en el CSS a lo largo de la maduración. Este aumento del CSS también ha sido descrito que tiene lugar durante la Fase III del crecimiento del fruto debido a una rápida conversión de los compuestos solubles en azúcares principalmente (Venu *y col.*, 2005) y este contenido en CSS va a determinar el sabor y flavor de los frutos. Este comportamiento para el CSS a lo largo de la maduración fue observado en higos por Crisosto *y col.* (2010) y en otros frutos como la granada (Schwartz *y col.*, 2009), la ciruela (Díaz-Mula *y col.*, 2008) y la cereza (Serradilla *y col.*, 2011). La concentración en CSS, junto con la firmeza y el color de la piel, son uno de los parámetros más útiles para realizar el seguimiento de la maduración del fruto en el árbol y así poder determinar el punto óptimo de maduración del mismo (Crisosto *y col.*, 2011).

Se observó un ligero aumento del pH a lo largo de los diferentes estados de maduración en ambas cosechas, siendo en el estadio 3 ligeramente superior al resto de los estadios (5,9 en brevas y 6 en higos). Este ligero aumento durante la maduración puede ser atribuido a la degradación de los ácidos orgánicos durante el metabolismo respiratorio del fruto (Valero y Serrano, 2010). Además, como se citó anteriormente, este parámetro juega un papel fundamental en la calidad sensorial del fruto ya que afecta a la percepción del dulzor (Gunnes *y col.*, 2009).

Con respecto a la acidez titulable (AT), por lo general, las brevas mostraron mayor acidez que los higos, observándose diferencias significativas entre estados de maduración. Entre los diferentes estados de maduración establecidos, se observó un descenso significativo de la acidez desde estadio 1 al estadio 3, siendo en las variedades 'Cuello Dama Negro' y 'Blanca Bétera' donde se observó el mayor descenso de AT. Esta tendencia también fue observada por Crisosto *y col.* (2010) en higos cosechados en diferentes estados de maduración. Por otro lado, este parámetro, a diferencia de otras frutas, presenta un bajo

V. Discusión

impacto sobre la aceptación por parte del consumidor, ya que en general, tanto brevas como higos se caracterizan por ser frutas dulces (Crisosto *y col.*, 2010).

Por último, se determinó el índice de maduración (IM) de la fruta como la relación o ratio CSS/AT, que está relacionado directamente con la aceptabilidad del consumidor y con la calidad del fruto (Crisosto *y col.*, 2011). Este ratio (CSS/AT) mostró una tendencia a aumentar a lo largo de la maduración, siendo el estadio 3 el que mostró los valores más elevados en ambas cosechas, tanto en brevas como en higos. Los valores obtenidos en este estudio fueron más elevados que los obtenidos por Crisosto *y col.* (2010) para las mismas variedades en dos estados de maduración diferentes, comercial y maduro en el árbol. 'Cuello Dama Blanco' y 'San Antonio' fueron las variedades con mayor aumento de IM a lo largo de la maduración.

En relación a los resultados obtenidos, se puede afirmar que el estadio 3 establecido para cada una de las variedades estudiadas, presentaría la mejor aceptación por parte de los consumidores ya que se encontraría en las mejores condiciones organolépticas para el consumo. Estos resultados también confirmaron lo descrito por Tsantili (1990) como un comportamiento normal del proceso de maduración de brevas e higos, es decir, un aumento en la concentración de azúcares, una disminución AT y un aumento del pH en las últimas fases de maduración del fruto.

V.2.2 Características nutricionales en los diferentes estados de maduración (capítulo 2)

La glucosa fue el principal azúcar reductor encontrado tanto en la piel como pulpa de brevas e higos, seguido por la fructosa y en menor medida de la sacarosa. Similares resultados han sido obtenidos por otros autores como Melgarejo *y col.* (2003), Aljane *y col.* (2007), Veberic *y col.* (2008a), Caliskan y Polat, (2011) y Slatnar *y col.* (2011) para higos de diferentes variedades. Se observaron diferencias significativas en el contenido de estos azúcares tanto en piel como en pulpa. En general, el contenido en glucosa fue mayor que el de fructosa. Sin embargo, en algunas variedades, el contenido de fructosa fue mayor que el de glucosa como 'Brown Turkey', 'San Antonio', 'Cuello Dama Negro', 'Tres Voltas L'Any' y 'Blanca Bétera' en brevas y 'De Rey', 'Brown Turkey', 'San Antonio', 'Banane', 'Tres Voltas L'Any' y 'Blanca Bétera' en higos. Lo que explicaría el sabor tan dulce de estos frutos de

estas variedades, ya que el poder edulcorante de la fructosa es de 1,2 a 1,5, mientras que el de la glucosa es de 0,5 a 0,8 (Valero y Serrano, 2010). Esta tendencia también fue observada por Melgarejo *y col.*, (2003) para brevas e higos como 'Colar', 'Florancha', 'Tío Antonio' y 'Gobernador'. Similares resultados fueron obtenidos por Çalişkan y Polat, (2012) para 8 variedades y 4 genotipos de higueras cultivados en Turquía, pero en este caso, fueron más altos que los obtenidos por Aljane *y col.* (2007). Esta variabilidad en los resultados demuestra la influencia del genotipo en la composición de azúcares o hidratos de carbono (Veberic *y col.*, 2008a). Por otro lado, se encontraron concentraciones muy bajas de sacarosa en ambas cosechas, tanto en piel como en pulpa. Çalişkan y Polat (2011) también observaron valores similares de sacarosa en 76 accesiones de higos locales e incluso en algunas de ellas no fue detectado este disacárido. Esto podría deberse a la hidrólisis de la sacarosa en glucosa y fructosa (Valero y Serrano, 2010) o al resultado de procesos anabólicos de respiración durante el desarrollo del fruto (Veberic y Mikulic-Petkovsek, 2016).

Con respecto a la maduración, se observó un aumento gradual de estos azúcares a lo largo de los diferentes estados de maduración establecidos para cada una de las variedades tanto en piel como en pulpa, siendo el estado 3 el que mostró las mayores concentraciones de estos azúcares. Sin embargo, en el caso de la sacarosa, no se observaron diferencias significativas entre estados de maduración, ni en brevas ni en higos, ya sea en piel o pulpa. Esta tendencia de acumulación de azúcares durante la maduración también ha sido observada por Tsantili, (1990) en higos de la variedad 'Tsapela' y también en otros frutos como granadas y cerezas (Shwartz *y col.*, 2011; Serradilla *y col.*, 2011). Por tanto, los higos y las brevas, al igual que otras frutas, como las moras, pueden ser una fuente de energía natural debido a su alto contenido azúcares (Sadia *y col.*, 2014). Además, su aporte energético va a depender de la variedad, tipo de fruto y si son consumidos con o sin piel (Veberic y Mikulic-Petkovsek, 2016).

En relación a los ácidos orgánicos estudiados, se identificaron tres ácidos mayoritarios en brevas e higos, tanto en piel como en pulpa, el ácido cítrico, málico y el ácido succínico. Esto concuerda con lo descrito Veberic y Mikulic-Petkovsek (2016), quienes informaron que los principales ácidos orgánicos descritos en la familia *Moraceae* son el ácido cítrico y málico. Se observaron diferencias significativas entre piel y pulpa, encontrándose en la pulpa las mayores concentraciones de estos ácidos orgánicos. Los

V. Discusión

valores de ácido málico fueron más elevados a los de ácido cítrico tanto en piel como en pulpa, así como en brevas e higos. A lo largo de la maduración, las brevas de 'Cuello Dama Blanco' y 'Colar Elche' mostraron mayor contenido en los tres ácidos identificados en piel, mientras que en pulpa fueron 'Cuello Dama Blanco' y 'Cuello Dama Negro'. Por el contrario, en higos, el comportamiento de estos ácidos en las diferentes variedades estudiadas fue diferente respecto a las brevas tanto en piel como en pulpa. Estos resultados están en contraste con los obtenidos por Melgarejo *y col.* (2003) para brevas e higos cultivados en la zona de Alicante que mostraron un mayor contenido en ácido cítrico que en ácido málico, aunque en todos los casos, estos valores para ambos ácidos estuvieron por debajo de los obtenidos en este estudio. De nuevo, se refleja la importancia de la zona de cultivo sobre las características de calidad de los frutos. Durante la maduración, un descenso en el contenido de ácidos orgánicos fue observado, aunque diferencias significativas no fueron observadas entre los diferentes estados de maduración, tanto a nivel de brevas como a nivel de higos, ni en piel ni en pulpa. Por tanto, estos resultados ponen de manifiesto que el contenido de ácidos orgánicos se mantienen gradualmente a lo largo de la Fase III del desarrollo del fruto, aunque por lo general suele descender durante la maduración al transformarse, en parte, en azúcares simples (Valero y Serrano, 2010).

En cuanto al contenido proteico de brevas e higos, se pudo observar que fue mayor en brevas (4,4-6,5 %) que en higos (4,1-5,1 %), mostrando mayor variabilidad las brevas. Los resultados obtenidos en higos estuvieron por encima de los descritos en higos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (2016) (0,75-1%), aunque sin embargo, estuvieron muy por debajo de los 8,6 % mostrados por Sadia *y col.* (2014) y Tanwar *y col.* (2014) en pulpa de higo. La variedad 'Tiberio' mostró el mayor contenido en proteínas en brevas, mientras que las variedades 'De Rey' y 'Tres Voltas L'Any' lo hicieron en higos. Por tanto, estas variedades podrían ser consideradas como una buena fuente de proteínas entre las diferentes variedades estudiadas. En los diferentes estados de maduración, se observó un descenso significativo en el contenido proteico, siendo mayor en brevas que en higos. Este descenso durante la maduración, también fue observado en higos de las variedades 'Poona' y 'Conadria' por Venu *y col.* (2005). Además, esta disminución del contenido proteico a lo largo de la maduración también ha sido observado por otros autores en otros frutos como la guayaba y la granada (Bashir y Abu-Goukh, 2003; Kulkarni y Aradhya, 2005). El descenso en el contenido en proteínas, podría deberse a la

descomposición de las mismas durante el crecimiento y desarrollo, ya que las mayor parte de la fracción proteica esta constituidas por enzimas que participan en el proceso de desarrollo y maduración de los frutos (Bashir y Abu-Goukh, 2003; Kulkarni y Aradhya, 2005).

En relación al contenido de fibra bruta, este varió entre las diferentes variedades y cosechas, oscilando entre 4-7,4 % en brevas y 4,6-9,3 % en higos. 'Blanca Bétera' fue la variedad con menor contenido en fibra en ambas cosechas. Por otro lado, las brevas de 'Banane' y 'Tres Voltas L'Any' fueron las que mostraron mayor contenido en fibra, mientras que en higos fueron 'Tres Voltas' L'Any', 'Banane' y 'Colar Elche'. Estos valores obtenidos en este estudio fueron más elevados que los descritos como valores medios de fibra en higos (2,2 %) y muy superiores a los obtenidos en otras frutas como manzanas, melocotones, granadas o dátiles frescos (1, 1,2, 2,1 y 3,7% respectivamente) (Gopalan y col., 2000). Por el contrario, Sadia y col. (2014) obtuvieron valores de fibra mayores que oscilaron entre 14,2 y 17,8 % en varias especies del género *Ficus*, entre las que se encontraba *Ficus carica*. En los diferentes estados de maduración establecidos, se observó un descenso del contenido en fibra tanto en brevas como en higos que osciló desde 6,9 (estadio 1) al 5% (estadio 3) para brevas y del 8,3 (estadio 1) al 6% (estadios 3) para higos. Esta tendencia también fue observada por Venu y col. (2005) en higos de las variedades 'Poona' y 'Conadria' cultivadas en la India. Este descenso significativo, podría deberse a la hidrólisis de las hemicelulosas durante la maduración de los frutos (Ruiz y col., 2010). Ramulu y col. (2003) describieron el contenido en fibra dietética de los higos, observando que estos mostraban mayor contenido en fibra soluble (2,4%) que otras frutas como el mango, los plátanos o las naranjas. Por tanto, los higos son una excelente fuente de fibra y este componente está asociado a numerosos efectos beneficiosos para la salud como son la prevención de enfermedades cardiovasculares, diabetes, diverticulitis u obesidad, así como indicados en caso de estreñimiento o en dietas de adelgazamiento por su efecto saciante (Ramulu y col., 2003; Vicente y col., 2009).

