

Proyecto Fin de Carrera

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE VARIEDADES ESPAÑOLAS DE PERAL DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL CITA DE ARAGÓN

Autora

María Teresa Espiau Ramírez

Director

Dr. José Manuel Alonso Segura

Escuela Universitaria Politécnica de Huesca
2017

'Fuera del patio, cerca de las puertas, hay un gran huerto de cuatro yugadas y alrededor se extiende un cerco a ambos lados. Allí han nacido y florecen árboles: perales y granados, manzanos de espléndidos frutos, dulces higueras y verdes olivos'

Homero. *La Ilíada*. Siglo VII a.C.

AGRADECIMIENTOS

A Manolo Carrera, referencia e inspiración en esta andadura,

A José Manuel Alonso, director de este trabajo, por su apoyo, comentarios y...por sus minuciosas aportaciones a cada detalle del documento,

A José Casanova, profesor de Fruticultura y ponente del trabajo, por el apoyo, ánimos, y fuerzas en los momentos duros. Por hacer lo posible para que esto saliera,

A Rafael Socias, por su confianza y su aliento desde que decidí embarcarme en esta licenciatura,

A María José Rubio, compañera dentro y fuera del trabajo. Siempre ahí...,

A Quique, José Miguel y Pepe, con quién he compartido muchas horas de laboratorio y muchos ratos fuera de él,

A Carmen, compañera de despacho, que ha sufrido en sus carnes los nervios de última hora...,

A Bea, casi doctora, con la que he compartido penas....y alegrías,

A toda la unidad de Hortofruticultura, por estos (muchos) años codo a codo,

A mí familia, apoyo incondicional, siempre,

Cecilia y Amaia, a las que este trabajo ha robado gran parte de mi tiempo en estos años...lo que les ha permitido ver que las madres también estudian....,

A Tere e Izaskun, amigas del alma,

Al swing, y a mi gente del swing, que me han dado la alegría necesaria para seguir.

RESUMEN

En el presente estudio se ha realizado la caracterización genotípica de 34 variedades españolas de la colección de peral del Banco de Germoplasma del CITA junto con otras 39 variedades internacionales de referencia, en base a 50 descriptores fenológicos y morfológicos de flor, hoja y fruto. Se han encontrado 4 caracteres correlacionados positivamente ('longitud del limbo' y 'anchura del limbo', 'fecha de maduración' y 'tamaño del fruto', 'russeting calicino y russeting medio', y 'russeting medio y russeting peduncular') y un carácter correlacionado negativamente ('anchura del limbo' y la 'relación longitud/anchura del limbo'). Los caracteres que más coeficiente de varianza han mostrado han sido 'distancia de las estípulas a la base', 'tamaño del fruto', 'longitud del ápice del limbo', 'firmeza' y 'acidez'. Las variedades españolas han resultado más precoces en floración y en maduración como promedio que las variedades internacionales y han mostrado algunas diferencias morfológicas respecto de estas: mayor tamaño de pétalo, menor tamaño de fruto, forma de fruto más achatada y menor incidencia de russeting en la epidermis, y posición de los sépalos del fruto mayoritariamente divergentes. El dendograma obtenido a partir de esta caracterización no ha agrupado a las variedades por origen geográfico, no obstante un grupo reducido de variedades españolas ('Don Guindo' y 'L-3.2.10' 'Duquesa Barreda', 'Limón de Verano', 'Malacara', 'Tocinera' y 'Magallón') ha mostrado una mayor distancia morfológica respecto del resto de variedades del estudio.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. El peral	13
1.1.1. Taxonomía.....	13
1.1.2. Origen geográfico y evolución.....	16
1.1.3. Contexto económico	18
1.1.4. Distribución varietal	21
1.2. Los Recursos Fitogenéticos.....	22
1.2.1. Caracterización de Recursos Fitogenéticos.....	22
1.2.2. Tipos de descriptores	23
1.3. Los Recursos Fitogenéticos de peral.....	24
1.4. Antecedentes.....	25
2. OBJETIVOS.....	29
3. MATERIAL Y MÉTODOS	33
3.1. Material vegetal.....	33
3.2. Caracterización morfológica.....	33
3.2.1. Toma de datos.....	33
3.2.1.1. Datos de flor	33
3.2.1.2. Datos de hoja.....	40
3.2.1.3. Datos de fruto.....	44
3.3. Documentación grafica.....	52
3.4. Análisis estadístico.....	52
3.4.1. Caracteres cuantitativos.....	52
3.4.1.1. Estadística descriptiva	52
3.4.1.2. Comparación de medias.....	52
3.4.1.3. Matriz de correlación	52
3.4.1.4. Analisis de componentes principales	53
3.4.1.5. Conversión de los datos cuantitativos en cualitativos	53
3.4.2. Caracteres cualitativos	54
3.4.3. Matriz binaria y análisis de conglomerados	54
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56

4.1. Datos fenológicos	56
4.1.1. Inicio y duración de la floración.....	58
4.1.2. Fecha de maduración	60
4.2. Datos cuantitativos	62
4.2.1. Matriz de correlación	66
4.2.2. Análisis de componentes principales	70
4.3. Datos cualitativos.....	71
4.4. Establecimiento de clases para los datos cuantitativos	75
4.5. Agrupamiento de variedades.....	77
5. CONCLUSIONES	83
6. BIBLIOGRAFÍA.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Especies de <i>Pyrus</i> , híbridos interespecíficos, y su distribución geográfica	13
Tabla 1.2. Producción mundial en los principales países productores 2006-2013	18
Tabla 1.3. Número de accesiones de peral mantenidas en colecciones españolas.....	25
Tabla 3.1. Origen de las variedades estudiadas	34
Tabla 3.2. Caracteres estudiados	35
Tabla 4.1. Datos fenológicos	57
Tabla 4.2. Estudio estadístico de los caracteres ‘inicio de la floración’ y ‘duración de la floración’	58
Tabla 4.3. Estudio estadístico del carácter ‘fecha de maduración’	60
Tabla 4.4. Datos cuantitativos resultantes de la caracterización morfológica	63
Tabla 4.5. Análisis estadístico de los caracteres cuantitativos.....	67
Tabla 4.6. Matriz de correlación simple entre las variables cuantitativas.....	69
Tabla 4.7. Coeficientes de varianza de los caracteres fenológicos y cuantitativos.....	70
Tabla 4.8. Datos cualitativos resultantes de la caracterización morfológica.....	72
Tabla 4.9. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de flor	74
Tabla 4.10. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de hoja.....	74
Tabla 4.11. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de fruto relativos a la apariencia externa	74
Tabla 4.12. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de fruto relativos a las zonas calicina y peduncular.....	74
Tabla 4.13. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de fruto relativos a la forma	74
Tabla 4.14. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de fruto relativos a los parámetros organolépticos.....	75

Tabla 4.15. Resultados del estudio estadístico para la conversión de los datos
cuantitativos en clases..... 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Árbol de la familia <i>Rosaceae</i>	13
Figura 1.2. Ilustración botánica de <i>Pyrus communis</i>	15
Figura 1.3. Distribución de las especies silvestres y cultivadas de <i>Pyrus</i>	17
Figura 1.4. Evolución de la producción de pera de la UE-28 2000-2014	19
Figura 1.5. Evolución de las superficies de las principales especies de fruta dulce en España en las últimas décadas	19
Figura 1.6. Evolución de las producciones de las principales especies de fruta dulce en España en los intervalos 1985-1987 y 2013-2015	20
Figura 1.7. Superficie dedicada a peral en España, por Comunidades Autónomas.....	20
Figura 1.8. Distribución varietal de peral en España.....	21
Figura 1.9. Tipos de descriptores en la caracterización de variedades.....	24
Figura 3.1. Estados fenológicos del peral según Fleckinger	36
Figura 3.2. Tipos de situación de la yema floral.....	37
Figura 3.3. Medición de la longitud de la yema floral	37
Figura 3.4. Medición de la longitud de los sépalos de la flor.....	37
Figura 3.5. Distintos portes de los sépalos en relación con la corola	38
Figura 3.6. Diferentes posiciones de los bordes de los pétalos	38
Figura 3.7. Diferentes posiciones del estigma en relación con los estambres	39
Figura 3.8. Mediciones realizadas en el pétalo	39
Figura 3.9. Diferentes formas de la base del pétalo	40
Figura 3.10. Mediciones realizadas en la hoja	41
Figura 3.11. Diferentes formas de la base del limbo	42
Figura 3.12. Diferentes formas del ápice del limbo	42
Figura 3.13. Tipos de incisiones del borde del limbo	43
Figura 3.14. Tipos de curvatura del eje longitudinal del limbo.....	44

Figura 3.15. Diferentes posiciones de los sépalos en el fruto maduro.	45
Figura 3.16. Penetrómetro digital utilizado.	48
Figura 3.17. Clases de perfil de las caras del fruto.....	49
Figura 3.18. Forma del fruto en función de la relación l/a, el perfil, y la posición relativa del diámetro máximo	49
Figura 3.19. Corte transversal de fruto con 5 lóculos	50
Figura 3.20. Refractómetro digital utilizado.....	51
Figura 3.21. Valorador digital utilizado	51
Figura 4.1. Época y duración de la floración de las variedades en estudio	59
Figura 4.2. Época de maduración de las variedades en estudio	61
Figura 4.3. Distribución de las frecuencias de las variedades por grupos para el carácter 'posición de los sépalos'.	75
Figura 4.4. Dendograma morfológico de las 73 variedades del estudio	79

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El peral

1.1.1. Taxonomía

El peral (*Pyrus* spp.) es una especie frutal de pepita perteneciente a la familia *Rosaceae*, subtribu *Pyrinae*, subfamilia *Maloideae* (*Pomoideae*), familia que comparte con otros frutales de pepita como el manzano y el membrillero (Figura 1.1).