Entre los principales minerales encontrados en brevas e higos destacaron el K y Ca, como minerales mayoritarios en todas las variedades estudiadas. Este hecho está de acuerdo con los resultados obtenidos por Venu y col. (2005), Ajane y col. (2007, 2009), Khan y col. (2011) y Sadia y col. (2014) en diferentes variedades de higos. En general, el contenido en minerales en brevas fue algo superior que en higos. Las brevas de 'Cuello

V. Discusión

Dama Blanco' fueron las que presentaron mayor contenido en K, mientras que en higos fue la variedad 'Cuello Dama Negro'. Por su elevado contenido en K, se puede considerar que tanto higos como brevas son frutas recomendables para personas que sufren hipertensión arterial o afecciones de vasos sanguíneos y corazón. Sin embargo, no serían recomendables para personas que padecen de insuficiencia renal (Vicente y col., 2009). Por otro lado, el P y Mg se observó en cantidades menores, comprendidas entre 0,7 y 16 g/kg de peso seco en brevas e higos para ambos elementos. En relación a los microelementos estudiados, el contenido en Fe fue mayor que el de Zn en ambas cosechas. El contenido de todos estos minerales puede verse afectados no sólo por el genotipo, sino también por las condiciones ambientales, el uso de fertilizantes y el estado nutricional de la planta (Martínez-Ballesta y col., 2010; Khan y col., 2011). En los diferentes estados de maduración establecidos se observó un descenso significativo del contenido en todo los minerales estudiados, tanto en brevas como en higos, siendo los valores del estadio 1 mayor que los del estadio 3. Estos resultados corroboran los descritos por Adeyemi y col. (2009) en plátanos recolectados en diferentes estados de maduración. Este descenso significativo observado a lo largo de la maduración es crucial para el ablandamiento de la fruta (Adeyemi y col., 2009). Estos resultados obtenidos demuestran que las brevas e higos, pueden considerarse un suplemento de minerales esenciales en la dieta debido a su alto contenido en K y Ca que ofrecen numerosos efectos beneficiosos para la salud.

A partir del estudio de maduración llevado a cabo en brevas e higos, podemos concluir que los estados más tempranos de maduración (estadio 1), antes de la madurez comercial, se encuentran relacionados con un una mayor firmeza de los frutos, una mayor acidez y un alto contenido en fibra, proteína y minerales. Por el contrario, estadios más avanzados (estadio3), posterior a la madurez comercial, se encuentran asociados a un mayor contenido de CSS y glucosa, un mejor IM, una menor AT, una mayor intensidad de color y , por tanto, una mayor aceptabilidad por parte de los consumidores

V.2.3 Características sensoriales en los diferentes estados de maduración (capítulo 2)

El perfil aromático de brevas e higos de cada una de las variedades estudiadas y en los estadios de maduración establecidos estuvo caracterizado por hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres, furanos, monoterpenos, piranonas y éteres. La mayoría

de estos grupos también han sido identificados en higo fresco por otros autores como Grison-Pigé *y col.* (2002); Oliveira *y col.* (2010ab) y Li *y col.* (2011). Todos estos compuestos aromáticos van a influir significativamente en la calidad de las brevas e higos (Oliveira *y col.*, 2010a) y van a ser un factor importante de preferencia de los consumidores. De mismo modo, estos compuestos van a ser una señal de maduración del fruto principalmente porque algunos de ellos no están presentes en el fruto maduro (Schwab *y col.*, 2008). Asimismo, estos compuestos volátiles pueden verse influenciados por el genotipo, las condiciones climáticas, el estado de maduración del fruto y los factores tecnológicos (Douillard y Guichard, 1990).

Los aldehídos y alcoholes son producidos por la oxidación de ácidos grasos mediante β -oxidación (Schwab *y col.*, 2008). Los aldehídos identificados en brevas e higos durante la maduración forman un grupo importante de compuestos volátiles y son emitidos por la planta en respuesta a condiciones medioambientales (Oliveira *y col.*, 2010a). Entre los aldehídos lineales destacaron tanto en brevas como en higos el hexanal y el 2-hexenal, ambos compuestos son conocidos como los volátiles de las hojas verdes (Matsui, 2006). Estos compuestos también fueron detectados por Olivera *y col.* (2010a) en la piel y pulpa de variedades como 'Pingo de Mel' o 'Branca Tradicional' cultivadas en Portugal. Por otro lado, Gozlekci *y col.*, 2011 también encontraron el 2-hexenal en la pulpa en alta concentración en variedades de higos turcos como 'Bursa Siyahi', 'Sari Lop', 'Sultan Selim' o 'Karabakunya'. Estos dos compuestos también han sido identificados en otras frutas como cerezas o plátanos (Serradilla *y col.*, 2012; Pareek, 2016). Igualmente, otros aldehídos como el 2-pentenal, el nonanal o el 2,4-heptadienal fueron también identificados en pulpa de higos fresco de variedades portuguesas (Olivera *y col.*, 2010a) al igual que en nuestro estudio. Uno de los aldehídos presentes tanto en brevas como en higos es el benzaldehído que fue el único aldehído aromático detectado. Este compuesto se forma en la ruta del ácido siquímico y es uno de los principales compuestos que contribuyen al flavor de los higos (Trad *y col.*, 2012). Por otro lado, este compuesto ha sido utilizado para el tratamiento de carcinomas y como agente antimicrobiano (Choudhary *y col.*, 2003).

Entre los alcoholes identificados en brevas e higos a lo largo del estudio de maduración, como el 3-heptanol o el benzil alcohol también fueron detectados por otros autores en la piel y pulpa de higos frescos (Olivera *y col.*, 2010a). Los alcoholes al igual que los aldehídos son considerados compuestos predominantes que contribuyen al flavor de

V. Discusión

brevas e higos (Girad y Kopp, 1998). Estos alcoholes fueron más abundantes en variedades verdes como 'Cuello Dama Blanco', 'Blanca Bétera' o 'San Antonio'. Esta tendencia también fue observada por Olivera y col. (2010a) que encontraron mayor cantidad de alcoholes en variedades de piel verde.

Las cetonas resultaron de la biosíntesis o degradación oxidativa de los ácidos grasos (Schwab y col., 2008). Entre la cetona más abundante detectada en las diferentes variedades durante la maduración fue la 3-heptanona tanto en brevas como en higos que destacó en la variedad 'Cuello Dama Blanco'.

Los ácidos grasos principales detectados durante la maduración en las diferentes variedades en brevas e higos fueron el ácido hexanoico o el 2-etil hexanoico y el aroma de estos compuestos ha sido descrito como floral (Pherobase, 2011). El ácido acético solo estuvo presente en higos y el olor de este compuesto corresponde a un ligero olor a amargor (Acree y Arn, 2004). Otros ácidos como el ácido nonanoico presente en higos también ha sido identificado por Gozlecki y col. (2012) en piel y pulpa de variedades cultivadas en Turquía.

Los ésteres son originados de la esterificación de los alcoholes en presencia de la acetil coenzima A, derivados principalmente de los ácidos grasos o del metabolismo de algunos aminoácidos (Lara y col., 2003). El éster más abundante en brevas e higos fue el etil acetato que se encontró en altas cantidades en higos (28-25%) principalmente en las variedades 'San Antonio' y 'Banane'. Este compuesto debido a su alto porcentaje podría contribuir al aroma de los higos. Oliveira y col. (2010a) también identificó este éster en variedades portuguesas como 'Pingo de Mel' y 'Branca Tradicional' aunque en bajas cantidades.

Los furanos y las piranonas son originados a partir de hidratos de carbono como hexosas y pentosas como productos fotosintéticos primarios y sirven como excelentes precursores de aromas en la reacción de Maillard (Bood y Zabetakis, 2002, Limacher y col., 2008). Estos compuestos también han sido informados que contribuyen las características del flavor de brevas e higos y poseen un ligero aroma a caramelo. Los furanos se encontraron en altas cantidades en ambas cosechas, destacando las variedades 'Banane' y 'Colar Elche' en brevas y 'Cuello Dama Blanco' y 'Cuello Dama Negro' en higos. Compuestos

como el furfural o el 2-furancarboxaldehído-5-hidroxymethyl se han encontrado en variedades de higos turcos en bajas cantidades como 'Sari Lop' o 'Bursa Siyahi' (Gozlecki y col., 2012). El furaneol o 2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona que es un compuesto también clave en el aroma de las frutas (Farine y col., 1994) fue identificado en higos pero no en brevas. Estos furanos han sido descrito su efecto anticancerígeno así como por su efecto antioxidante comparable con el del ácido ascórbico (Slaughter, 1999). Entre las piranonas fueron detectadas en mayor cantidad en brevas que en higos. El 3-hidroxi 2,3, dihidromaltol fue la piranona más característica detectada en brevas e higos.

Los terpenoides proceden de la oxidación enzimáticamente de carbohidratos y son principalmente constituyentes de las aceites esenciales (Schwab y col., 2008). Los monoterpenos en brevas e higos forman un grupo minoritario en ambas cosechas. Entre los terpenoides identificados el más abundante fue el limoneno. Este compuesto también fue identificado por Oliveira y col. (2010a) y Gozlecki y col. (2012) en variedades portuguesas y turcas tanto en piel como en pulpa. Además es uno de los componentes principales del aroma de la naranja o del limón (Maccorone y col., 1998). Varios estudios han informado sobre la actividad antimicrobiana de este compuesto (Kim y col., 2008) y también ha sido descrito que previene varios tipos de cáncer (Gray, 1993). El linalol también fue identificado por Oliveira y col., (2010a) solo en la pulpa de la variedad 'Pingo de Mel'. Este compuesto también ha sido identificado en el latex de *Ficus carica* (Trad y col., 2012). Por otro lado, el linalool también es uno de los componentes del aroma de las fresas entre otras frutas como el melocotón o las nectarinas (Aharoni y col., 2004; Baldwin y col., 2000). Estos compuestos terpenoides también se ha descrito que presentan un aroma a floral (Knudsen y col., 1993).

En relación a los diferentes estadios de maduración para ambas cosechas, se observaron diferencias significativas entre los estadios establecidos preferentemente. El estadio 3 estuvo caracterizado por altas cantidades de estos compuestos que fue considerado el estadio de consumo. Pequeñas cantidades de hidratos de carbono, lípidos, proteínas y aminoácidos se catabolizan durante los procesos de maduración y dan lugar a distintos compuestos volátiles (Schwab y col., 2008). Durante la maduración de las brevas y los higos, el olor característico a fruta se produce como resultado del aumento de la producción del etileno (punto climatérico), que se corresponde con el estado de maduración comercial de los frutos (Borges y col., 2011; Freiman y col., 2012). La velocidad

V. Discusión

de formación de estos compuestos aumenta después del inicio del climaterio y el proceso continúa tras la recolección de la fruta hasta que comienza la senescencia (Arthey y Ashurst, 1997). En la madurez, la fruta logra el aroma óptimo, pero se vuelve muy vulnerable al deterioro. Por lo general, todos los compuestos volátiles identificados en brevas e higos fueron aumentando ligeramente a lo largo de la maduración. Este comportamiento también ha sido descrito en otras frutas como en fresas, mango, cerezas, y plátanos (Forney y col., 2000, Lalel y col., 2003, Serradilla y col., 2012, Pareek, 2016). El contenido en estos compuestos aromáticos fue superior en higos que en brevas. En higos el destacó la variedad 'De Rey' siendo el estadio 3 el que mostró mayor cantidad de alcoholes, aldehídos y piranonas mientras que en brevas fue el estadio 3 de la variedad 'Banane' la que mostró mayor contenido en aldehídos, furanos y piranonas.

Los resultados del análisis sensorial dejaron patente que las mejores puntuaciones fueron para la apariencia externa, el color de piel y pulpa, el sabor a fruta, el sabor dulce siendo los higos de 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco' y San Antonio' y las brevas de 'San Antonio', 'Tiberio', 'Cuello Dama Negro' y 'Colar Elche' las que más gustaron a los catadores. Estos resultados están en concordancia con los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos como el contenido en sólidos solubles y el índice de maduración obtenido en estas variedades en brevas e higos. Por otro lado, tanto en brevas como en higos fue el estadio 3 el que mostró mejor aceptabilidad de los catadores lo que confirma que este estadio sería el más óptimo de maduración para el consumo. Esta aceptación global por tanto, fue correlacionada con los índices de maduración (CSS/AT), a mayor índice mayor aceptación. Estos resultados confirman los resultados obtenidos por Crisosto y col., (2010) en higos de variedades como 'Kadota', 'Mission' o 'Brown Turkey' en el obtuvieron mayor aceptación global por parte de los consumidores en los frutos que eran cosechados con una maduración en el árbol que los higos que presentaban una maduración comercial.

V. 2.4 Características bioactivas en los diferentes estados de maduración (capítulo 3)

De forma general, el contenido en fenoles totales, actividad antioxidante total, antocianos, proantocianidinas, flavonoles y ácidos fenólicos mostró un aumento significativo entre el estadio 1 y el estadio 3, siendo los higos de las variedades 'Cuello

Dama Negro' y 'Colar Elche' los que presentaron mejores características bioactivas tanto a nivel de piel como de pulpa.

En relación al contenido de fenoles totales (FT), la piel se caracterizó por presentar un mejor contenido que la pulpa para la mayoría de las variedades de higos. Piga y col. (2008) indicaron que los fenoles se acumulan exclusivamente en la piel del higo. Altas concentraciones de FT fueron obtenidas por las variedades de piel oscura como 'Cuello Dama Negro', 'Colar Elche' o 'Brown Turkey', mientras que este contenido fue más bajos en variedades con tonos de piel claro como 'Cuello Dama Blanco', 'Banane', 'Tres Voltas L'Any' o 'Blanca Bétera'. Similar contenido en FT fue descrito por otros autores como Piga, y col. (2008), Solomon y col. (2006), Vallejo y col. (2012) y Veberic y Mikulic-Petkovsek (2016) en diferentes variedades de higos, observando también mayor contenido de FT en piel que en pulpa. Además de la piel de los higos, también ha sido descrito en otras frutas como albaricoques o cerezas (Schmitzer y col., 2011; Serradilla y col., 2011). Igualmente, también se ha visto que, la concentración de estos compuestos están directamente influenciados por el genotipo, el estado de maduración de los frutos, las condiciones medioambientales así como la tecnología postcosecha (Ercisli y col., 2012, Mikulic-Petkovsek, 2016). Por otro lado, Veberic y col. (2008b) demostraron en un estudio llevado a cabo con brevas e higos de diferentes variedades, que los higos mostraron un mayor contenido en fenoles que las brevas, debido principalmente a que los higos se desarrollan bajo climas más soleados y cálidos, proporcionando así un mayor contenido en estos compuestos. Por este motivo, las condiciones climáticas podrían ser un detonante que aumenta la expresión de las enzimas claves en la ruta de biosíntesis de estos compuestos como la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL) (Desjardins, 2008). Esta tendencia también fue observada por Vallejo y col. (2012) pero en brevas. A lo largo de la maduración se observó un aumento del contenido FT del estadio 1 al estadio 3 debido principalmente a la acumulación de antocianinas durante la Fase III del desarrollo del fruto. Los resultados obtenidos en este estudio fueron similares a los obtenido por Çalışkan y Polat, (2011) en diferentes accesiones de higos de Turquía como 'Halep inciri' (63,5 mg ácido gálico /100 g de PF), 'Lopkara 2' (128,4 mg ácido gálico /100 g de PF) y 'Siyah 5' (212 mg ácido gálico /100 g de PF) entre otras y por Ercisli y col. (2012) que describieron niveles de FT de 47 a 237 mg ácido gálico /100 g de PF en diferentes variedades de Turquía. Por contra, Vallejo y col. (2012) observaron valores inferiores de FT, respecto a los obtenidos en nuestro estudio, en variedades de

V. Discusión

higos como 'Colar' con 88,3 mg ácido gálico /100 g de PF en piel y 4,3 mg ácido gálico /100 g de PF en pulpa. Estos compuestos fenólicos tienen una gran importancia respecto a las propiedades organolépticas de los frutos, ya que al igual que azúcares y ácidos orgánicos, contribuyen al dulzor, amargor y astringencia, aunque la mayoría de ellos contribuyen al aroma de los higos (Crisosto *y col.*, 2011; Tomás-Barberán y Espin, 2001; Veberic y Mikulic-Petkovsek, 2016). A su vez, estos compuestos actúan como agentes antioxidantes debido a que presentan la capacidad de neutralizar radicales libres y por este motivo son compuestos muy atractivos para los consumidores por sus efectos beneficiosos para la salud (Crisosto *y col.*, 2011; Valero y Serrano, 2010).

En relación al contenido en vitamina C total de los higos, se observaron diferencias significativas entre piel y pulpa. La variedad 'Banane' destacó por presentar el mayor contenido en vitamina C tanto en piel como en pulpa seguida por 'De Rey' y 'Brown Turkey' en piel y 'Brown Turkey' y 'Cuello Dama Negro' en pulpa. Los resultados obtenidos en piel de las variedades estudiadas fueron superiores a los valores medios descrito por el USDA (2016) en higos (2 mg /100 g de PF). A lo largo de los diferentes estados de maduración estudiados se pudo observar un descenso entre el estadio 1 y 2 y, posteriormente, un ligero aumento en el estadio 3, que fue más significativo en la pulpa. Una tendencia similar fue observada en cerezas en diferentes estados de maduración para el ácido ascórbico (Serrano *y col.*, 2005). A pesar de todo, las concentraciones mostradas por los higos en vitamina C son relativamente bajas comparadas con otras frutas como plátanos (7 mg /100 g de PF), arándanos (9,7 mg /100 g de PF) o granadas (10,2 mg /100 g de PF) (USDA, 2016). De nuevo, estos resultados nos permitieron confirmar la influencia del genotipo, el estado de maduración, los factores precosecha y las condiciones ambientales sobre el contenido en vitamina C (Lee *y col.*, 2000).

El ensayo de actividad antioxidante total (AAT), tanto de la fracción hidrófila (H-AAT) como lipófila (L-TAA) mediante el radical cromóforo ABTS (2,2'-(azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico), tanto a nivel de piel como de pulpa permitió establecer diferencias significativas entre ambos tejidos así como entre variedades, pero no entre estados de maduración. En todas las variedades estudiadas, H-AAT fue siempre superior a L-AAT, mostrando la piel mayor capacidad que la pulpa. Estos resultados confirman los obtenidos por Çalışkan y Polat (2011), Solomon *y col.* (2006) y Vallejo *y col.*, (2012), quienes informaron que la piel de los higos contribuiría en una mayor proporción que la

pulpa a AAT. Por otro lado, las variedades de piel oscura, como 'Cuello Dama Negro' y 'Collar Elche', presentaron la mayor concentración de H-AAT tanto en piel y pulpa comparado con las variedades de piel clara. Estos resultados también estuvieron en concordancia con los obtenidos por Solomon *y col.* (2006), Crisosto *y col.* (2010) y Ercisli *y col.* (2012), que describieron una mayor actividad antioxidante en variedades de piel oscura al igual que en este estudio. En relación a la pulpa, fueron las variedades de pulpa roja, como 'Tres Voltas L'Any', 'Cuello Dama Negro' y 'Banane' las que mostraron mayor valor de H-AAT. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de las antocianinas, pigmentos responsables de los colores rojo, azul y púrpura de muchos frutos (Vicente *y col.*, 2009) con la AAT de los frutos. Çalişkan y Polat (2011) encontraron una correlación positiva entre la H-AAT y la concentración de antocianinas en higos. Por otro lado, en relación a la L-AAT, las variedades de piel clara, como 'Cuello Dama Blanco', 'Banane' y 'Tres Voltas L'Any', mostraron un mayor valor de L-AAT. En la pulpa, destacó la variedad 'Banane' mostrando la mayor concentración de L-AAT. Esta fracción lipófila de la actividad antioxidante de los frutos ha sido correlacionada positivamente con el contenido de carotenoides, pigmentos responsables de los colores amarillo y naranja-rojo de muchas frutas, incluyendo los higos (Valero y Serrano, 2010; Veberic y Mikulic-Petkovsek, 2016). Durante la maduración, no se observaron diferencias significativas entre los estados estudiados a nivel de la pulpa. Sin embargo, la piel sí mostró diferencias para H-AAT. Un incremento significativo de la AAT en piel se observó a lo largo de las tres etapas de maduración estudiadas, oscilando de 55,4 en el estadio 1 a 82,8 mmol ET por 100 g de PF en el estadio 3. Crisosto *y col.* (2010) también describieron un aumento de la AAT en higos de las variedades 'Brown Turkey', 'Mission' y 'Kadota' clasificados en dos etapas de maduración diferentes, madurez comercial y madurez en el árbol. Sin embargo, en este estudio, a diferencia del nuestro, no encontraron diferencias significativas entre estadios. La influencia del genotipo en la capacidad antioxidante de los higos también ha sido descrita en otros frutos como fresas, manzanas, arándanos y albaricoques (Scalzo *y col.*, 2005; Vizzoto *y col.*, 2007; Bremer *y col.*, 2008).

Respecto a los compuestos fenólicos, los principales grupos identificados en higos fueron ácidos fenólicos y flavonoides, principalmente antocianinas así como flavan-3-oles. Estos resultados estuvieron en concordancia con los informados por Dueñas *y col.* (2008), Solomon *y col.* (2006), Vallejo *y col.* (2012), Veberic *y col.* (2008b) y Veberic y Mikulic-Petkovsek, (2016).

V. Discusión

Dentro de las antocianinas, destacó el contenido de cianidina-3-*O*-rutinósido tanto en la piel como en la pulpa de las variedades 'Cuello Dama Negro' y 'Colar Elche'. Por tanto, esta antocianina sería la responsable del color típico de la piel y pulpa en ambas variedades. La segunda antocianina en importancia fue la cianidina-3-*O*-glucósido, mostrando niveles elevados tanto en la piel como en la pulpa de la variedad de 'De Rey' y, con ello, su importancia en el color de esta variedad. En general, de acuerdo Veberic y Mikulic-Petkovsek (2016), estas dos antocianinas se caracterizan por ser los pigmentos responsables del color de los higos. Además, las diferencias encontradas entre las variedades estudiadas también fueron descritas por Dueñas *y col.* (2008) y Vallejo *y col.* (2012) en piel y pulpa de variedades de higos. Por otro lado, a lo largo de la maduración, se pudo constatar un ligero aumento del contenido de antocianinas en la piel, mientras que a nivel de la pulpa no hubo grandes cambios. Este aumento del contenido de antocianinas en la piel responde a los cambios de color observados en la piel a lo largo de la Fase III del desarrollo del fruto y estos se traducen en una disminución de los parámetros L*, C* y h*, principalmente C* (Crisosto *y col.*, 2011). Además, estos cambios de color se corresponden con el diferente grado de expresión de los genes que controlan la vía de síntesis de estos pigmentos, comenzando la síntesis de pigmentos en estados tempranos y acumulándose a lo estos largo de la maduración del fruto (Valero y Serrano, 2010).

Los flavonoles presentes en higos constituyen el 30 % de los fenoles totales (Veberic y Mikulic-Petkovsek, 2016). Dentro los estados de maduración establecidos, los flavonoles identificados en higos fueron la quercitina-3-*O*-rutinósido o rutina y la quercitina-3-*O*-acetilglucósido encontrados tanto a nivel de piel como de pulpa en todas las variedades, aunque en el caso de quercitina-3-*O*-acetilglucósido solamente había sido identificada con anterioridad en la piel del higo pero no en la pulpa (Vallejo *y col.*, 2012). Ambos flavonoles, mostraron un aumento significativo de su contenido en los diferentes estados de maduración, desde el estadio 1 al estadio 3 tanto en piel como en pulpa y siendo el contenido en quercitina-3-*O*-rutinósido mayor que el quercitina-3-*O*-acetilglucósido. Este aumento a lo largo de la maduración también ha sido observado en cerezas por otros autores como Serradilla *y col.* (2011) para la rutina. Durante las fases de maduración, la piel se caracterizó por presentar elevadas concentraciones de flavonoles en comparación con la pulpa, destacando la quercitina-3-*O*-rutinósido como compuesto mayoritario. Por el contrario, Vallejo *y col.* (2012) encontró altas concentraciones de quercitina-3-*O*-

acetilglucósido en la piel de la variedad 'Nazaret'. Estos compuestos se encontraron en mayor proporción en la piel de las variedades oscuras, como 'Colar Elche', 'Cuello Dama Negro' y 'De Rey', que en la piel de variedades claras. Similares resultados fueron descritos por Piga *y col.* (2008), Veberic *y col.* (2008) y Vallejo *y col.* (2012), quienes encontraron también mayor contenido de estos compuestos en piel que en pulpa. Las concentraciones obtenidas en la piel de los higos evaluados estuvieron muy por debajo de las concentraciones descritas en la piel de manzanas por Veberic *y col.* (2005b). Igualmente, la quercitina-3-*O*-rutinósido ha sido descrito como un fenol con importantes propiedades antioxidante (Lee *y col.*, 2003).

Los ácidos fenólicos representan el 60% del total de fenoles en higos (Veberic y Mikulic-Petkovsek, 2016). Los ácidos fenólicos identificados durante los estados de maduración establecidos, fueron principalmente el ácido clorogénico y el ácido elágico en todas las variedades tanto a nivel de piel como de pulpa. Estos resultados están de acuerdo con los descritos por Veberic *y col.* (2008b), quienes identificaron al ácido clorogénico como el ácido fenólico predominante en higos.