La clasificación y taxonomía del genero *Pyrus* son controvertidas y están en continuo estudio y revisión. Su complejidad radica en la sinonimia entre los taxones, y en las numerosas hibridaciones intervarietales e interespecíficas presentes en la naturaleza debido a la intercompatibilidad entre especies (Yamamoto y Chevraux, 2009). No obstante, su clasificación más reciente se recoge por Bell e Itai (2011) y se estima en 26 especies primarias y 10 híbridos interespecíficos, que se distribuyen por Europa, Asia y áreas montañosas del norte de África (Tabla 1.1).

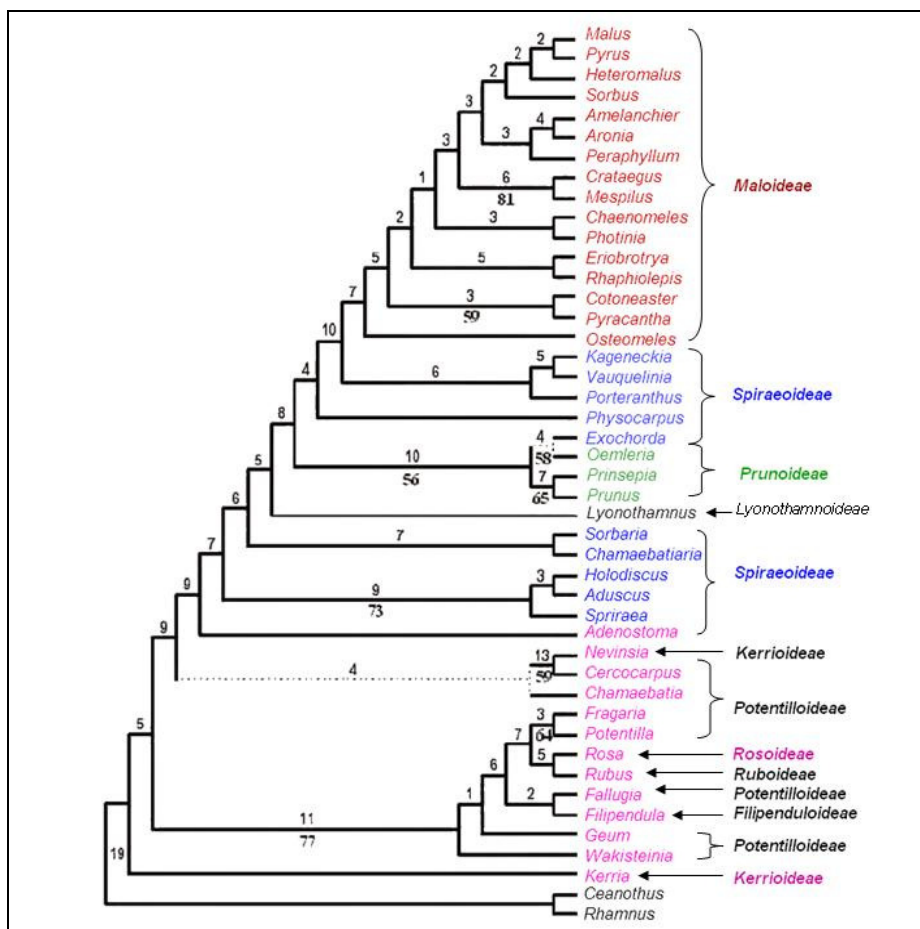


Figura 1.1. Árbol de la familia Rosaceae (extraído de Hummer and Janick, 2009). Los colores representan las subfamilias tradicionales (rojo=*Maloideae*, azul= *Spiraeoideae*; verde = *Amygdaloideae*; rosa = *Rosoideae*).

Geographic group and species	Centers of diversity European
European	
<i>P. communis</i> L. ^b	Western and Southeast Europe, Turkey
<i>P. cordata</i> Desv.	France, Spain, Turkey
<i>P. ×nivalis</i> Jacq.	South central Europe, Ukraine, France
<i>P. ×canescens</i> Sprach	
<i>P. ×complexa</i> Rubtzov	Caucasus
<i>P. ×salvifolia</i> DC	Europe (Crimea)
Circum-Mediterranean	
<i>P. elaeagrifolia</i> Pall.	Southeast Europe, Ukraine, Turkey
<i>P. syriaca</i> Boiss.	Tunisia, Libya, Middle East, Armenia
<i>P. cossonii</i> Redher	Algeria
<i>P. gharbiana</i> Trab.	Morocco, Algeria
<i>P. mamorensis</i> Trab.	Morocco
<i>P. spinosa</i> Forssk.(syn. <i>P. amygdaliformis</i> Vill.)	Southeast Europe, Turkey
Mid-Asian	
<i>P. glabra</i> Boiss.	Iran
<i>P. korshinskyi</i> Litv.	Afghanistan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Uzbekistan
<i>P. longipes</i> Coss. & Dur.	Algeria
<i>P. pashia</i> D. Don.	Pakistan, India, Nepal, Bhutan, Afghanistan, China, Indochina
<i>P. regelii</i> Rehd.	Afghanistan, central Asia
<i>P. salicifolia</i> Pall.	Northern Iran, Turkey, Caucasus
East Asian	
<i>P. armeniaca</i> Yu	Northwestern China, Kazakhstan
<i>P. betulifolia</i> Bunge	Central and northern China, Laos southern Manchuria
<i>P. ×bretschneideri</i> Rehd.	China
<i>P. calleryana</i> Decne.	Central and southern China, Japan, Korea, Taiwan, Vietnam
<i>P. dimorphophylla</i> Makino	Japan
<i>P. fauriei</i> Schneid.	Korea
<i>P. hondoensis</i> Nak. & Kik.	Japan
<i>P. ×hopeiensis</i> T. T. Yu	China (Hebei, Shandong)
<i>P. koehnei</i> C. K. Schneid.	South China, Taiwan
<i>P. ×phaeocarpa</i> Rehd.	Northern China
<i>P. pseudopashia</i> T. T. Yu	China (Guizhou, Yunnan, Kansu)
<i>P. pyrifolia</i> (Burm.) Nak.	China, Japan, Korea, Taiwan
<i>P. ×serrulata</i> Rehd.	Central China
<i>P. ×sinkiensis</i> T. T. Yu	Northwestern China
<i>P. taiwanensis</i> Iket. & Ohashi	Taiwan
<i>P. ussuriensis</i> Maxim.	Siberia, Manchuria, northern China, Korea
<i>P. ×uyematsuana</i> Makino	
<i>P. xerophila</i> T. T. Yu	Northwestern China

 Tabla 1.1. Especies de *Pyrus*, híbridos interespecíficos, y su distribución geográfica (Bell and Itai, 2011).

Las especies cultivadas de peral para consumo se dividen en dos grupos (Bell *et al.* 1996; Bell e Itai, 2011):

- el **peral europeo** o *Pyrus communis* L., principal especie del peral comestible, nativo de Europa y cultivado en la actualidad en Europa, América del Norte y del Sur, África, Nueva Zelanda y Australia. Se caracteriza por sus aromas intensos, ablandamiento de la pulpa después del climaterio, y una amplia diversidad de tamaños y formas.

- el **peral asiático**, cuya principal y más extendida especie es *Pyrus pyrifolia*, conocido también como *Chinese Sand Pear* o *nashi*, que se cultiva fundamentalmente en el Sur y el centro de China y en Japón. Comprende también otras especies como *P. ussuriensis* Maxim., y *P. x*

bretschneideri Rehd. (Syn. *P. pyrifolia* (Burm.) Nakai var. *Sinensis kikuchi*), este último conocido también como *Chinese White Pear*, cultivados fundamentalmente en el Norte de China y Japón, así como algunas selecciones de *P. pashia* en el sur de China y el Norte de la India. Los frutos del peral asiático son crocantes, dulces, más o menos redondos y aromáticos.

Algunas especies de fruto muy pequeño, como *P. calleryana* Decne., *P. fauriei* Shneid., *P. betulaefolia* Bunge., *P. salicifolia* Pall. y *P. kawakamii* Hayata. se cultivan de forma ornamental, y otras son utilizadas como patrones francos para el cultivo del peral como *P. betulaefolia*, *P. calleryana*, *P. purifolia*, *P. ussuriensis*, *P. communis* (en Europa, Norteamérica y Asia Oriental) y *P. pyraster* Burgsd., *P. amygdaliformis* Vill. y *P. eleaegrifolia* Pall. (en Asia menor y Asia Central).

Así mismo, *P. nivalis*, también conocido como *snow pear*, se cultiva en el norte de Europa para elaborar *Perry*, una bebida alcohólica similar a la sidra.

La mayoría de los cultivares de *Pyrus* son diploides, aunque hay variedades poliploides, especialmente en *P. communis* (Bell *et al.*, 1996). Existen variedades triploides ($2n = 3x = 51$) y, con menos frecuencia, tetraploides ($2n = 4x = 68$). Las formas hexaploides existen pero no se comercializan ($2n = 6x = 102$) (Hancock y Lobos, 2008).

El peral europeo (*P. communis*) es un arbusto o árbol de hasta 10 m, de copa amplia e irregular, generalmente espinoso, con la corteza agrietada longitudinalmente y de color grisáceo. Las ramas son erectas, con lenticelas abundantes. Tiene hojas de orbiculares a ovadas, acuminadas, de base por lo general truncada o cuneada, ciliadas y pelosas al brotar, después glabras. Su fruto tiene forma generalmente piriforme, de color pardo, con el cáliz persistente, el pedúnculo rígido, con semillas ovaladas, comprimidas y lisas. Por término medio vive unos 65 años (Maleyev, 1939; Brezhnev y Korovina, 1981; Aedo y Aldasoro, 1998).



Figura 1.2. Ilustración botánica de *Pyrus communis*. Autor: Birne. (Flora of Germany, Circa, 1903.)

El peral es una especie que se reproduce por fecundación cruzada, siendo poco frecuente la autofecundación. La polinización es entomófila, preferentemente llevada a cabo por los insectos pertenecientes a los órdenes de los *Hymenoptera* y *Lepidóptera*. Las flores, hermafroditas, tienen de 2,5 a 3 cm de diámetro, formando inflorescencias de 5-8 flores, con 20 a 30 estambres, en algunos cultivares (Maleyev, 1939; Brezhnev y Korovina, 1981). Cada uno de los cinco carpelos contiene dos óvulos, pudiendo originarse hasta diez semillas. Los pétalos pueden ser blancos o rosados, miden generalmente 12-15 mm y son obovados y libres (Leite y Souza, 2003).