A lo largo de la maduración, se observó una ligera acumulación de estos ácidos fenólicos del estadio 1 al estadio 3, siendo su contenido mayor en la piel que en la pulpa. Este aumento sólo fue significativo en piel de los higos. Los resultados obtenidos para estos compuestos fueron similares a los obtenidos por Vallejo *y col.* (2012) y más elevados que los obtenidos por Veberic *y col.* (2008b). El ácido clorogénico se encontró en altas concentraciones en variedades de tonalidad clara como 'Cuello Dama Blanco', 'Banane' y 'Tres Voltas L'Any' tanto en piel como en pulpa. Veberic *y col.* (2008b) también encontraron valores más elevados de ácido clorogénico en variedades de piel clara, como la variedad 'Škofjotka', que en variedades de piel oscura. Además, también se ha encontrado un alto contenido de este ácido, en la piel de las manzanas, así como en albaricoques, melocotones y cerezas (Veberic y Stampar, 2005a). El ácido clorogénico ha sido descrito como un potente agente antioxidante, entre otras cosas, porque se ha visto su eficacia en la prevención del daño oxidativo de las células epiteliales gástricas humanas (Graziani *y col.*, 2005). El ácido gálico igualmente, fue superior en piel que en pulpa y fueron las variedades 'San Antonio' y 'Brown Turkey' las que mostraron un mayor contenido de este compuesto a lo largo de la maduración. Este ácido fenólico ha sido descrito principalmente en semillas y piel de uvas en cantidades elevadas (Yilmaz y Toledo, 2004). Los resultados obtenidos en

V. Discusión

nuestro estudio son más elevados que los obtenidos por Veberic *y col.* (2008b). Por otro lado, este ácido está considerado como uno de los ácidos fenólicos que mejor absorción presenta en el cuerpo humano y, además, tiene un efecto positivo sobre células cancerígenas *in vitro* (Tomas-Barberán y Clifford, 2000).

Las proantocianidinas son polímeros de flavan-3-oles, pero en el caso de los higos están formados principalmente por monómeros de (-) epicatequina y (+) catequina y dímeros (Pascual-Teresa *y col.*, 2000). Diferencias entre variedades, tipo de tejido y estado de maduración fueron encontradas. En los diferentes estados de maduración establecidos, un incremento significativo de ambos compuestos fue observado entre el estadio 1 y el estadio 3. Similar comportamiento ha sido descrito en cerezas, observándose un aumento de la (-) epicatequina a lo largo de la maduración (Serradilla *y col.*, 2011). No se observaron diferencias significativas en el contenido de (-) epicatequina y (+) catequina tanto a nivel de la piel como de la pulpa. La piel de los higos mostró un mayor contenido de (-) epicatequina y (+) catequina que la pulpa durante los diferentes estados de maduración, destacando la variedad de piel oscura 'Cuello Dama Negro' con un mayor contenido de (-) epicatequina en piel y pulpa y la variedad de piel clara 'Banane' con mayor contenido de (+) catequina en piel. En pulpa, destacó 'Tres Voltas L'Any', también de piel clara, con mayor contenido de (+) catequina. Estos compuestos también fueron identificados por Veberic *y col.* (2008b) y Vallejo *y col.* (2012) en diferentes variedades de higos y en cerezas por Gonçalves *y col.* (2004). Los resultados obtenidos fueron más bajos que los obtenidos por Pande y Akoh (2010) tanto en piel como en pulpa de higos. En comparación con otras frutas, los higos no contienen altas cantidades de estos dos compuestos como es el caso de manzanas, ciruela y bayas (Auger *y col.*, 2004; Veberic y Mikulic-Petkovsek, 2016). Por otro lado, se ha demostrado que la (+) catequina es un potente inhibidor de la oxidación de LDL *in vitro* (Teissedre *y col.*, 1996).

En relación a la concentración de clorofilas responsables del color verde de las variedades 'Cuello Dama Blanco', 'Banane', 'Tres Voltas L'Any' y 'Blanca Bétera', se pudo comprobar que la proporción entre clorofila a:b se mantuvo dentro de la relación de 3:1 descrita por Chen y Chen, (1993) en todas las variedades. 'Banane' fue la variedad con mayor contenido en clorofila a y b, mientras que la variedad 'Cuello Dama Blanco' presentó los contenidos más bajos para ambos tipos de clorofilas. Los resultados mostrados en este estudio fueron inferiores a los obtenidos por Kakhniashvili *y col.* (1987) en higos de las

variedades 'Smena' y 'Turetskii korichneviyi'. Por otro lado, durante la maduración se observó un descenso del contenido en clorofilas desde las etapas tempranas (estadio 1) a las más avanzadas (estadio 3). Esta disminución del contenido en clorofilas está asociada con el cambio de color ocurrido a lo largo de la Fase III del desarrollo del fruto. Durante la maduración de los higos, dependiendo de la variedad, se observa un amarillamiento de la piel característico de las variedades verdes como la variedad 'Cuello Dama Blanco'.

Por tanto, en base a los resultados obtenidos, las brevas y los higos pueden ser considerados como unos frutos con un alto valor comercial, no sólo por su excelente sabor, sino también por su valor nutricional y funcional, pudiendo contribuir a la dieta diaria como una fruta típica de temporada. Además, sería recomendable consumir estos frutos con piel, ya que se ha visto que la mayoría de los principales compuestos bioactivos responsables de la capacidad antioxidante de estos frutos, como son antocianinas y proantocianidinas, se encuentran localizados principalmente en ella.

V. Discusión

VI. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS

En cuanto al estudio de comportamiento agronómico y, de acuerdo a los objetivos marcados en la presente Tesis, se puede concluir que:

1. Las variedades 'San Antonio', 'Cuello Dama Blanco', 'Colar Elche', 'Banane', 'Brown Turkey' y 'Blanca Bétera' presentaron un gran potencial productivo de brevas e higos para consumo en fresco, siendo las producciones de higos muy superiores a las de brevas y obteniéndose con las variedades 'San Antonio' y 'Banane' las mejores producciones de brevas y con las variedades 'Banane', 'Brown Turkey' y 'Cuello Dama Blanco' las mejores en higos.

The varieties 'San Antonio', 'Cuello Dama Blanco', 'Colar Elche', 'Banane', 'Brown Turkey' and 'Blanca Bétera' showed a high productive potential of brebas and figs for fresh consumption, being the fig production higher than that of the breba crop, showing the varieties 'San Antonio' and 'Banane' the highest productions for brebas, whilst the varieties 'Banane', 'Brown Turkey' and 'Cuello Dama Blanco' showed the highest productions in figs.

2. La variedad 'San Antonio' destacó por su precocidad en entrada en producción tanto en brevas como en higos, seguida por 'Blanca Bétera', 'Brown Turkey', 'Tres Voltas L'Any' y 'Tiberio'. Por otro lado, 'Brown Turkey' y 'Banane' fueron las variedades con las mayores producciones acumuladas y con las eficiencias productivas más elevadas en ambas cosechas.

The variety 'San Antonio' stood out for its early entry into production in both brebas and figs, followed by 'Blanca Bétera' 'Brown Turkey', 'Tres Voltas L'Any' and 'Tiberio'. On the other hand, 'Brown Turkey' and 'Banane' were the varieties with the highest cumulative yields and the highest yield efficiencies in both crops.

3. Este estudio ha permitido identificar las variedades de mejor comportamiento agronómico en función de la época media de recolección (temprana, media o tardía), lo que permite planificar el establecimiento de nuevas plantaciones comerciales en base a dichas épocas y también de acuerdo a las preferencias del consumidor en cuanto a la coloración de piel y pulpa de brevas e higos.

VI. Conclusiones/Conclusions

This study has allowed to identify varieties with the best agronomic behaviour based on the average harvest time (early, mid or late), which would allow the establishment of new commercial plantations based on these periods and also according to consumer preferences for skin and flesh colour of brebas and figs.

Respecto a los parámetros de calidad físico-química, nutricional y fitoquímica de brevas e higos se puede concluir:

4. Las brevas mostraron mayores pesos y calibres que los higos, destacando las variedades 'Brown Turkey' y 'Banane' por el gran peso y calibre de ambas cosechas. Además, los higos presentaron mejores características de calidad que las brevas, mostrando mayor intensidad de color, menor firmeza, mayor contenido en sólidos solubles (CSS), menor acidez titulable (AT) y mejor índice de maduración (CSS/AT). Las variedades 'Cuello Dama Blanco' y 'De Rey' presentaron, en ambas cosechas, los índices de maduración más elevados, seguidas por 'San Antonio' y 'Colar Elche' y, por tanto, mayor aceptabilidad de los frutos por parte del consumidor.

Breba crops showed higher weight and size values than figs, highlighting the varieties 'Brown Turkey' and 'Banane' that showed the highest weight and size values in both crops. Additionally, figs showed better quality characteristics than brebas, showing greater colour intensity, less firmness, higher soluble solids content (SSC), lower titratable acidity (TA) and better maturation index (CSS/AT) than breba crops. The varieties 'Cuello Dama Blanco' and 'De Rey' presented the highest maturation index in both crops, followed by 'San Antonio' and 'Colar Elche' and therefore high consumer acceptance.

5. En relación a los estadios de maduración establecidos, el estado anterior al estadio de madurez comercial, estadio 1, se asoció con alto contenido en fibra, proteína, minerales y una mayor firmeza y acidez titulable. Por el contrario, el estado posterior al estadio de maduración comercial, estadio 3, se caracterizó por presentar un alto contenido en glucosa y fructosa, mayor índice de maduración, menor acidez titulable y mayor intensidad de color, siendo este último estado el que mostró un punto óptimo de maduración de consumo.

Concerning ripening stages established, the earlier ripening stage than commercial maturity, stage 1, was associated with high fiber, protein, minerals, firmness and titratable

acidity. By contrast, the ripening stage after commercial maturity, stage 3, was characterized by a high content of glucose and fructose, high maturation index, low acidity and great colour intensity, being this latter that showed an optimum point of consumption maturity.

6. Las características nutricionales estudiadas a lo largo de los estados de maduración no mostraron diferencias significativas entre brevas e higos, destacando un mayor contenido en azúcares, principalmente de glucosa y fructosa, en la pulpa de brevas e higos, así como siendo los ácidos málico y cítrico los ácidos orgánicos mayoritarios. Por otro lado, el potasio y el calcio fueron los principales minerales encontrados en estos frutos.

Nutritional characteristics studied at different ripening stages did not show significant differences between brebas and figs, highlighting a high content of sugars, mainly glucose and fructose, in the flesh of brevas and figs, as well as malic and citric acids were the primary organic acids. Furthermore, potassium and calcium were the main minerals found in these fruits.

7. El perfil aromático de brevas e higos se caracterizó por un mayor contenido en aldehídos, alcoholes, piranonas, furanonas y ésteres, entre otros. En brevas destacaron las variedades como 'Banane' y 'Colar Elche' mientras que en higos lo fueron 'De Rey' y 'Cuello Dama Blanco' las que mostraron mayor contenido en estos compuestos aromáticos. El estadio 3 fue el que mostró las mejores características sensoriales y fue el mejor valorado por los catadores. Por otro lado, las brevas de las variedades 'San Antonio', 'Tiberio', 'Cuello Dama Negro' y 'Colar Elche' y los higos de 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco' y 'San Antonio' fueron los que más gustaron a los consumidores.

The aromatic profile of brebas and figs was characterized by a high content of aldehydes, alcohols, pyranones, furanones and esters, enter others. Brebas from 'Banane' and 'Colar Elche' and figs from 'De Rey' and Cuello Dama Blanco' showed a high content of these aromatic compounds. Stage 3 showed the best sensory characteristics and was the best valued by panelists. On the other hand, brebas from 'San Antonio', 'Tiberio', 'Cuello Dama Negro' and 'Colar Elche' and figs from 'De Rey', 'Cuello Dama Blanco' and San Antonio' showed the best degree of liking by consumers.

VI. Conclusiones/Conclusions

8. Los higos de las variedades de color oscuro 'Cuello Dama Negro' y 'Colar Elche' se caracterizaron por un gran contenido en la piel de fenoles totales así como de quercetina-3-*O*-rutinosido o rutina, epicatequinas y antocianinas, principalmente cianidina-3-*O*-rutinosido, pigmento responsable del color característico de estas variedades. Además, estas variedades también presentaron una actividad antioxidante hidrófila elevada. Sin embargo, las variedades de color claro como 'Cuello Dama Blanco', 'Banane' o 'Blanca Bétera' se caracterizaron por un mayor contenido en ácido clorogénico, catequinas y una mayor actividad antioxidante lipófila. Además, la variedad 'Banane' destacó por un elevado contenido en vitamina C.

Figs belonging to the dark-coloured varieties such as 'Cuello Dama Negro' and 'Colar Elche' were characterized by a high content, especially in the skin, of total phenolics, quercetin-3-*O*-rutinoside or rutin, epicatechins and anthocyanins, mainly cyanidin-3-*O*-rutinoside, pigment responsible for the characteristic colour of these varieties, in the skin. In addition, these varieties also showed a high hydrophilic antioxidant activity. However, light-coloured varieties such as 'Cuello Dama Blanco', 'Banane' or 'Blanca Bétera' were characterized by a high content of chlorogenic acid, catechins and a high lipophilic antioxidant activity. In addition, the variety 'Banane' showed a high content of vitamin C.

9. Los compuestos bioactivos estudiados en los higos de las diferentes variedades testadas estuvieron concentrados principalmente en la piel más que en la pulpa y, a su vez, sus concentraciones fueron más elevadas en el estadio de maduración posterior al estadio de madurez comercial.

Bioactive compounds studied in figs from different varieties tested were concentrated mainly in the skin more than in the flesh and, in turn, their concentrations were higher at the advanced ripening stage than at commercial maturity stage.

10. Tanto las brevas como los higos de las variedades estudiadas, muestran un alto aporte de nutrientes para el organismo así como buenas características organolépticas y de calidad. Además, estos frutos presentan un valor añadido, al contener compuestos bioactivos, principalmente en la piel de los mismos, que ofrecen efectos beneficiosos para la salud humana. Por tanto, serían muy recomendables incluirlos en la dieta diaria como fruta de temporada así como recomendar su consumo plenamente maduro y con piel.

Both brebas and figs from varieties studied show a high supply of nutrients for the body as well as good organoleptic and quality characteristics. Additionally, these fruits show an added value because of containing bioactive compounds, mainly in the skin, that provide beneficial effects to human health. Therefore, it would be highly advisable to include these fruits in the daily diet as seasonal fruit and besides being consumed unpeeled and fully ripe.

11. Este estudio supone un avance para la implantación y desarrollo de este cultivo infrautilizado en diferentes zonas productoras. Por un lado, permitiendo el establecimiento de nuevas plantaciones con criterios agronómicos y, por otro lado, definiendo los parámetros de calidad más adecuados para el consumo en fresco.

This study represents an advance for the implementation and development of this underutilized crop in different producing areas. On the one hand, allowing the establishment of new plantations with agronomic criteria and, on the other hand, providing quality parameters more suitable for fresh consumption.

VII.BIBLIOGRAFÍA

Abo-el-ez, A.T., Mostafa, R.A.A. y Ibtesam, F.M.B. (2013). Growth and productivity of three fig (*Ficus carica* L.) cultivars grown under upper Egypt conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7: 709-714.

Acree, T., y Arn, H. (2004). Flavournet. Datu Inc. Available from: <http://www.flavornet.org/>

Aljane, F., Toumi I. y Ferchichi, A. (2007). HPLC determination of sugars and atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian. *African Journal and Biotechnology*, 6: 599-602.

Aljane F. y Ferchichi, A. (2009). Postharvest chemical properties and mineral contents of some fig (*Ficus carica* L.) cultivars in Tunisia. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(2): 209-212.

Andriamiarina, R., Laraki, L., Pelletier, X. y Debry, G. (1989). Effects of stigmasterol supplemented diets on fecal neutral sterols and bile acid excretion in rats. *Ann Nutr Metab*, 33(5): 297-303.

AOAC (2006). Approved Procedure Ba 6a-05. ANKOM Technology Method 10.

Armstrong, W.P. (2006). Sex determination & life cycle of *Ficus carica*. Available from: <http://waynesword.palomar.edu/>

Aharoni, A., Giri, A.P., Verstappen, F.W.A., Berteau, C.M., Sevenier, R., Sun, Z., Jongasma, M.A., Schwab, W. y Bouwmeester, H.J. (2004) Gain and loss of fruit flavor compounds produced by wild and cultivated strawberry species. *Plant Cell*, 16: 3110-3131.

Arthey, D. y Ashurst, P.R. (1997) Procesado de frutas. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.

Askoy, U., Seferoglu, G., Misirili, A., Kara, S., Şahin, N., Bulbul, S. Y Duzbastilar, N. (1992). Selection of the table fig genotypes suitable for Egean Region. *In: proceeding of the first national horticultural congress (in Turkish)*, 545-548.

VII. Bibliografía

Askoy, U. (1997). Harvest and drying of figs. In: Advanced Course on Fig Production. Ege University, Izmir, Turkey.

Askoy U, Can HZ, Misirli A, Kara S, Seferoğlu G. y Şahin N (2003a). Fig (*Ficus carica* L.) selection study for fresh market in Western Turkey. *Acta Horticulturae*, 605: 197–201.

Askoy, U., Balci, B., Can, H.Z. y Hepaksoy, S. (2003b). Some significant results of the research-work in Turkey on fig. *Acta Horticulturae*, 605: 173-180.

Auger, C., Al-Awwadi, N., Bornet, A., Rouanet, J. M., Gasc, F., Cros, G., y Teissedre, P. L. (2004). Catechins and procyanidins in Mediterranean diets. *Food Research International*, 37(3): 233-245.

Baldwin, E.A., Scott, J.W., Shewmaker, C.K. y Schuch, W. (2000) Flavor trivia and tomato aroma: biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. *HortScience*, 35: 1013–1022

Bashir, H. A. y Abu-Goukh, A. B. A. (2003). Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, 80(4): 557-563.

Berg, C.C. (2003). Flora malesiana precursor for the treatment of Moraceae 1: The main subdivisión of Ficus: The subgenera. *Blumea*, 48: 167-78.

Bhattacharyya, A.K. y Eggen, D.A. (1984). Effect of feeding cholesterol and mixed plant sterols on the fecal excretion of acidic steroids in rhesus monkeys. *Atherosclerosis*, 53(3): 225-232.

Bood, K.G. y Zabetakis, I. (2002) The biosynthesis of strawberry flavor (II): biosynthetic and molecular biology studies. *J. Food Sci.* 67: 2–8.

Borges, R.M., Ranganathan, Y., Krishan, A., Ghara, M. y Pramanilk, G. (2011). When should fig fruit produce volatile? Pattern in a ripening process. *Acta Oecologica*, 37: 611-618.

Botti, C., Franck, N., Prat, L. y Ioannidis, D. (2003). The effect of climatic conditions on fresh fig fruit yield, quality and type of crop. *Acta Horticulturae*, 605: 37-42.

Bremer, V., Crisosto, G., Molinar, R., Jimenez, M., Dollahite, S. y Crisosto, C. H. (2008). San Joaquin Valley blueberries evaluated for quality attributes. *California Agriculture*, 62(3): 91-96.

Çalışkan, O. y Polat, A.A. (2011). Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 128: 473-478.

Çalışkan, O. y Polat, A.A. (2012). Effects of genotype and harvest year on phytochemical and fruit quality properties of Turkish fig genotypes. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10: 1048-1058.

Cano, A., Hernández-Ruiz, J., García-Cánovas, F., Acosta, M., Arnao, M.B. (1998). An end-point method for estimation of the total antioxidant activity in plant material. *Phytochemistry Analysis*, 9, 196-202.

Chen, B.H. y Chen, Y.Y. (1993). Stability of chlorophylls and carotenoids in sweet potato leaves during microwavv cooking. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 41, 1315-1320.

Chessa, I. (1997). Fig. Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. Mitra, S., Ed: CAB International: Wallingford, UK (pp. 245-268).

Chessa, I. y Nieddu, C. (2005). Analysis of diversity in the fruit tree genetic resources from a Mediterranean island. *Gene. Res. Crop Evol*, 52:267-276.

Choudhary, V. R., Chaudhari, P. A. y Narkhede, V. S. (2003). Solvent-free liquid phase oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde by molecular oxygen using non-noble transition metal containing hydrotalcite-like solid catalysts. *Catalysis Communications*, 4(4), 171-175.

VII. Bibliografía

Colaric, M., Veberic, R., Stampar, F. y Hudina, M. (2005). Evaluation of peach and nectarine fruit quality and correlations between sensory and chemical attributes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 2611-2616.

Condit, I.J. (1947). The fig. Waltham, Chronica Botanica.

Condit, I.J. (1941). Fig characteristics useful in the identification of varieties. *Hilgardia*, 14: 1-69.

Condit, I. J. (1955). Fig varieties : A monograph. *Hilgardia*, 23: 323-538.

Condit, I.J. (1969). Ficus: the exotic species. *University of California Div. Agri. Science*, Berkeley.

Crane, J.C. y Brown, J.B. (1950). Growth of the fig fruit. *Ficus carica* var. Mission. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 56: 93-97.

Crisosto, C.H. y Kader, A.A. (2004). Fig. In: Gross, K, editor. The comercial storage of fruits, vegetables, florist and nursery stocks. ARS-USDA Handbook 66. <http://www.ba.ars.us-da.gov/hb66>.

Crisosto, C.H. y Mitchell, J.P. (2007). Factores precosecha que afectan a la calidad de frutas y hortalizas. *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*, 24: 57-63.

Crisosto, C.H., Bremer, V., Ferguson, L. y Crisosto G.M. (2010). Evaluating Quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *Hortscience*, 45: 707-710.

Crisosto, C.H., Ferguson, L. y Bremer, V. (2011). Fig (*Ficus carica* L.), in: Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Yahia E E, ed. Cambridge, UK (pp. 134-158).

Darjazi, B. (2011). Morphological and pomological characteristics of fig cultivars from Varamin, Iran. *African of Journal Biotechnology*, 10: 19096-19105.

Datwyler, S.L. y Weiblen, G.D. (2004). On the origin of the fig: phylogenetic relationships of Moraceae from NDHF sequences. *Journal of Biogeography*, 31:767-777.

Del Caro, A. y Piga, A. (2008). Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fruits cultivars (*Ficus carica* L.). *European Food Research Technology*, 226: 715-719.

Deschene, A., Paliyath, G., Lougheed, E.C., Dumbroff, E.B. y Thompson, J.E. (1991). Membrane deterioration during postharvest senescence of broccoli florets: modulation by temperature and controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, 1: 19-31.

Desjardins, Y. (2008). Physiological and ecological functions and biosynthesis of health-promoting compounds in fruit and vegetables. In: F.A. Tomás- Barberán, & M.I. Gil (Eds.), *Improving the health-promoting properties of fruit and vegetable products*. Boca Ratón, FL: CRC Press- Taylor & Francis, (pp. 201-247).

Douillard, C. y Guichard, E. (1990). The aroma of strawberry (*Fragaria ananassa*): Characterization of some cultivars and influence of freezing. *Journal of the Science of Food and Agricultura*, 50: 517-531.

Dueñas, M., Pérez-Alonso, J.J., Santos-Buelga, C. y Escribano-Bailón, T. (2008). Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 107-115.

Edge, R., McGarvey, D. J. y Truscott, T. G. (1997). The carotenoids as antioxidants - A review. *J. Photochem. Photobiol*, 41, 189-200.

Eisen, G. (1901). The Fig: Its History, Culture, and Curing. Bulletin nº 9, U.S. Department of Agriculture, Division of Pomology, Washington, USA. 817 pp.

Ercisli, S., Tosun, M., Karlidag, H., Dzubur, A., Hadziabulic, S. y Aliman, Y. (2012). Color and antioxidant characteristics of some fresh fig (*Ficus carica* L.) genotypes from Northeastern Turkey. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67: 271-276.

Estelrich, P. (1910). La higuera y su cultivo en España. Librería Escolar, Palma de Mallorca, España.

VII. Bibliografía

Faleh, E., Oliveira, A.P., Valentão, P., Ferchichi, A., Silva, B.M. y Andrade, P.B. (2012). Influence of Tunisian *Ficus carica* fruit variability in phenolic profiles and in vitro radical scavenging potential. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 22(6): 1282-1289.

FAOSTAT (2015). Disponible en: <http://faostat.fao.org>.

Farine, J.-P., Le Quere, J.-L., Duffy, J., Everaerts, C. y Brossut, R. (1994) Male sex pheromone of cockroach *Eurycotis floridana* (Walker) (Blattidae, Polyzosteriinae): role and composition of tergites 2 and 8 secretions. *J. Biol. Chem. Ecol.* 20: 2291-2306

Ferguson, L., Michailides T.J. y Shorey, H.H. (1990). The California Fig Industry. *Horticultural Reviews*, 12: 409-490.

Fernández-León, M.F., Lozano, M., Ayuso, M.C., Fernández-León, A.M. y González-Gómez, D. (2010). Fast and accurate alternative UV-Chemometric method for the determination of chlorophyll A and B in broccoli (*Brassica oleracea Italica*) and cabbage (*Brassica oleracea Sabauda*) plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 809-813.

Fernández-León, M.F., Fernández-León, A.M., Lozano, M., Ayuso, M.C., Amodio, M.L., Colelli, G. y González-Gómez, D. (2013). Retention of quality and functional values of broccoli 'Parthenon' stored in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 302-313.

Ferreyra, R.M., Viña, S.Z., Mugridge, A. y Chaves, A.R. (2007). Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. *Scientia Horticulturae*, 112: 27-32.

Flaishman, M.A., Rodov, V. y Stover, E. (2008). The Fig: Botany, horticulture and breeding. *Horticultural Reviews*, 34: 113-197.

Frank, H. A. y Cogdell, R. J. (1993). The photochemistry and function of carotenoids in photosynthesis. In *Carotenoids in Photosynthesis*; Young, A., Britton, G., Eds.; Chapman and Hall: London (pp. 253-326).