El fruto es un pomo del tipo piriforme o casi esférico, verde-amarillo o amarillo, o rojo, con sépalos residuales (Maleyev, 1939; Brezhnev y Korovina, 1981). La pera es rica en diversas sales minerales como sodio, potasio, hierro, magnesio y calcio, y las vitaminas encontradas en el fruto son del tipo C y del complejo B (Rieger, 2006; Gil-Albert Velarde, 1995). La pulpa es de color blanco o crema, succulenta, de sabor dulce, amargo o astringente, con oscurecimiento en la madurez, y comestible. El fruto es utilizado para cocinar o para el consumo en fresco, además de ser utilizado en la medicina popular para el tratamiento de enfermedades relacionadas con el intestino y el sistema urinario (Gil-Albert Velarde, 1995).

1.1.2. Origen geográfico y evolución

Se cree que el género *Pyrus* surgió durante el período Terciario en las montañas del oeste de China, y probablemente a partir de los taxones originarios se dispersó hacia el este y el oeste a través de las cadenas de montañas (Figura 1.3). La especiación puede haber estado asociada con el aislamiento geográfico de las poblaciones (Rubtsov, 1944; Zeven y Zhukovsky, 1975).

Vavilov (1951) definió tres centros de diversidad para las peras cultivadas:

- i) el centro de China, donde se cultivan formas de *P. pyrifolia* y *P. ussuriensis*
- ii) el centro de Asia Central, incluido el noroeste de India, Afganistán, las Repúblicas de Tadjikistan y Uzbekistan, y Tian-Shan occidental, donde se encuentra *P. communis* o formas intermedias entre *P. communis* y *P. x bretschneideri* (Yu y Zhang, 1979)
- iii) el centro de Oriente Próximo en las montañas del Cáucaso y Asia Menor, donde *P. communis* también se cultiva (Fisher, 2009)

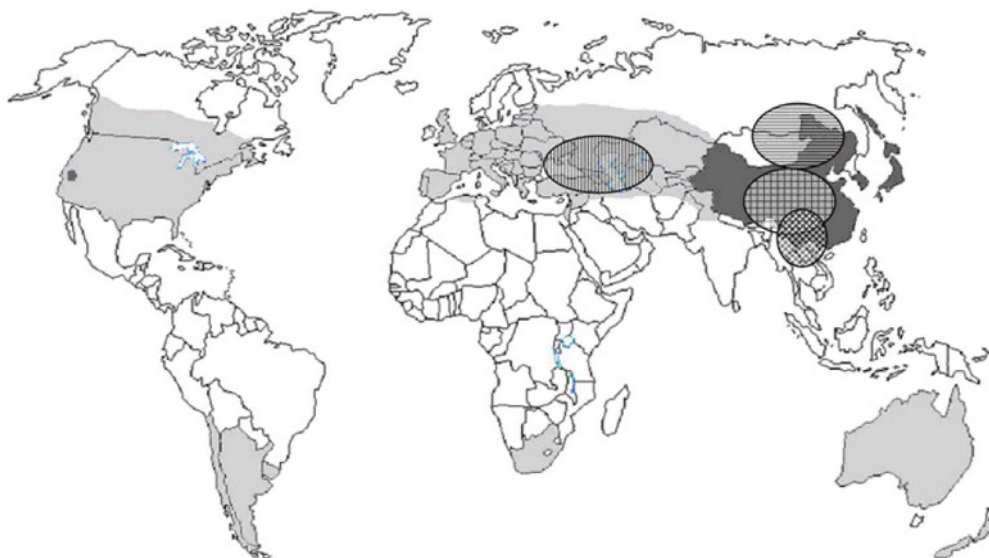


Figura 1.3. Distribución de las especies silvestres y cultivadas de *Pyrus*: peral europeo (gris claro) y asiático (gris oscuro). Los centros de origen se indican con círculos: *Pyrus communis* (líneas verticales), *P. pyrifolia* (cuadros), *P. ussuriensis* (líneas horizontales) y *P. calleryana* (puntos) (Dondini and Sansavini, 2012.)

Se piensa que el peral asiático fue domesticado en la prehistoria y ha sido cultivado en China desde hace al menos 3000 años (Lombard y Westwood, 1987). La introducción de *P. communis* en diversas partes de Europa pudo ocurrir en distintos períodos históricos, aunque algunos autores creen que tuvo lugar especialmente en la época romana, a través de Persia, entre 2000 y 1000 a.C., en la que ya se conocían algunas variedades (Janick y Moore, 1975; Lombard, 1982; Aedo y Aldasoro, 1998). En la Odisea, escrita entre los años 900 y 800 a.C., Homero hace referencia a un gran huerto con perales y otros frutales (Dondini y Sansavini, 2012). Los primeros manuscritos en los que se habla del peral asiático datan de la época de la emperatriz Jito en Japón en el año 693 (Kajiura, 2002).

Ya en la Edad Media el cultivo del peral estaba ampliamente extendido por Europa Central y Occidental (Bell *et al.*, 1996). Francia fue el principal país productor durante los siglos XVI y XVII así como el más activo de esta época en el desarrollo de nuevas variedades. En el siglo XVIII Bélgica se convirtió en el centro más importante de cultivo y mejora de la especie, fundamentalmente debido al trabajo de los mejoradores Nicolás Hardenpont y Jean Baptiste Van Mons (Bell *et al.*, 1996) y de hecho algunas de las variedades obtenidas por mejoradores belgas ('Mantecosa Bosc', 'Mantecosa Anjou' o 'Winter Nellis') aún tienen cierta importancia en la actualidad. Durante el siglo XIX los ingleses se convirtieron en grandes expertos en dicha especie y de hecho dos de las variedades más importantes que se cultivan actualmente a nivel mundial,

‘William’s’ y ‘Conferencia’, fueron seleccionadas por mejoradores ingleses durante este siglo (Brooks y Olmo, 1997).

En España se pueden encontrar tres especies de *Pyrus* distribuidas de forma natural en todo el territorio, *P. spinosa*, *P. cordata* y *P. communis*. Aedo y Aldasoro (1998) también referencian la especie *P. bourgaeana* en la zona del oeste y centro de la Península Ibérica, aunque se trata de una especie muy similar a *P. communis*, de la que se diferencia por un menor tamaño de los pétalos. *P. spinosa* se puede encontrar desde el noreste de la Península Ibérica hasta la Península Balcánica, y oeste de Anatolia (Aedo y Aldasoro, 1998). *P. cordata* está presente en toda España incluida Galicia. *P. communis* se cultiva y se encuentra ocasionalmente asilvestrada en bordes de huertas y de caminos. Se puede encontrar por toda España y, dependiendo de la región, puede tener distintos nombres. En general, las especies silvestres de *Pyrus* se pueden encontrar en los bosques, montañas y planicies de España, sobre todo de Castilla, Aragón, Cataluña, Asturias y Galicia (Alonso de Herrera, 1818). Este género se puede encontrar en todo tipo de suelos, en orlas de abedular, hayedo, robledal, matorrales, orillas de huerta y de camino, o lugares despejados. De forma silvestre, solo consta que se encuentre en Álava, Gerona, Huesca y Palencia (Aedo y Aldasoro, 1998). Algunas variedades importantes, como ‘Blanquilla’ (sinónimo: ‘Agua de Aranjuez’) o ‘Castell’ fueron seleccionadas también durante los siglos XVIII y XIX.

1.1.3. Contexto económico

El peral es el tercer frutal de climas templados más importante a nivel mundial, después del manzano y la uva, con una producción total de 37,5 millones de toneladas en todo el planeta en 2014 (FAOSTAT). Los principales países productores son China, que produjo en 2014 un 69% de la pera mundial, seguida con diferencia por Estados Unidos, Italia y Argentina, con un 3% de la producción mundial respectivamente (Tabla 1.2).

PAIS	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
China	12.112.628	13.045.434	13.676.523	14.416.430	15.231.858	15.945.013	16.266.000	15.696.676
EEUU	762.970	799.180	789.110	868.357	738.085	876.086	778.582	716.001
Italia	910.428	835.700	770.100	872.368	736.646	926.542	645.540	668.726
Argentina	750.000	720.000	740.000	700.000	704.242	691.270	700.000	650.092
Turquía	317.750	356.281	355.476	384.244	380.003	386.382	439.656	415.643
España	593.858	551.848	538.677	463.969	476.686	502.434	400.600	383.130
Sudáfrica	324.023	345.737	345.087	340.088	368.495	350.527	338.584	308.883
India	257.791	282.042	306.078	308.487	336.049	334.774	340.000	306.000
Holanda	222.000	260.000	172.000	295.000	274.000	336.000	199.000	294.300
Bélgica	268.400	286.600	170.500	280.600	307.270	284.827	236.400	274.500

Tabla 1.2. Producción mundial en los principales países productores 2006-2013 en Toneladas (Fuente: WAPA).

La producción de la UE-28 ha oscilado alrededor de las 2.200.000 t anuales, con una superficie en retroceso continuado en las dos últimas décadas, especialmente en los dos principales países

productores europeos, Italia y España (Figura 1.4). Con un 11,5% de la producción mundial, el cultivo de peral en Europa se concentra fundamentalmente en 4 países: Italia (24%), España (14%), Bélgica (13%) y Holanda (12%) (informe WAPA 2003-2014).