Freiman, Z.E., Rodov, V., Yablovitz, Z.m Horev, B. y Flaishman, M.A. (2012). Preharvest application of 1-methylcyclopropene inhibits ripening and improves keeping quality of 'Brown Turkey' figs (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae*, 138: 266-272.

Gasparriani, G. (1845). Ricerche sulla natura del caprifico e del fico, e sulla caprificazione.

Gil, M., Pérez, F., Cortés, Serradilla, M.J. y López-Corrales, M. (2009). Caracterización de variedades de higueras cultivadas en Extremadura. *Actas de Horticultura*, 54:131-134.

Gimeno Creus, E. (2004). Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *Farmacia y Salud, Oficina de Farmacia*, 23: 80-84.

Giraldo, E. (2005). Caracterización morfológica y molecular de variedades de higuera (*Ficus carica* L.). Tesis doctoral. Universidad de Extremadura, Badajoz.

Giraldo, E., López-Corrales, M. y Hormaza, J. (2008a). Optimization of the management of an ex-situ Germoplasm Bank in common fig with SSRs. *Journal of American of the Horticultural Science*, 133: 69-77.

Giraldo, E., Hormaza, J.I. y López-Corrales, M. (2008b). Selection of morphological quantitative variables in the characterization of *Ficus carica* L. *Acta Horticulturae*, 798:103-108.

Girard, B. y Kopp, T. G. (1998). Physicochemical characteristics of selected sweet cherry cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(2): 471-476.

Goldhamer, D.A, y Salinas, M. (1999). Black Mission fig production improved by heavier irrigation. *California Agriculture*, 53(6): 30-34.

Gonçalves, B, Landbo, A.K., Let, M., Silva, A.P., Rosa, E. y Meye, A.S. (2004). Storage affects the phenolic profiles and antioxidant activities of cherries (*Prunus avium* L.) on human low-density lipoproteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 1013-1020.

Gonçalves, C.A., Lima, L.C., Lopes, P.S. y Texeira de Souza, M. (2006). Poda e sistemas de condução na produção de figos verdes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(6): 955-961.

VII. Bibliografía

Gopalan, C., Ramasatri, B.V. y Balasubramanian, S. C. (2000). Proximate principles: Common foods. In: B.S. Narasinga Rao, K.C. Pant y Y.G. Deosthale (Eds.), *Nutritive value of Indian Foods*. Hyderabad, India: National Institute of Nutrition, ICMR, pp. 35-55

Gozlekci, S., Kafka, E. y Ercisli, S. (2011). Volatile Compounds Determined by HS/GC-MS Technique in Peel and Pulp of Fig (*Ficus carica* L.) Cultivars Grown in Mediterranean Region of Turkey. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(2): 105-108.

Grassi, G. (1997). Studies of Italian fig germplasm. In *I International Symposium on Fig*, 480:97-102.

Gray, A. I. (1993). Quinoline alkaloids. In P. G. Waterman (Ed.), *Methods in Plant Biochemistry* (pp. 271–308). London: Academic Press

Graziani, G., Argenio, G., Tuccillo, C., Loguercio, C., Ritieni, A. y Morisco, F. (2005). Apple polyphenol extracts prevent damage to human gastric epithelial cells in vitro and to rat gastric mucosa in vivo. *Gut*, 54:193-200.

Grisson- Pigé, L., Hossaert-McKey, M., Greeff, J.M. y Bessiére, J.M. (2002). Fig volatile compounds- a first comparative study. *Phytochemistry*, 61: 61-71.

Gunnes, P., Kravchuk, O., Nottingham, S.M., D'Arcy, B.R. y Gidley, M.J. (2009). Sensory analysis of individual strawberry fruit and comparison with instrumental analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 52: 164-172.

Hakkinen, S., Heinonen, M., Karenlampi, S., Mykkanen, H., Ruuskanen, J. y Torronen, R. (1999). Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. *Food Research International*, 32: 345-353.

Hornero-Méndez, D., Gómez-Ladrón de Guevara, R., y Minguez-Mosquera, M. I. (2000). Carotenoid biosynthesis changes in five red pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars during ripening. Cultivar selection for breeding. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(9), 3857-3864.

Howard, B.V., Kritchevsky, D. (1997). Phytochemicals and cardiovascular disease. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation*, 95(11): 2591-2593.

Howell, A.B. (2002) Cranberry proanthocyanidins and the maintenance of urinary tract health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 42:273–278

IPGRI y CIHEAM (2003). Descriptor for Fig. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy and International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France, 52.

Janick, J. (2005). The origins of fruits, fruit growing and fruit breeding. *Plant Breeding Review*, 25: 255-321.

Janick, J. (2006). *Ficus carica* fig. En: The encyclopedia of fruit and nuts. CAB International, 493-503.

Janick, J. (2007). Fruits of the Bibles. *Hortscience*, 42 (5): 1072-1076.

Jeon, W.S. y Lachance, P.A. (2001). Phytosterols and fatty acids in fig (*Ficus carica* var. Mission) fruit and tree components. *Food Chemistry and Toxicology*, 66(2): 278-281.

Jones, J.B. Jr, Wolf, B. y Mills, H.A. (1991). Plant analysis Handbook II. Pp.253. Micro- Macro Pbs. Athens. Georgia. USA.

Joseph, B. y Raj, S.J. (2011). Pharmacognostic and Phytochemical properties of *Ficus carica* L. An overview. *International Journal of Pharmacology Tecnology Research*, 3(1): 08-12.

Kakhniashvili, T. A., Kolesnik, A. A., Zherebin, Y. L. y Golubev, V. N. (1987). Liposoluble pigments of the fruit of *Ficus carica*. *Chemistry of Natural Compounds*, 22(4): 477-479.

Kalt, W., Howel, A., Duy, J.C., Forney, C.F. y Mcdonald, J.E. (2001). Horticultural factors affecting capacity of blueberries and other small fruit. *HortTechnology*, 114: 523-528.

VII. Bibliografía

Kamiloglu, S. y Capanoglu, E. (2014). Polyphenol Content in Figs (*Ficus carica* L.): Effect of Sun-Drying. *International Journal of Food Properties*, 18: 521–535.

Kays, S.J. (1999). Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 233-247.

Kaynaş, N., Kaynaş, K. y Sütçü, A.R. (1998). Studies on fruit maturity of the 'Bursa Siyahi' fig cultivar. *Acta Horticulturae*, 480: 271-275.

Khamis, M.A., Bakry, K.A., El-Sayed, M.E. y El-Husseiny, A.M. (2006). Evaluation of some fig cultivar in Egypt. 2- Fruiting and fruit quality. *Journal Biology Chemistry Environment Science*, 1: 105-116.

Khan, M.N., Sarwar, A., Adeel, M. y Wahab, MF. (2011). Nutritional evaluation of *Ficus carica* indigenous to Pakistan. *African. Journal. Food Agricultural. Nutrition Dev.* 11, 5187–5202.

Khatib, S. y Vaya, J. (2010). Fig, carob, pistachio and health. *Bioactive foods in promoting health: Fruits and vegetables*, 245-263.

Kim, Y. S., Park, S. J., Lee, E. J., Cerbo, R. M., Lee, S. M. y Ryu, C. H. (2008). Antibacterial compounds from rose bengal-sensitized photooxidation of bcaryophyllene. *Journal of Food Science*, 73: 540–545.

Kislev, M.E., Hartmann, A. y Bar-Yosef, O. (2006). Early Domesticated Fig in the Jordan Valley. *Science*, 312: 1372-1374.

Knudsen, J. T., Tollsten, L. y Bergström, L. G. (1993). Floral scents a checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques. *Phytochemistry*, 33(2): 253-280.

Kopsell, D. A., y Kopsell, D. E. (2010). Carotenoids in vegetables: biosynthesis, occurrence, impacts on human health, and potential for manipulation. *Bioactive foods in promoting health: Fruits and vegetables*, 645-662.

Kulkarni, A. P. y Aradhya, S. M. (2005). Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry*, 93(2): 319-324.

Küden, A.B., Bayazit, S. y Çömlekcioglu, S. (2008). Morphological and pomological characteristics of fig genotypes selected from Mediterranean and south east Anatolia regions. *Acta Horticulturae*, 798: 95-102.

Lalel, H. J., Singh, Z. y Tan, S. C. (2003). Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. *Postharvest Biology and Technology*, 27(3): 323-336.

Lara, I., Miró, R. M., Fuentes, T., Sayez, G., Graell, J. y López, M. L. (2003). Biosynthesis of volatile aroma compounds in pear fruit stored under long-term controlled-atmosphere conditions. *Postharvest Biology and technology*, 29(1): 29-39.

Laraki, L., Pelletier, X. y Debry, G. (1991). Effects of dietary cholesterol and phytosterol overload on Wistar rat plasma lipids. *Ann Nutr Met*, 35(4): 221-225.

Lauri, P.E., Caraglio, Y. y Erez, A. (1993). Architectural analysis of fig trees as tool to study genetic diversity in cultivars. *Acta Horticulturae*, 349: 265-267.

Lee , S.K. y Kader , A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology Technology*, 20, 207-220.

Lee, K. W., Kim, Y. J., Kim, D., Lee, H. J., Lee, C. Y. (2003). Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6516-6520.

León- González, A.J., Truchado, P., Tomás-Barberán, F.A., López-Lázaro, Díaz-Barrada, M.C. y Martín-Cordero, C. (2013). Phenolics acids, flavonols and anthocyanins in Corema álbum (L.) D. Don berries. *Journal Food Composition and Analysis*, 29: 58-63.

Li, X. L., Kang, L., Hu, J.J., Li, X.F. y Shen, X. (2008). Aroma volatile compound analysis of SPME headspace and extract samples from crabapple (*malus sp.*) fruit using GC-MS. *Agricultural Science in China*, 7(12): 1451-1457.

Li, J., Tian., Y., Sun, B., Yang, D., Chen, J. y Men, Q. (2011). Analysis on volatile constituents in leaves and fruit of *Ficus carica* by GC-MS. *Chinese Herbal Medicines*, 4(1): 63.69

VII. Bibliografía

Lianju, W., Weibin, M.K., Zhifeng, L. y Yelin, W. (2003). The production and research of fig (*Ficus carica* L.) in China. *Acta Horticulturae*, 605: 191-196.

Lichtenthaler, H.K., Kuhn, G., Prenzel, U., Buschmann, C. y Meier, D. (1982). Adaptation of chloroplast-ultrastructure and chlorophyll-protein levels to high light and low light growth conditions. *Zeitschrift für Naturforschung - Section C: Biosciences*, 37C: 464-475.

Lima, V., Mélo, E., Maciel, M.I., Prazeres, F., Musser, R. y Lima, D. (2005). The phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. *Food Chemistry*, 90: 565-568.

Limacher, A., Kerler, J., Davidek, T., Schmalzried, F. y Blank, I. (2008). Formation of furan and methylfuran by Maillard-type reactions in model systems and food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10): 3639-3647.

López-Corrales, M., Gil, M., Pérez, F., Cortés, J., Serradilla, M.J. y Chomé, P. (2011). Variedades de higuera. Descripción y Registro de Variedades. Editado por Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. ISBN: 978-84-491-1103-7.

Machado, C.A., Jouselin, E., Kjellberg, F., Compton, S.G. y Herre, E.A. (2001). Phylogenetic relationships, historical biogeography and character evolution of fig-pollinating wasps. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 268: 685-694.

Machado, S., Ribeiro, R. y Schieber, A. (2010). Bioactive compounds in mango (*Mangifera indica* L.). En: *Bioactive foods in promoting health: fruits and vegetables*. Editorial: Academy Press.

MAGRAMA (1986) Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es>

MAGRAMA (2015). Ministerio de Alimentación, Agricultura y Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/>

Mars, M., Chebli, T. y Marrakchi, M. (1998). Multivariate analysis of fig (*Ficus carica* L.) germplasm in southern Tunisia. *Acta Horticulturae*, 480:75-81.

Martínez-Ballesta, M.C., Domínguez-Perles, R., Moreno, D.A., Muries, B., Alcaraz-López, C., Bastías, E., García-Viguera, C. y Carvajal, M (2010). Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. *Agron Sustain Dev.*, 30: 295-309.

Martínez-Flórez, S., González-Gallego, L, Culebras, J.M. y Tuñon, M^a. J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidante. *Nutrición Hospitalaria*, 17: 271-278.

Martínez-Madrid, M. C., Pretel, M. T., Romojaro, F., Mula, M. S. (2001). Calidad en la poscosecha. *Horticultura internacional*, 1: 20-35.

Matsui, K. (2006). Green leaf volatiles: hydroperoxide lyase pathway of oxylipin metabolism. *Current opinion in plant biology*, 9(3): 274-280.

Mawa, S., Husain, K. y Jantan, I. (2013). *Ficus carica* L. (Moraceae): Phytochemistry, traditional uses and biological activities. *Evidenxe Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-8.

Melgarejo, P. (1996). La higuera (*Ficus carica* L.). (T.F.C.). EPSO (U.P.V.). Orihuela, pp. 82.

Melgarejo, P. (1998). El Cultivo de la Higuera (*Ficus carica* L.). ed. A. Madrid Vicente, IRAGRA, S.A. Madrid. 114 pp.

Melgarejo, P., Hernández, F., Martínez, J.J. y Sánchez, M.J. (2003). Organic acids and sugars from first and second crop fig juices. *Acta Horticulturae*, 605: 237-239.

Mendes-Pereira, F. (1981). Cultura da Figueira. Série Fruticultura Boletim N° 2, Livroceres Ltda. Piracicaba, Brasil. pp.73.

Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Schmitzer, V., Stampar, F., Veberic, R., y Koron, D. (2013). Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot. *Scientia Horticulturae*, 150, 399-409.

Moeiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L. y Cuadrado, C. (2013). Tabla de composición de alimentos: Brevas e higos. Ed: Piramide, 249-250.

VII. Bibliografía

Montero, T. M., Mollá, E. M., Esteban, R. M., y López-Andréu, F. J. (1996). Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae*, 65(4), 239-250.

Nakilcioğlu, E. y Hişil, Y. (2008). Research on the phenolic compounds in 'Sarilop' (*Ficus carica* L.) fig variety. *GIDA*, 38: 267-274.

Oliveira, A.P., Valentão, P., Pereira, J.A., Silva, B.M., Tavares, F. y Andrade. P.B. (2009). *Ficus carica* L.: Metabolic and biological screening. *Food Chemistry Toxicology*, 47: 2841-2846.

Oliveira, A.P., Silva, L.R., Guedes de Pinho, P., Gil-Izquierdo, A., Valentão, P., Silva, B.M., Pereira, J.A. y Andrade, P.B. (2010a). Volatile profiling of *Ficus carica* varieties by HS-SPME and GC-IT-MS. *Food Chemistry*, 123: 548-557.

Oliveira, A. P., Silva, L. R., Andrade, P. B., Valentão, P., Silva, B. M., Pereira, J. A. y de Pinho, P. G. (2010b). Determination of low molecular weight volatiles in *Ficus carica* using HS-SPME and GC/FID. *Food chemistry*, 121(4), 1289-1295.

Olson, J. A.(1989). Biological actions of carotenoids. *Journal of Nutrition*, 119, 94-95.

Oomah, B.D., Mazza, G. (1999). Health benefits of phytochemicals from selected Canadian crops. *Trends Food Sci Technol*, 10(6/7): 193-198.

Ornelas-Paz, J.J., Yahia, E.M., Ramírez-Bustamante, N., Pérez-Martínez, J.D., Escalante-Minakata, M.P., Ibarra-Junquera, V., Acosta-Muñiz, C., Guerrero-Prieto, V. y Ochoa-Reyes, E. (2013). Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, cv. Albion) at six stages of ripening. *Food Chemistry* 138, 372-381.

Ortíz, M. A., Vargas, M. D. C. R., Madinaveitia, R. G. C. y Velázquez, J. A. M. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 16-22.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M. y Prior, R.L. (2001). Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4619-4626.

Oukabli, A., Mamouni, A., Laghezali, M., Khadari, B., Roger, J. P., Kjellberg, F., y Ater, M. (2003). Genetic variability in Moroccan fig cultivars (*Ficus carica* L.) based on morphological and pomological data. *Acta Horticulturae*, 605:311-318.

Pande, G., y Akoh, C. C. (2010). Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterisation of Georgia-grown underutilized fruit crops. *Food Chemistry*, 120(4), 1067-1075.

Pareek, S. (2016). Nutritional and biochemical composition of banana (*Mussa spp.*) cultivars. In Simmonds and Preddy (Ed.). American Press. *Nutritional Composition of fruit cultivars*, (pp.49-81). UK,

Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., Rivas-Gonzalo, J. C. (2000). Quantitative analysis of flavan-3-ols in Spanish food stuffs and beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5331-5337.

Pereira, C., Serradilla, M.J., Martín, A., Villalobos, M.C., Pérez-Gragera, F. y López-Corrales, M. (2015). Agronomic behavior and quality of six cultivars for fresh consumption. *Scientia Horticulturae*, 185: 121-128.

Piga, A., Del Caro, A., Milella, G., Pinna, I., Vacca, V. y Schirru, S. (2008). HPLC analysis of polyphenols in peel and pulp of fresh figs. *Acta Horticulturae*, 798, 301-306.

Pollak, OJ. (1985). Effect of plant sterols on serum lipids and atherosclerosis. *Pharmacol and Therapeutics*. 31(3): 177-208.

Puebla, M, Toribio, F. y Montes, P. (2003). Determination of fruit bearing pruning date and cutting intensity in 'San Pedro' (*Ficus carica* L.) type fig cultivars. *Acta Horticulturae*, 605: 147-157.

Ramulu, P., y Rao, P. U. (2003). Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *Journal of food composition and analysis*, 16(6): 677-685.

VII. Bibliografía

Riu-Aumatell, M., Castellari, M., López-Tamanes, E., Galassi, S. y Buxaderas, S. (2004). Characterisation of volatile compounds of fruit juices and netras by HS/SPME and GC/MS. *Food Chemistry*, 87 627-637.

Rodov, V., Percelan, J., Horev, B., Vinokur, Ben-Yehoshua, S., Yablowich, Z. y Flaishman, M.A. (2002). Development of dark figs for export: I. Optimal picking criteria for the Brazilian variety. *Alon Hanotea*, 56: 372-376.

Roger, J. P. y Khadari, B. (2003). Fig germplasm of CBNM Porquerolles displays an important genetic variability: Evidence from pomological descriptors. *Acta Horticulturae*, 605: 51-59.

Ronsted, N., Weiblen, G.D., Cook, J.M., Salamin, C., Machado, C.A. y Savolainen, V. (2005). 60 million years of co-divergence in the fig-wasp symbiosis. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 272: 2593-2599.

Ruiz, M.D., Garcia-Villanova, B. y Abellan, P. (2010). Frutas y productos derivados. En: Tratado de Nutrición: composición y calidad de los alimentos. Ed. Médica Panamericana, Vol.2, pp. 167197.

Russo, G. y D'Andrea, L. (2003). Influence of exposure on fruit growth and development in fig 'Petrelli' cultivar. *Acta Horticulturae*, 605: 159-166.

Russo, F., Caporaso, N., Paduano, A. y Sacchi, R. (2014). Phenolic compounds in fresh and dried figs from Cilento (Italy), by considering breba crop and full crop, in comparison to Turkish and Greek dried figs. *Journal of Food Science*, 79 (7): C1278-C1284.

Sadia, H., Ahmad, M. Sultana, S., Zuhairi Abdullah, A. Keat Teong, L. Zafar, M. y Bano, A. (2014). Nutrient and mineral assessment of edible wild fig and mulberry fruits. *Fruit*, 69, 159-166.

Şahin, N., çabanoğlu, F. y Şahin, B. (2001). Fig report. T.R. Prime ministry state planning organization. Planning of development with five years. Plant production (fruits). Report of special committee. Ankara, pp.548.

Sánchez, M.J., Melgarejo, P., Hernández, F. y Martínez, J.J. (2003). Chemical and morphological characterization of four fig tree cultivars (*Ficus carica* L.) grow under similar culture conditions. *Acta Horticulturae*, 605: 33-36.

Scalzo, J., Politi, A., Pellegrini, N., Mezzetti, B., y Battino, M. (2005). Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, 21(2): 207-213.

Schmitzer, V., Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Veberic, R., Krska, B., y Stampar, F. (2011). Comparative study of primary and secondary metabolites in apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5): 860-866.

Schwartz, S.J. y Lorenzo, T.V. (1990). Critical reviews. *Food Science and Nutrition*, 29: 1-18.

Serra, A.T., Duarte, R.O., Bornze, M.R. y Duarte, C.M.M. (2011). Odentification of bioactive response in traditional cherries from Portugal. *Food Chemistry*, 125: 318-325.

Serradilla, M.J., Lozano, M., Bernalte, M.J., Ayuso, M.C., López-Corrales, M. y González-González, D. (2011). Physicochemical and bioactive properties evolution during ripening of 'Ambrunés' sweet cherry cultivar. *Food Science and Technology*, 44: 199-205.

Serradilla, M.J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Hernández, A., López-Corrales, M. y Córdoba, M.G. (2012). Physicochemical and sensorial characterisation of four sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain). *Food Chemistry*, 133: 1551-1559.

Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S. y Valero, D. (2005). Chemical constituents and antioxidant of sweet cherry at different ripening stages. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2741-2745.

Shiraishi, S., Kawakami, K., Widodo, S.K., Shiraishi, M. y Kitazaki, M. (1996). Organic acids profiles in the juice of the fruits. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 40(1-2): 29-33.

VII. Bibliografía

Shwartz, E., Glazer, I., Bar-Yaakov, I., Matityahu, I., Bar-Ilan, I., Holland, D. y Amir, R. (2009). Changes in chemical constituents during the maturation and ripening of two commercially important pomegranate accessions. *Food Chemistry*, 115: 965–973.

Şimşek, M. y Yildirim, H. (2010). Fruit characteristics of the selected fig genotypes. *African Journal of Agricultural Research*, 9(37): 6056-6060.

Sklan, D., Budowski, P. y Hurwitz, S. (1974). Effect of soy sterols on intestinal absorption and secretion of cholesterol and bile acids in the chick. *The Journal of Nutrition*, 104(8): 1086-1090.

Slatnar, A., Klancar, U., Stampar, F. y Veberic, R. (2011). Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 11696-11702.

Slaughter, J.C. (1999) The naturally occurring furanones: formation and function from pheromone to food. *Biol. Rev.*, 74: 259– 276.

Slavin, L. (2006). Figs: past, present and future. *Nutrition Today*, 4: 180-184.

Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z. y Flaishman, M.A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 7717-7723.

Soni, N., Metha, S., Satpathy, G. y Gupta, R.K. (2014). Estimation of nutritional, Phytochemical, antioxidant and antibacterial activity of dried fig (*Ficus carica*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3(2): 158-165.

Sousa, R.M. (1990). Caracterização de algumas variedades de figueira. Actas del I Congresso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Vol. IV: 227- 232.

Stover, E., Aradhya, M., Ferguson, L. y Crisosto, C.H. (2007). The fig: Overview of an ancient fruit. *Hortscience*, 42: 1083-1087.

Tapia, R., Botti, C., Carrasco, O., Prat, L. y Franck, N. (2003). Effect of four irrigation rates on growth of six fig tree varieties. *Acta Horticulturae*, 605: 113-123.

Teissedre, P. L., Frankel, E. N., Waterhouse, A. L., Peleg, H. y German, J. B. (1996). Inhibition of in vitro human LDL oxidation by phenolic antioxidants from grapes and wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 122, 157-168.

Teixeira, D. M., Pataõ, R. F., Coelho, A. V., y Teixeira da Costa, C. (2006). Comparison between sample disruption methods and solid- liquid extraction (SLE) to extract phenolic compounds from *Ficus carica* leaves. *Journal of Chromatography A*, 1103, 22-28.

Tomás-Barberán, F. A. y Clifford, M. N. (2000). Dietary hydroxybenzoic acid derivatives -nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 1024-1032.

Tomás-Barberán, F. A. y Espin, J.C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9): 853-876.

Tomás-Barberán, F.A., Gil, M.I., Gremin, P., Waterhouse, A.L., Hess-Pierce, B. y Kader A.A. (2001). HPLC-DAS-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches and plum. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 49: 4748-4760.

Trad, M., Ginies, C., Gaaliche, B., Renard, C. M. y Mars, M. (2012). Does pollination affect aroma development in ripened fig (*Ficus carica* L.) fruit?. *Scientia Horticulturae*, 134, 93-99.

Trad, M., Le Bourvellec, C., Gaaliche, B., Renard, M.G.C. y Mars, M., (2014). Nutritional compounds in figs from the southern Mediterranean region. *International Journal of Food Properties*, 17: 491-499.

Tsantili, E. (1990). Changes during development of 'Tsapela' fig fruits. *Scientia Horticulturae*, 44: 227-224.

VII. Bibliografía

Usenik, V.; Fabčić, J. y Stampar, F. (2008) Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*, 107: 185-192.

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2016). USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Release 28, 2002 from the Nutrient Data Laboratory Home Page: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>.

Valdés, G., Escartín, N., Lorente, M., Malagón, J. y Bartual, J (2009). Evaluación agronómica y caracterización morfológica de material seleccionado de higuera para producción de brevas en Alicante. *Acta de Horticultura*, 54: 135-138.