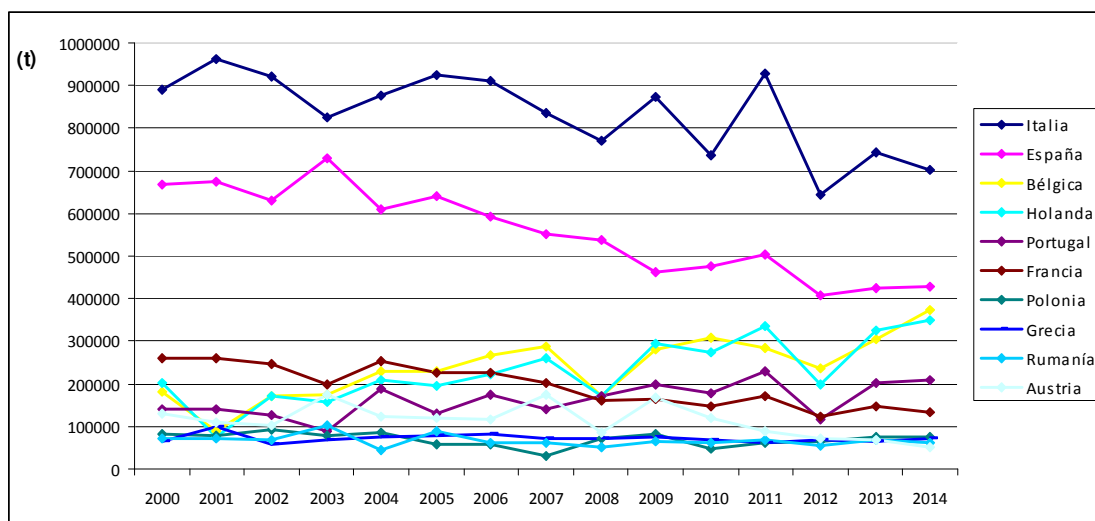


Figura 1.4. Evolución de la producción de pera de la UE-28 2000-2014 (FAOSTAT, 2016)

En España, el detrimento de la superficie dedicada a este cultivo en los últimos 20 años junto con el del manzano (Figuras 1.5 y 1.6), ha sido en favor de otros frutales de hueso, que requieren menos tecnificación y especialización que los frutales de pepita. Las principales zonas de cultivo de peral en España se concentran en el Valle del Ebro, en particular Cataluña, Aragón y Rioja-Navarra, que aportan el 80% de la producción (Figura 1.7).

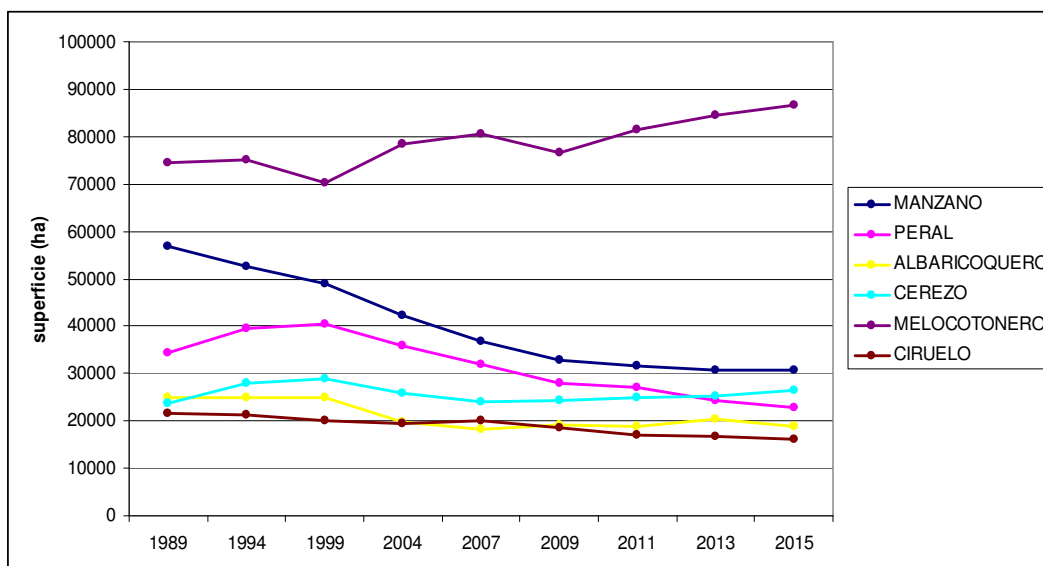


Figura 1.5. Evolución de las superficies de las principales especies de fruta dulce en España en las últimas décadas. (MAGRAMA, Anuario de Estadística Agraria, diversos años)

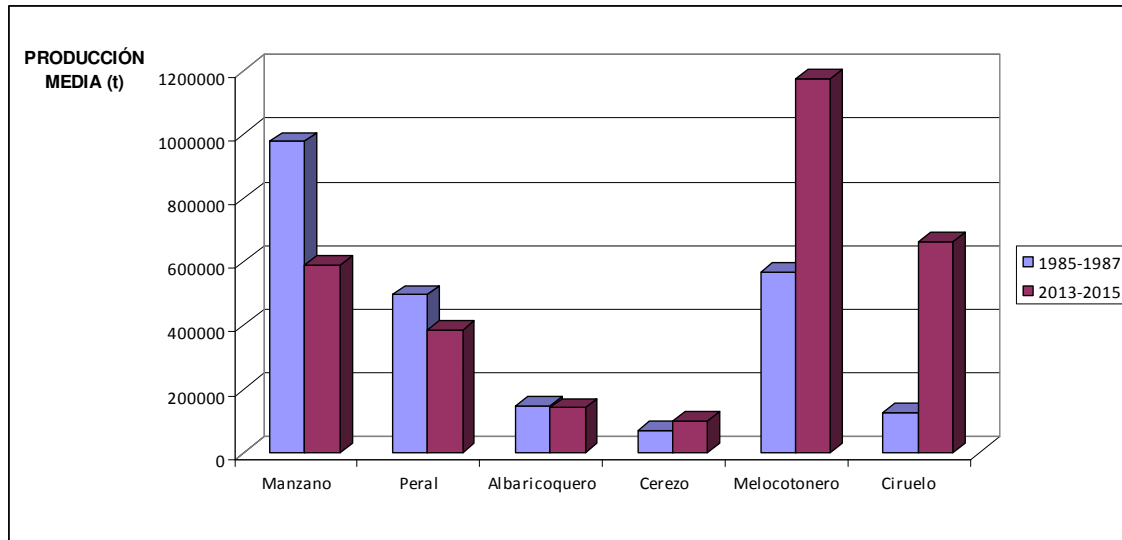


Figura 1.6. Evolución de las producciones de las principales especies de fruta dulce en España en los intervalos 1985-1987 y 2013-2015. (MAGRAMA, Anuario de Estadística Agraria, diversos años)

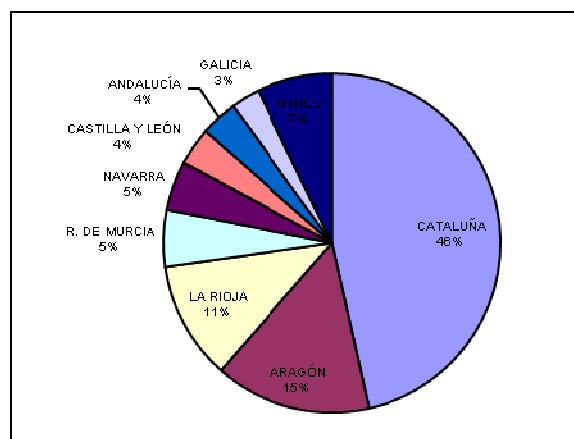


Figura 1.7. Superficie dedicada a peral en España, por Comunidades Autónomas. (MAGRAMA, 2015)

La superficie de peral en Aragón también se ha visto reducida drásticamente desde el año 2001, pasando de 10329 ha en dicho año a 3525 ha en 2014 (Anuario Estadístico de Aragón). Pese a estos datos, Aragón produce un 25% de la pera nacional, centrandó su producción fundamentalmente en las comarcas de Valdejalón, Calatayud y Bajo Cinca.

1.1.4. Distribución varietal

La situación varietal a nivel mundial se caracteriza por estar basada en un número muy reducido de variedades, que se han venido cultivando de forma tradicional en los últimos tres siglos (Iglesias, 2015). De hecho, la mayoría de las variedades de peral que se cultivan actualmente fueron seleccionadas a partir de los siglos XVII y XVIII por franceses, belgas e ingleses, y en España también fueron seleccionadas en esos siglos variedades tan extendidas como ‘Blanquilla’ (‘Agua de Aranjuez’) y ‘Castell’ (‘Pera de Agua’) (Brooks and Olmo., 1997).

Cada país se ha especializado en la producción de unas pocas variedades pero de importancia considerable. William’s es el cultivar más importante en muchos países, seguido de ‘Mantecosa Bosc’, ‘Conferencia’, ‘Pasa Crasana’ y ‘Decana de Comicio’ (Fisher, 2009). Italia se centra fundamentalmente en ‘Abate Fetel’, Bélgica y Holanda en ‘Conferencia’ y Francia en ‘Limonera’ y ‘William’s’.

En España, ‘Conferencia’ ha ido ganando cota desde su irrupción en los años 70, y ahora es la variedad más cultivada, seguida de ‘Blanquilla’, ‘Limonera’, ‘William’s’ y ‘Ercolini’ (Figura 1.8) (Iglesias, 2015). Estas 5 variedades suponen el 90% de la producción española de pera entre los años 2001 y 2011 (Urrestarazu, 2012).

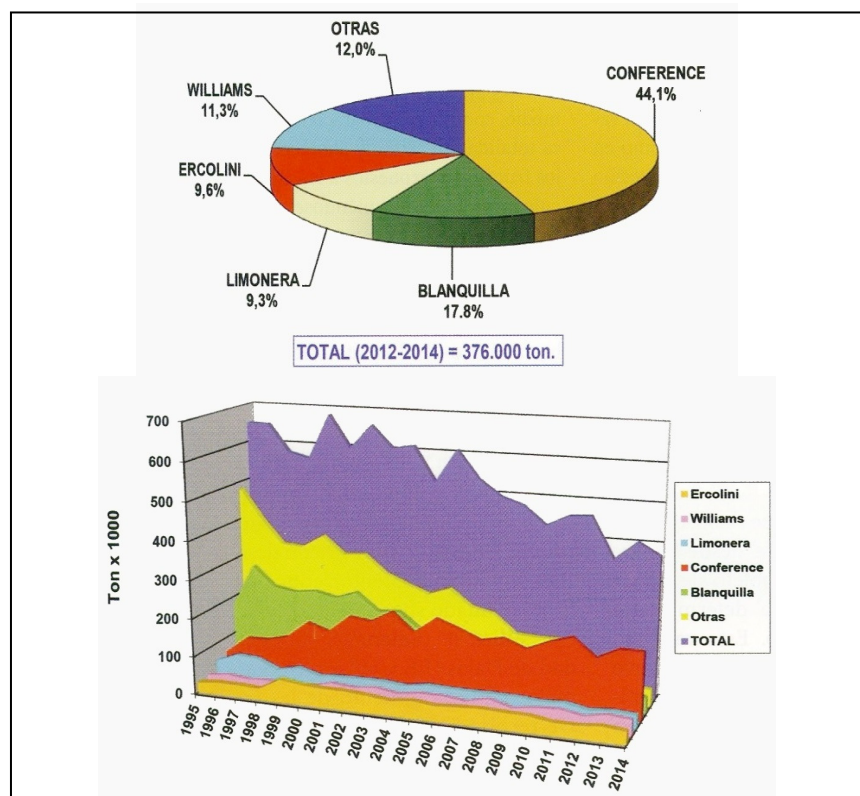


Figura 1.8. Distribución varietal de peral en España (Fuente: Iglesias *et al.*, 2015)

1.2. Los Recursos Fitogenéticos

Los Recursos Fitogenéticos para la alimentación y la agricultura constituyen las materias primas vegetales de que disponen las comunidades locales y los investigadores para aumentar la producción de alimentos, mejorar la calidad de éstos, y hacer frente a los desafíos futuros, como la necesidad de adaptar los cultivos a condiciones climáticas cambiantes o a nuevas enfermedades.

La erosión de estos recursos priva a la humanidad de medios potenciales para adaptar la agricultura a las nuevas condiciones socioeconómicas y ambientales, por lo que mantener la biodiversidad para la alimentación y la agricultura constituye una responsabilidad global.

A nivel mundial la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), supervisa el desarrollo del Plan de Acción Mundial sobre los Recursos Genéticos (aprobado en Leipzig en 1996) y el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (aprobado en Roma en 2004), y en el ámbito europeo el Instituto Internacional para los Recursos Fitogenéticos (IPGRI) gestiona el Programa Cooperativo Europeo de los Recursos Genéticos de los Cultivos (ECP/GR). En España, el Programa de Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos del MAPA se creó en 1993, con el fin de evitar la pérdida de la diversidad genética de las especies, variedades y ecotipos vegetales autóctonos y cultivares en desuso cuyo potencial genético fuese susceptible de ser empleado en los procesos de mejora de especies vegetales agroalimentarias, agroenergéticas, agroindustriales y ornamentales, además de evaluar y documentar dicho material para su potencial utilización en la mejora genética (Socias i Company, 1996)

La Conservación de los Recursos Fitogenéticos puede hacerse *in situ*, en el mismo lugar en que la variedad se ha originado, desarrollado, o vive de forma espontánea, o *ex situ*, fuera de los lugares en los que los cultivos se han desarrollado. Un banco de germoplasma o banco de semillas es un lugar destinado a la conservación *ex situ* de la diversidad genética de uno o varios cultivos y sus especies silvestres relacionadas (Ayerbe, 2005).

1.2.1. Caracterización de Recursos Fitogenéticos

Las colecciones de Recursos Fitogenéticos tienen que estar debidamente identificadas como un requisito imprescindible tanto para su mejor conservación y manejo, como para su utilización, ya sea directa, o a través de la inclusión en programas de investigación o mejora (De la Rosa, 2005).

Los descriptores que se consideran en la caracterización de las entradas se agrupan en datos de pasaporte, datos de caracterización y evaluación preliminar y datos de evaluación.

a) Los **datos de pasaporte** se recopilan en el momento de la recolección del material y/ o se completan posteriormente. Hacen referencia a identificadores geográficos (localidad, longitud, latitud y altitud) y ecológicos (propiedades físicas del ambiente, vegetación asociada, sistemas de uso de la tierra) del sitio de recolección.

b) Los **datos de caracterización y evaluación preliminar** permiten discriminar e identificar los fenotipos conservados. Generalmente son variables codificadas por alelos cuya expresión no es afectada por cambios ambientales. También se incluyen caracteres que aunque no cumplan estas condiciones son de interés general para los usuarios.

c) Los **descriptores de evaluación** son susceptibles a las diferencias ambientales pero son de interés para los usuarios de colecciones de germoplasma. La codificación genética de los caracteres que se evalúan es más compleja que la de los datos de caracterización.

Los trabajos de caracterización que se realizan en los centros responsables de colecciones de recursos genéticos atienden de forma mayoritaria a los descriptores de caracterización y evaluación preliminar.

1.2.2. Tipos de descriptores

Según Hidalgo (2003), los descriptores pueden ser cualitativos o cuantitativos, y dentro de estas categorías existen distintos subtipos (Figura 1.9).

Si se expresa en forma cualitativa, se pueden generar datos binarios (también llamados de doble estado), datos con secuencia (ordinales) y datos sin secuencia (nominales). Si se expresa en forma cuantitativa, los datos generados pueden ser discontinuos (llamados también discretos) y continuos. Las siguientes sugerencias ayudan en el registro práctico de los datos:

- Para los datos cualitativos de tipo binario, cada descriptor presenta dos estados (presente = 1, ausente = 0). Por ejemplo, presencia de flores blancas (1), ausencia de flores blancas (0).

- Para los datos cuantitativos de tipo ordinal o con secuencia, el descriptor se registra utilizando una serie de estados predefinidos; por ejemplo, para altura de la planta: 1 = corta (<0.5 m), 3 = intermedia (>0.5 <1.5 m), 5 = alta (>1.5 m).

- Para los datos cualitativos de tipo nominal o sin secuencia el descriptor se registra usando una serie de estados previamente definidos; por ejemplo, 1 = blanco, 2 = crema, 3 = amarillo.
- Para los datos cuantitativos de tipo continuo el descriptor se registra en unidades internacionales (SI) estándar, por ejemplo, altura de la planta = 0.9 m; peso de 100 semillas=250g.

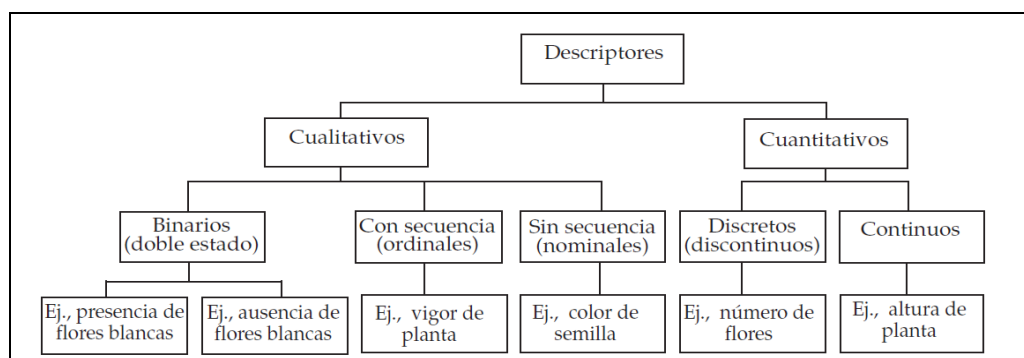


Figura 1.9. Tipos de descriptores en la caracterización de variedades.

1.3. Los Recursos Fitogenéticos de peral

Aunque se han descrito un total de 5000 cultivares de peral (Monte-Corvo *et al.*, 2001), los recursos conservados en los distintos repositorios de esta especie a nivel mundial se estiman en torno a 3000 accesiones ('Pear Varieties', Usapears.com).

El National Clonal Germplasm Repository (NCGR) del USDA-ARS en Corvallis, Oregón, mantiene la colección de *Pyrus communis* más grande del mundo. Actualmente conserva 2031 accesiones clonales del genero *Pyrus*, de las cuales 844 son de peral europeo, 144 de peral asiático, 87 cultivares híbridos y 159 accesiones de especies silvestres emparentadas (Postman, 2008).

En España, dentro del Programa para la Conservación y Utilización de los Recursos Genéticos Vegetales del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), se financian siete colecciones de peral (Tabla 1.3) con 1000 accesiones (Inventario Nacional del CRF, <http://wwwx.inia.es/inventarionacional>), siendo la colección del CITA la considerada de referencia nacional.

La colección de peral del CITA forma parte del Banco de Germoplasma de Frutales de este organismo, y tiene su origen en las prospecciones originales de material vegetal de Herrero *et al.* (1964), a la que se han incorporado accesiones procedentes de prospecciones y donaciones de

viveros, particulares, u otros Centros de Investigación, siendo la colección de referencia de germoplasma de peral en España y para la Oficina Española de Variedades Vegetales.

En la actualidad la colección comprende un total de 7 accesiones de *Pyrus pyrifolia* y 303 de *Pyrus communis*, de las cuales 247 son de origen Español, 77 de ellas procedentes de accesiones propias y las restantes 170 son duplicados de accesiones mantenidas en otras colecciones españolas.

ESP110	CITA (Aragón)	310
ESP119	CIAM (Galicia)	246
ESP172	CCBAT (Canarias)	215
ESP089	UdL (Cataluña)	170
ESP109	ITA (Castilla y León)	47
ESP197	UPNA (Navarra)	15
ESP214	Universidad de Sevilla (Andalucía)	1

Tabla 1.3. Número de accesiones de peral mantenidas en las colecciones españolas (Fuente: Inventario Nacional del CRF, <http://www.inia.es/inventarionacional/>)

1.4. Antecedentes

Existen muy escasos trabajos publicados sobre caracterización morfológica de frutales, frente a los publicados sobre caracterización molecular. Se han publicado trabajos de caracterización morfológica en albaricoquero (Badenes *et al.*, 1998; Asma y Ozturk, 2005), cerezo (Rodrigues *et al.*, 2008; Shahi-Gharahlar *et al.*, 2010), y manzano (Farina y Mossad, 2011; Höfer *et al.*, 2013; Al-Halabi y Muzher, 2015), encontrando en esta especie algunos trabajos que combinan caracterización morfológica y molecular (Pereira *et al.*, 2003; Federico *et al.*, 2008; Santesteban *et al.* 2009; Gasi *et al.*, 2010; Perez Romero *et al.*, 2015).