Valero, D. y Serrano, M. (2010). Fruit ripening. Postharvest biology and technology for preserving fruit quality. (pp. 4-47). CRC Press, Boca Raton, FL.

Vallejo, F., Marín, J.G. y Tomás-Barberán, F.A. (2012). Phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.). *Food Chemistry*, 130: 485-492.

Veberic, R. y Stampar, F. (2005a). Selected polyphenols in fruits of different cultivars of genus *Prunus*. *Phyton (Horn)*, 45, 375-383.

Veberic, R., Trobec, M., Herbinger, K., Hofer, M., Grill, D., y Stampar, F. (2005b). Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh) cultivars of organic and integrated production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1687-1694.

Veberic, R., Jakopic, J. y Stampar, F. (2008a). Internal fruit quality of figs (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Italian Journal of Food Science*, 20: 255-262.

Veberic, R., Colaric, M. y Stampar, F. (2008b). Phenolics acids and flavonoids of fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food Chemistry*, 106: 153-157.

Veberic, R. y Mikulic-Petkovsek, M. (2016). Phytochemical composition of common fig (*Ficus carica* L.) cultivars. In Simmonds and Preddy (Ed.). American Press. *Nutritional Composition of fruit cultivars*, (pp.235-255). UK,

Venu, D.K., Munjal, S.V., Waskar, D.P., Patil, S.R. y Kale, A.A. (2005). Biochemical changes during growth and development of fig (*Ficus carica* L.) fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 42(3): 279-282.

Vicente, A., Manganaris, G.A., Sozzi, G.O. y Crisosto, C.H. (2009). Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. *Postharvest Handling: A Systems Approach*, (pp.58-93).

Villalobos, M.C., Serradilla, M.J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Pereira, C. y Córdoba, M.G. (2014). Use of equilibrium modified atmosphere packaging for preservation of 'San Antonio' and 'Banane' breba crops (*Ficus carica* L.). *Postharvest Biology and Technology* 98: 14-22.

Villalobos, M.C., Serradilla, M.J., Martín, López Corrales, M., Pereira, C. y Córdoba, M.G. (2015). Preservation of different fig cultivars (*Ficus carica* L.) under modified atmosphere packaging during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

Villalobos, M.C. (2015). Estudio para la prolongación de la vida útil de variedades de higos y brevas interesantes para consumo en fresco y seco y estudio de técnicas alternativas para el secado de higos. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

Vinson, J.A. (1999). The functional food properties of figs. *Cereal Foods World*, 44: 82-87.

Vinson, J.A., Zubik, L., Bose, P., Samman, N. y Proch, J. (2005). Dried Fruits: Excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 24(1): 44-50.

Vizzotto, M., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D. H., Ramming, D. W., y Okie, W. R. (2007). Large variation found in the phytochemical and antioxidant activity of peach and plum germplasm. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(3), 334-340.

Wang, K.L., Micheletti, D., Palmer, J., Volz, R., Lozano, L., Espley, R., Hellens, R.P., Chagné, D., Rowan, D.D., Troggio, M., Iglesias, I. And Allan, A.C. (2011). High temperature reduces apple fruit colour via modulation of the anthocyanins regulatory complex. *Plant Cell Environ*, 34: 1176-1190.

VII. Bibliografía

Watson, L. y Dallwitz, M.J. (2004). The families of flowering plants: Descriptions, illustrations, identification and information retrieval. <http://biodiversity.uno.edu/delta>.

Weihrauch J.L. y Gardner J.M. (1978). Sterol content of foods of plant origin. *J Am Diet Assoc*, 73(1): 39-47.

Wendeln, M.C.; Runkle, J.R. (2000). Nutritional values of 14 fig species and bat feeding preferences in Panama. *Biotropica*. 32, 489-501.

Wünsch, A. y Hormaza, J.I. (2002). Cultivar identification and genetic fingerprinting of fruit tree species using DNA markers. *Euphytica*, 125: 59-67.

Yilmaz, Y., y Toledo, T. D. (2004). Major flavonoids in grape seeds and skins: Antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 255-260.

Zapata, S. y Dufour, J.P. (1992). Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determinations by reverse phase ion interaction HPLC. *Journal of Food Science*, 57: 506-511.

Zhuang, H., Hildebrand, D.F. y Barth, M.M. (1995). Senescence of broccoli buds is related to changes in lipid peroxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43: 2585-2591.

VIII. RESUMEN/SUMMARY

La higuera (*Ficus carica* L.) es un cultivo tradicional, típico de países de la cuenca Mediterránea. Es un árbol frutal que produce dos tipos de cosechas al año, las brevas y los higos, dependiendo de la variedad, y cuyo destino principal ha sido la alimentación humana y animal, siendo consumidos frescos, secos y elaborados.

Turquía lidera la producción mundial, mientras que España es el principal país productor a nivel europeo. El cultivo de la higuera en España es muy antiguo y se ha extendido por todos sus territorios. En la actualidad, Extremadura es la primera Comunidad Autónoma en superficie y producción con varias zonas productoras localizadas en ambas provincias y cuya producción se destinada principalmente a higo seco para alimentación humana, si bien en determinadas comarcas predomina el higo fresco, resultando por todo ello de gran interés económico para la región. Esta especie frutal, se incluye dentro de las denominadas especies menores o infrautilizadas, a la que tradicionalmente se le ha dedicado pocos cuidados culturales. Sin embargo, para el desarrollo y la expansión del cultivo, es necesario que tenga las mismas consideraciones que el resto de frutales por lo que sería interesante la aplicación de técnicas de cultivo que permitan aumentar su producción y obtener frutos de gran calidad. Pese a tratarse de un cultivo infravalorado, en los últimos años se ha producido un interés creciente por el cultivo de la higuera para la producción de fruta fresco, en parte también provocado por la necesidad del sector frutícola de buscar nuevas alternativas de cultivo. Todo esto, unido con la buena aceptación de los frutos por parte del consumidor, así como con el aumento de los precios en el mercado, ha favorecido el establecimiento de nuevas plantaciones regulares con destino tanto al mercado en fresco como para secado.

Tanto brevas como higos forman una parte importante de la dieta Mediterránea ya que son frutos altamente nutritivos. Estos frutos son muy apreciados por su tamaño, color y dulzor, además de ser una excelente fuente de minerales, vitaminas, fibra, azúcares y ácidos orgánicos y polifenoles, especialmente antocianinas que actúan como antioxidantes y contribuyen positivamente sobre la salud humana. Sin embargo, todas estas características nutricionales y funcionales van a depender de la variedad y del estado de maduración del fruto.

VIII. Resumen/Summary

En consecuencia, los objetivos de este trabajo han sido estudiar el comportamiento agronómico y de calidad de variedades interesantes para su consumo y comercialización en fresco, así como determinar el punto óptimo de maduración de brevas e higos con la máxima calidad nutricional, fitoquímica y sensorial.

Para ello, se evaluó el comportamiento agronómico en un ensayo comercial de 10 variedades interesantes para consumo en fresco, así como la calidad físico-química de brevas e higos. Las producciones de higos fueron mayores a las de brevas, destacando las variedades 'Brown Turkey' y 'Banane' por su alta producción en ambas cosechas y por el gran tamaño de frutos. Los higos se caracterizaron por presentar una mayor calidad físico-química que las brevas y también por un mayor potencial de aceptación por parte de los consumidores. Por otro lado, variedades como 'San Antonio' y 'Cuello Dama Blanco' destacaron por su gran calidad organoléptica, presentando esta última variedad una buena aptitud para el secado.

Del mismo modo, se determinó el punto óptimo de maduración de brevas e higos mediante el establecimiento de tres estados de maduración ambas cosechas para llevar a cabo una caracterización a nivel nutricional, fitoquímica y sensorial. Tanto brevas como higos mostraron un alto contenido en fibra, minerales como el potasio y azúcares, principalmente glucosa y fructosa, en la pulpa. A nivel fitoquímico, destacaron las variedades de color oscuro como 'Cuello Dama Negro' y 'Colar Elche' que presentaron un alto contenido en compuestos bioactivos así como una elevada actividad antioxidante hidrófila a diferencia de las variedades verdes. Además, estas variedades de piel oscura se caracterizaron por presentar un alto contenido en antocianinas, pigmentos responsables del color característico de piel de estas variedades, quercetina-3-*O*-rutinosido o rutina y epicatequinas. Por otro lado, las variedades de piel clara como 'Cuello Dama Blanco', 'Banane' o 'Blanca Bétera' mostraron mayor contenido en ácido clorogénico, catequinas y una mayor actividad antioxidante lipófila. También destacó la variedad 'Banane' por su alto contenido en vitamina C tanto en piel como en pulpa. Por último, entre los compuestos volátiles identificados en brevas e higos destacaron los aldehídos, alcoholes, furanos, piranonas y esterres que contribuyen al aroma de estos frutos. Todos los compuestos nutricionales, bioactivos y volátiles analizados, fueron aumentando a lo largo de la maduración, mostrando las concentraciones más elevadas en estados de maduración posterior a la madurez comercial. Finalmente, las variedades mejor valoradas y con mejor

aceptación por parte de los consumidores fueron 'Cuello Dama Blanco', 'Colar Elche' y 'San Antonio' por mostrar una gran calidad organoléptica.

The fig tree (*Ficus carica*, L.) is a traditional crop, typical of the countries of the Mediterranean coast. Fig trees produce one or two crops per year, brebas and figs, depending on the variety, and whose main use has been human and animal feed, being consumed fresh, dried and manufactured.

Turkey is the largest fig producer, whilst Spain is the main producer at European level. The crop of fig tree in Spain is very ancient and has spread out for all its territory. Currently, Extremadura is the main region in surface and production with different areas located in both provinces, whose production is primarily intended for consumption as dried whole figs for human feed, although in certain areas dominated by fresh fig, showing therefore a great economic interest for the region. This fruit species is considered as a minor or underutilized species and is maintained by cultural preference and traditional practices. However, for the growth and spread of this crop is necessary that has the same considerations as the rest of fruit species so it would be interesting the application of cultivation systems that allow an increase of its production and obtain from high quality fruits. In spread of being an underutilized crop, in recent years there has been a growing interest in the fig tree crop for the production of fresh fruit, partly it caused by the need for the fruit sector to seek new alternative crops. All this, together with a good acceptance of the fruits by consumers, as well as rising market prices, favored the establishment of new plantations regular destination for both the fresh market and for drying.

Both brebas and figs represent an important constituent of the Mediterranean diet due to they are highly nutritious fruits. These fruits are really appreciated for their size, colour and sweetness, besides being an excellent source of minerals, vitamins, fiber, sugars and organic acids and polyphenols, especially anthocyanins which act as antioxidants and contribute positively to human health. However, all these nutritional and functional characteristics will depend on genotype and ripening stage.

Consequently, the objectives of this work were to study the agronomic behaviour and quality of interesting varieties for their consumption and marketing in fresh as well as

VIII. Resumen/Summary

determine the optimum ripening stage of brebas and figs with the maximum nutritional, phytochemical and sensory quality.

For that, the agronomic behavior in a commercial field of 10 interesting varieties for fresh consumption as well as the physico-chemical quality of brebas and figs were evaluated. The productions of figs were higher than those of brebas, highlighting 'Brown Turkey' and 'Banane' varieties for their high production in both crops and the large size of fruits. Figs were characterized by higher physico-chemistry quality than brebas and also a greater potential for consumer acceptance. On the other hand, the 'San Antonio' and 'Cuello Dama Blanco' varieties stood out for their high organoleptic quality, showing this latter variety a good aptitude for drying.

Similarly, the optimal point of maturation was determined for brebas and figs by establishing three ripening stages in both crops to carry out a nutritional, phytochemical and sensory characterization. Both brebas and figs showed a high content of fiber, minerals as potassium and sugars, mainly glucose and fructose, in the flesh. At phytochemical level, stood out dark-coloured varieties such as 'Cuello Dama Negro' and 'Colar Elche' which had a content of bioactive compounds as well as a hydrophilic antioxidant activity higher than light-coloured varieties. Additionally, these dark-coloured varieties were characterized by a high content of anthocyanins, pigments responsible for the characteristic skin colour of these varieties, quercetin-3-*O*-rutinoside or rutin and epicatechins. On the other hand, lighted-coloured varieties such as 'Cuello Dama Blanco', 'Banane' or 'Blanca Bétera' showed the highest content of chlorogenic acid, catechins and lipophilic antioxidant activity. In addition, the variety 'Banane' stood out for the highest content of vitamin C in both skin and flesh. Finally, among the volatile compounds identified in brebas and figs they highlighted aldehydes, alcohols, furans, pyranones and esters that contribute to the flavor of these fruits.

All nutritional, bioactive and volatile compounds analyzed were increased across ripening process, showing the highest concentrations after the commercial ripening stage. Finally, varieties with the best consumer acceptance were 'Cuello Dama Blanco', 'Colar Elche' and 'San Antonio' because of showing a great organoleptic quality.