En peral, encontramos algún trabajo que combina ambos tipos de caracterización (Pereira *et al.*, 2012), pero el grueso de publicaciones sobre caracterización en peral se basa en la caracterización molecular, algunas de ellas centradas en colecciones españolas (Wünsch y Hormaza, 2007; Miranda *et al.* 2010; Ferreira *et al.*, 2011; Urrestarazu, 2012).

En el pasado se realizó la caracterización preliminar y agronómica de una parte de la colección de peral del CITA (Carrera, 2000), y se han realizado varios estudios moleculares con microsatélites (Wünsch y Hormaza, 2007, Espiau *et al.*, 2015).

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

En el presente estudio se pretende realizar una caracterización morfológica y fenotípica completa, centrada en las variedades locales en estado adulto, así como en las variedades de referencia de los descriptores de Bioversity internacional y UPOV.

Los objetivos concretos son:

- 1.- Realizar la caracterización morfológica y fenotípica del grupo de variedades españolas de peral del banco de germoplasma del CITA respecto a los caracteres de flor, hoja y fruto.
- 2.- Evaluar la variabilidad morfológica de las variedades españolas y destacar las principales diferencias respecto a las variedades de referencia internacionales.
- 3.- Agrupar las variedades en base a sus distancias morfológicas.

3. MATERIAL Y METODOS

3. MATERIAL Y METODOS

3.1. Material vegetal

En este trabajo se han estudiado morfológicamente las 34 variedades españolas presentes en estado adulto en la colección de peral del CITA, junto con 39 variedades de referencia, propuestas por los descriptores mencionados en el Apartado 3.2.

El listado de estas variedades, sinonimos y origen se muestra en la Tabla 3.1.

La colección en estudio está situada en la finca de Soto Lezcano del Campus de Aula Dei, a 220 m sobre el nivel del mar y con unas coordenadas de 41°38'50' N y 0°53'07' W.

Se mantienen 2-3 ejemplares por accesión, injertados sobre 'membrillero C' utilizando como intermediarios las variedades compatibles 'Decana de Comicio' o 'Mantecosa Hardy'.

Los árboles, en estado adulto, formados en eje central, están plantados a un marco de 5 x 2,5 metros en un suelo con un típico perfil Xerofluvial de textura arcillo arenosa, fertilidad media-baja, y bajo riesgo de inducción de clorosis por caliza activa.

El riego es por inundación, y el resto del mantenimiento de la parcela es similar al de una finca comercial.

3.2. Caracterización morfológica

La caracterización morfológica se realizó durante los años 2012 y 2013, en base a 50 descriptores (24 cuantitativos y 26 cualitativos) de flor, hoja y fruto, extraídos de los descriptores internacionales de Bioversity International IBPGR/82/57 y de UPOV TG/15/3 (Tabla 3.2).

3.2.1. Toma de datos

3.2.1.1. Datos de flor

Para cada accesión, las observaciones se realizaron de forma individual en 10 flores seleccionadas al azar de una muestra de mínimo 20 flores plenamente desarrolladas, al comienzo de la apertura de las anteras, tal y como describe el protocolo de UPOV TG/15/3 (2000).

Las observaciones fenológicas se realizaron sobre los 2-3 árboles presentes en la colección, y la metodología para la toma de cada carácter se describe a continuación:

VARIEDAD	SINÓNIMOS	ORIGEN DE LA ACCESIÓN
Abugo		donación Vivero
Abugo Nigüella		prospección Zaragoza
Agua de Agosto		prospección SERIDA (Asturias)
Agua de Aranjuez	Blanquilla	prospección EE Aula Dei
Agua de Aranjuez Precoz		clon de Agua de Aranjuez
Agua Temprana		prospección SERIDA (Asturias)
Azucar Verde		donación Vivero
Bergamota de Verano		donación Vivero
Buen Cristiano de Invierno		prospección SERIDA (Asturias)
Castell	de Agua	donación Vivero
Centopedia		prospección SERIDA (Asturias)
Ceremeño		prospección Lérida
Consejero de la C		prospección SERIDA (Asturias)
Don Guindo		donación Vivero
Duquesa Barreda		prospección SERIDA (Asturias)
Espadon de Agua		prospección ITG Navarra
F de los Bosques		prospección SERIDA (Asturias)
Flor de Invierno		prospección Lérida
Julio Guindon		prospección SERIDA (Asturias)
L-3.2.10		prospección ITG Navarra
L-3.2.9		prospección ITG Navarra
Limon de Verano		prospección SERIDA (Asturias)
Magallon	Leonardeta	prospección Aragon
Malacara		prospección Aragon
Mantecosa Duquesa		prospección Aragon
Morena de Oña		prospección Burgos
Pedro P		prospección Aragon
Piña de America		prospección SERIDA (Asturias)
Roma		prospección EE Aula Dei
Roma Monteagudo		prospección Navarra
Tendral de Aragon		prospección SERIDA (Asturias)
Tendral de Valencia		prospección Est. Frut. Logroño
Tocinera		prospección SERIDA (Asturias)
Verde de Verano		prospección SERIDA (Asturias)

VARIEDAD	ORIGEN y AÑO DE OBTENCIÓN	PARENTALES
Abate Fétel	Francia, 1876	<i>desconocido</i>
Alexandrine Douillard	Francia, 1850	<i>desconocido</i>
Aurora	USA, 1964	Marguerite Marillat x Williams
Bella de Junio	Italia	<i>desconocido</i>
Buena Luisa de Avranches	Francia, 1780	<i>desconocido</i>
Concorde	Reino Unido, 1995	Conferencia x Decana
Conferencia	Inglaterra, 1894	<i>desconocido</i>
Cura	Francia, 1760	<i>desconocido</i>
Decana de Comicio	Francia, 1849	<i>desconocido</i>
Decana de Invierno	Belgica, 1800	<i>desconocido</i>
Devoe	USA, 1947	<i>desconocido</i>
Epine du Mas	Francia	<i>desconocido</i>
Favorita de Clapp	USA, 1950	<i>desconocido</i>
General Lederc	Francia, 1950	Decana OP
Grand Champion	USA, 1936	mutacion de Gorham
Highland	usa, 1974	Williams x Decana
Hosui	Japon	<i>Pyrus pyrifolia</i>
Juana de Arco	Francia, 1893	Mantecosa Diel x Decana
Kieffer	USA, 1863	<i>Pyrus serotina</i> x Williams?
Lim onera	Francia, 1870	<i>desconocido</i>
Magness	usa, 1960	Seckel x Decana
Mantecosa Alexandre Lucas	Francia, 1871	<i>desconocido</i>
Mantecosa Anjou	Francia, siglo XIX	<i>desconocido</i>
Mantecosa Bosc	Francia/Belgica, 1800	<i>desconocido</i>
Mantecosa Giffard	Francia, 1825	<i>desconocido</i>
Mantecosa Hardy	Francia, 1820	<i>desconocido</i>
Max Red Bartlett	USA, 1938	mutación de Williams
Monsallard	Francia, 1815	<i>desconocido</i>
Nouveau Poiteau	Francia, 1827	<i>desconocido</i>
Packham's Triumph	Australia, 1896	Bella Angevina x Williams
Pasa Crasana	Francia, 1855	<i>desconocido</i>
Pierre Corneille	Francia, 1849	Mantecosa Diel x Decana
Precoz de Trevoux	Francia, 1862	<i>desconocido</i>
President Drouard	Francia, 1876	Mantecosa Napoleon OP
Santa María Morettini	Italia, 1951	Williams x Ercolini
Sierra	Canada, 1969	Bartlett x Marguerite Marillard
Starckrimson	USA, 1939	mutacion de Favorita de Clapp
Triunfo de Viena	Francia, 1874	<i>desconocido</i>
William's	Reino Unido, siglo XVIII	<i>desconocido</i>

Tabla 3.1. Origen de las variedades estudiadas, españolas (arriba) e internacionales (abajo)

Nº de carácter	Organo	Nombre del carácter	Fuente	Tipo de carácter
1	Flor	Inicio de la floración	BI 6.2.1; UPOV64	qn
2	Flor	Duración de la floración	BI 6.2.2	qn
3	Flor	Situación de la yema floral	UPOV 26	ql
4	Flor	Longitud de la yema floral	UPOV 27	qn
5	Flor	Longitud del sépalo	UPOV 28	qn
6	Flor	Porte de los sépalos en relación con la corola	UPOV 29	ql
7	Flor	Posición de los bordes de los pétalos	UPOV 30	ql
8	Flor	Posición del estigma en relación con los estambres	UPOV 31	ql
9	Flor	Tamaño del pétalo	UPOV 32	qn
10	Flor	Forma del pétalo	UPOV 33	qn
11	Flor	Forma de la base del pétalo	UPOV 34	ql
12	Flor	Longitud de la uña del pétalo	UPOV 35	qn
13	Hoja	Longitud del limbo	UPOV 14	qn
14	Hoja	Anchura del limbo	UPOV 15	qn
15	Hoja	Relación l/a del limbo	UPOV 16	qn
16	Hoja	Forma de la base del limbo	UPOV 17	ql
17	Hoja	Forma del ápice del limbo	UPOV 18	ql
18	Hoja	Longitud del ápice del limbo	UPOV 19	qn
19	Hoja	Incisiones del borde del limbo	UPOV 20	ql
20	Hoja	Profundidad de las incisiones del borde	UPOV 21	ql
21	Hoja	Curvatura del eje del limbo	UPOV 22	ql
22	Hoja	Longitud del peciolo	UPOV 23	qn
23	Hoja	Presencia de estípulas	UPOV 24	ql
24	Hoja	Distancia de las estípulas a la base del peciolo	UPOV 25	qn
25	Fruto	Fecha de maduración	BI 4.2.1; UPOV 65	qn
26	Fruto	Persistencia del cáliz	BI 4.2.4	ql
27	Fruto	Posición de los sépalos	UPOV 55	ql
28	Fruto	Tamaño	BI 6.2.8; UPOV 41	qn
29	Fruto	Atractivo	BI 6.2.9	ql
30	Fruto	Curvatura del pedúnculo	UPOV 52	ql
31	Fruto	Porte del pedúnculo	UPOV 53	ql
32	Fruto	Color de fondo de la piel	BI 6.2.12	ql
33	Fruto	Color de la chapa	BI 6.2.13	ql
34	Fruto	Porcentaje de ocupación de la chapa	UPOV 45	qn
35	Fruto	Russetting calicino	UPOV 47	qn
36	Fruto	Russetting medio	UPOV 48	qn
37	Fruto	Russetting peduncular	UPOV 49	qn
38	Fruto	Relieve del ojo	UPOV 59	ql
39	Fruto	Firmeza	BI 6.2.21; UPOV 61	qn
40	Fruto	Relación longitud/diámetro	UPOV 39	qn
41	Fruto	Posición del diámetro máximo	UPOV 40	qn
42	Fruto	Perfil de las caras	UPOV 43	ql
43	Fruto	Forma	BI 6.2.10	ql
44	Fruto	Calidad organoléptica	BI 6.2.18	ql
45	Fruto	Jugosidad	UPOV 62	ql
46	Fruto	Textura	BI 6.2.22	ql
47	Fruto	Células granulosas	BI 6.2.23	ql
48	Fruto	Número de lóculos	BI 4.2.3	qn
49	Fruto	Solidos Solubles		qn
50	Fruto	Acidez		qn

Tabla 3.2. Caracteres estudiados, órgano al que pertenecen, origen de los mismos (UPOV o Bioversity International (BI), y tipo de carácter (cuantitativo (qn) o cualitativo (ql)).

Carácter 1. Inicio de la floración

Fecha de inicio del estado fenológico F, según los estados fenológicos del peral de Fleckinger (1948) (Figura 3.1), expresada en días julianos..

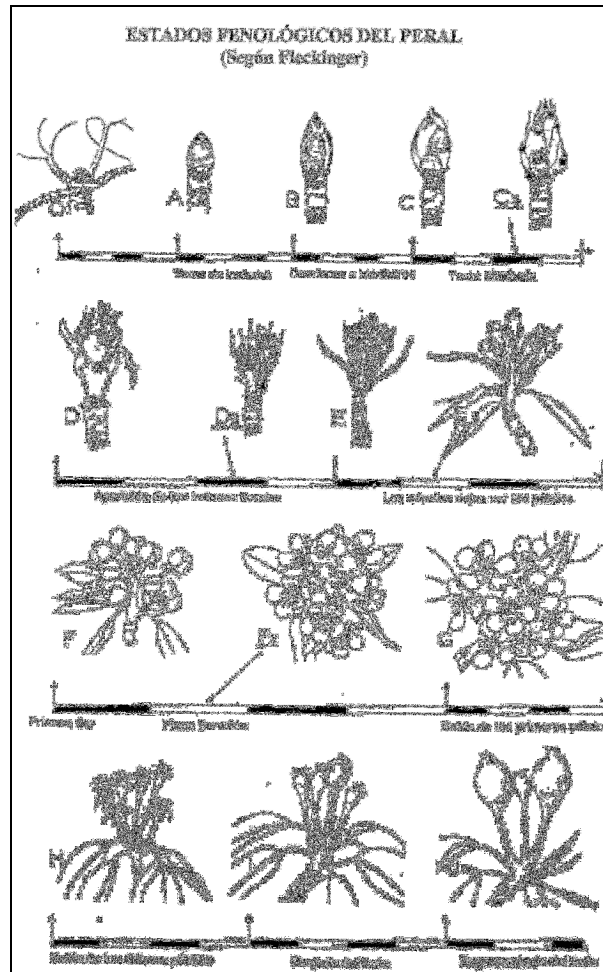


Figura 3.1. Estados fenológicos del peral según Fleckinger (1948).

Carácter 2. Duración de la floración

Diferencia en días entre los inicios de los estados fenológicos G y F según Fleckinger (1948) (Figura 3.1).

Carácter 3. Situación de la yema floral

Observación visual en campo de la situación de la mayor parte de las yemas florales y asignación de un valor, 1 o 2, según las clases definidas en el carácter nº 26 de los descriptores de la UPOV (Figura 3.2)

- 1 Principalmente en lamburdas
- 2 Principalmente en ramas largas



Figura 3.2. Tipos de situación de la yema floral.

Carácter 4. Longitud de la yema floral

Medición de la yema floral en estado fenológico E2 (Fleckinger, 1948), en milímetros, desde el engrosamiento del cáliz hasta la terminación de los pétalos (Figura 3.3). Las mediciones se realizaron en imágenes de yemas escaneadas, utilizando el programa informático libre 'ImageJ' (Rasband, 1997-2017).

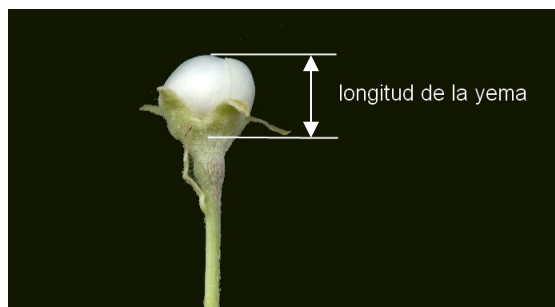


Figura 3.3. Medición de la longitud de la yema floral.

Carácter 5. Longitud del sépalo

Medición con pie de rey de un sépalo por flor de cada muestra de 10 flores frescas, en milímetros (Figura 3.4).



Figura 3.4. Medición de la longitud de los sépalos de la flor.

Carácter 6. Porte de los sépalos en relación con la corola

Observación visual de los sépalos de la flor en fresco, y asignación de un valor del 1 al 3, según las clases establecidas en el carácter nº 29 de los descriptores de la UPOV (Figura 3.5).

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1.	alineado	Président Drouard
2.	rastrero	Decana de Comicio, Pitmaston Duchesse d'Angoulême
3.	recurvado	Mantecosa Anjou, Mantecosa Giffard



Figura 3.5. Distintos portes de los sépalos en relación con la corola.

Carácter 7. Posición de los bordes de los pétalos

Observación visual de 10 flores frescas de peral, y asignación de un valor del 1 al 3, según las clases definidas en el carácter nº 30 de los descriptores de la UPOV (Figura 3.6).

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1.	libres	Mantecosa Bosc, Pasa Crasana
2.	tocándose	Decana de Comicio, Juana de Arco
3.	solapándose	Conferencia, Limonera



Figura 3.6. Diferentes posiciones de los bordes de los pétalos.

Carácter 8. Posición del estigma en relación con los estambres

Observación visual de la posición del estigma respecto de los estambres en la flor fresca, asignándole un valor del 1 al 3, según las clases establecidas en el carácter nº 31 de los descriptores de la UPOV (Figura 3.7).

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1.	por encima	Bergamota Esperen, Juana de Arco
2.	al mismo nivel	Alexandrine Doulliard, Mantecosa Hardy
3.	por debajo	Mantecosa de Amanlis, Mantecosa Giffard



Figura 3.7 Diferentes posiciones del estigma en relación con los estambres.

Carácter 9. Tamaño del pétalo

Producto de la anchura por la longitud (en milímetros) de un pétalo. Se realiza en cada uno de los pétalos de la muestra de 10 flores,. Las mediciones se realizaron en pétalos escaneados, utilizando el programa ImageJ .

Carácter 10. Forma del pétalo (excluida la uña)

Relación longitud/anchura (excluyendo la uña) (Figura 3.8) de un pétalo por cada flor de la muestra de 10 flores. Las mediciones se realizaron en pétalos escaneados, utilizando el programa ImageJ (Rasband, 1997-2017).

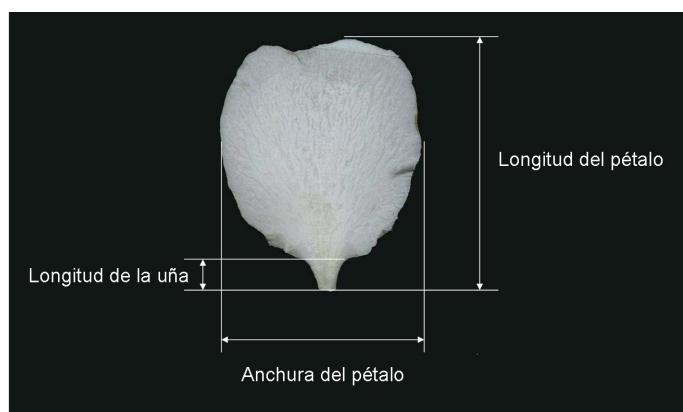


Figura 3.8 Mediciones realizadas en el pétalo.

Carácter 11. Forma de la base del pétalo

Observación visual de la base de un pétalo por flor de la muestra de 10 flores. Las observaciones se realizaron sobre la imagen de los pétalos escaneados, y se les asignó un valor del 1 al 4 según las clases establecidas en el carácter nº 34 de los descriptores de la UPOV (Figura 3.9).

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1.	cuneiforme	Mantecosa Bosc, Mantecosa Hardy
2.	redondeada	Condesa de Paris, Decana de Invierno
3.	truncada	Mantecosa Diel, Precoz de Trevoux
4.	cordiforme	Delfrap



Figura 3.9 Diferentes formas de la base del pétalo.

Carácter 12. Longitud de la uña del pétalo

Medición de la longitud de la uña del pétalo, siendo ésta la terminación del pétalo en la zona de inserción con la corola, y considerando el final de la misma en la línea que une los puntos de inflexión entre las partes cóncava y convexa de las caras del pétalo (Figura 3.8). Las mediciones se realizaron sobre imagen escaneada de las yemas, con el programa ImageJ (Rasband, 1997-2017).

3.2.1.2. Datos de hoja

Para cada accesión, las observaciones se realizaron de forma individual en 10 hojas seleccionadas al azar de una muestra de un mínimo de 20 hojas completamente desarrolladas del tercio medio de un tallo bien desarrollado del año en crecimiento, tomadas en verano, tal y como describe el protocolo de UPOV (2000).

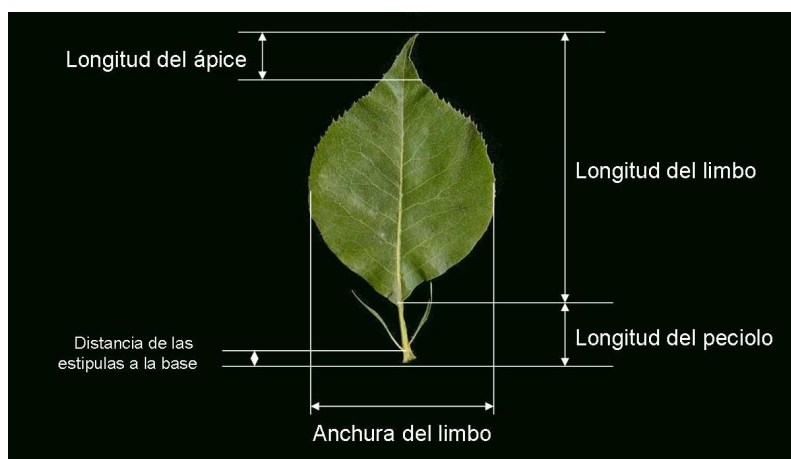


Figura 3.10. Mediciones realizadas en la hoja.

La metodología para la toma de cada carácter, se describe a continuación:

Carácter 13. Longitud del limbo

Medición de la longitud del limbo sobre imagen escaneada de hoja (Figura 3.10), realizada con el programa ImageJ (Rasband, 1997-2017).

Carácter 14. Anchura del limbo

Medición de la anchura del limbo sobre imagen escaneada de hoja (Figura 3.10), realizada con el programa ImageJ (Rasband, 1997-2017).

Carácter 15. Relación longitud/anchura del limbo

Resultado de la división de la longitud por la anchura de cada una de las hojas de la muestra.

Carácter 16. Forma de la base del limbo

Observación de la forma de inserción del limbo con el pedúnculo, y clasificación del 1 al 5 según el carácter 17 de los descriptores UPOV (Figura 3.11).

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	aguda	Mantecosa Giffard
2	en ángulo recto	Santa María Morettini, Grand Champion
3	obtusa	General Leclerc
4	truncada	Decana de Comicio
5	cordiforme	Président Drouard

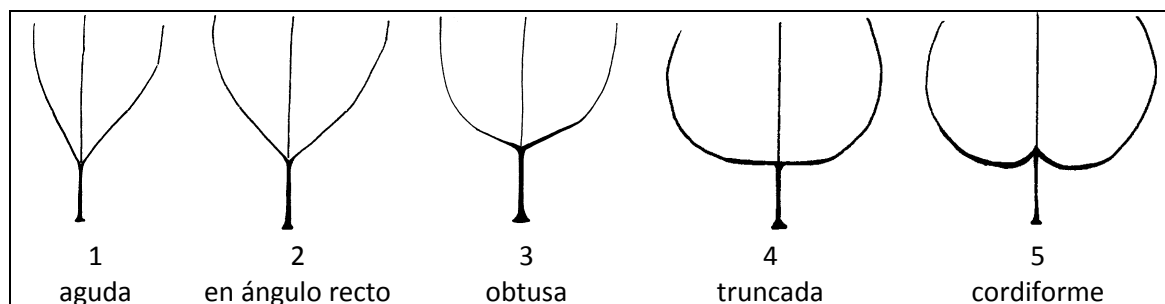


Figura 3.11. Diferentes formas de la base del limbo. Fuente: UPOV (2000)

Carácter 17. Forma del ápice del limbo (excluyendo la punta)

Observación de la forma del ápice, y asignación de un valor del 1 al 4 según las clases establecidas en el carácter 18 de los descriptores UPOV (Figura 3.12).

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	aguda	Conferencia
2	en ángulo recto	William's
3	obtusa	Beurré Clairgeau
4	redondeada	Cura, Pitmaston Duchesse d'Angoulême

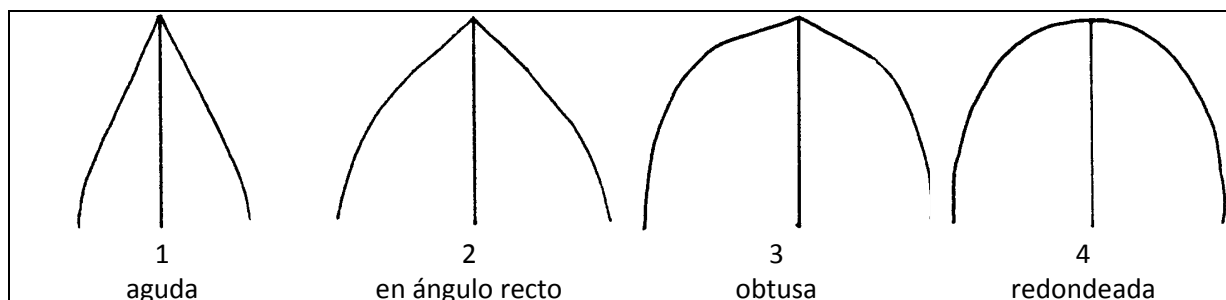


Figura 3.12. Diferentes formas del ápice del limbo. Fuente: UPOV (2000)

Carácter 18. Longitud del ápice del limbo

Medición de la longitud del ápice, desde el punto de inflexión en la curvatura del limbo hasta la punta del mismo (Figura 3.10), en milímetros. Las mediciones se realizaron sobre la imagen escaneada de las hojas, con el programa ImageJ.

Carácter 19. Incisiones del borde del limbo (mitad superior)

Observación de las incisiones del borde de la hoja, y clasificación del 1 al 4 según los valores establecidos en el carácter 20 de los descriptores UPOV (Figura 3.13).

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	ausente	Mantecosa Giffard
2	crenadas	Mantecosa de Amanlis
3	aserradas obtusas	Alexandrine Douillard
4	aserradas agudas	General Leclerc

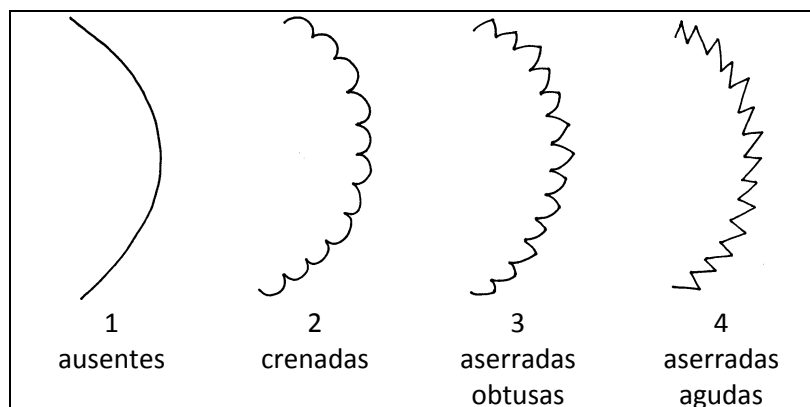


Figura 3.13. Tipos de incisiones del borde del limbo. UPOV (2000)

Carácter 20. Profundidad de las incisiones del borde del limbo

Observación de la profundidad de las incisiones del borde, y clasificación del 1 al 9 según las clases establecidas en el carácter 21 de UPOV.

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
3	poco profunda	Precoz de Trevoux, William's
5	media	Mantecosa Diel, Oliver de Serres
7	profunda	Pitmaston Duchesse d'Angoulême

Carácter 21. Curvatura del eje del limbo

Observación de la curvatura del eje longitudinal, y clasificación del 1 al 9 según las clases establecidas en el carácter 22 de UPOV (Figura 3.14).

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
3	débil	Precoz de Trévoux
5	media	Mantecosa Giffard, Epinedu Mas
7	fuerte	Condesa de Paris, Decana de Alencon



Figura 3.14. Tipos de curvatura del eje longitudinal del limbo

Carácter 22. Longitud del peciolo

Medición de la longitud del peciolo, en milímetros. Las mediciones se realizaron sobre imágenes escaneadas de las hojas, con el programa ImageJ (Rasband, 1997-2017).

Carácter 23. Presencia de estípulas

Observación de la presencia o ausencia de estípulas, y clasificación según el carácter 24 de UPOV:

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	ausentes	Monsallard
9	presentes	Decana de Comicio

Carácter 24. Distancia de las estípulas a la base del peciolo

Medición de la distancia entre las estípulas y la inserción basal del peciolo, en milímetros, sobre imagen escaneada de las hojas, mediante el programa ImageJ (Rasband, 1997-2017).

3.2.1.3. Datos de fruto

Para cada accesión, las observaciones se realizaron de forma individual en 10 frutos seleccionados de una muestra de un mínimo de 20 frutos en su punto de madurez para consumo, tal y como describe el protocolo de UPOV (2000).

Carácter 25. Fecha de maduración.

Maduración óptima de la accesión, expresada en días julianos transcurridos desde el 1 de enero.

Carácter 26. Persistencia del cáliz

Observación del extremo calicino del fruto maduro, y anotación de la presencia o ausencia de cáliz, según el carácter 4.2.4 de Bioversity Internacional.

- + Persistente
- 0 Ausente

Carácter 27. Posición de los sépalos

Observación de la posición de los sépalos en el fruto, y asignación de un valor del 1 al 3 según el descriptor 55 de UPOV (Figura 3.15):

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	convergentes	Mantecosa Alexander Lucas, Le Lectier
2	erectos	Conferencia, Pasa Crasana
3	divergentes	Condesa de Paris, Cura

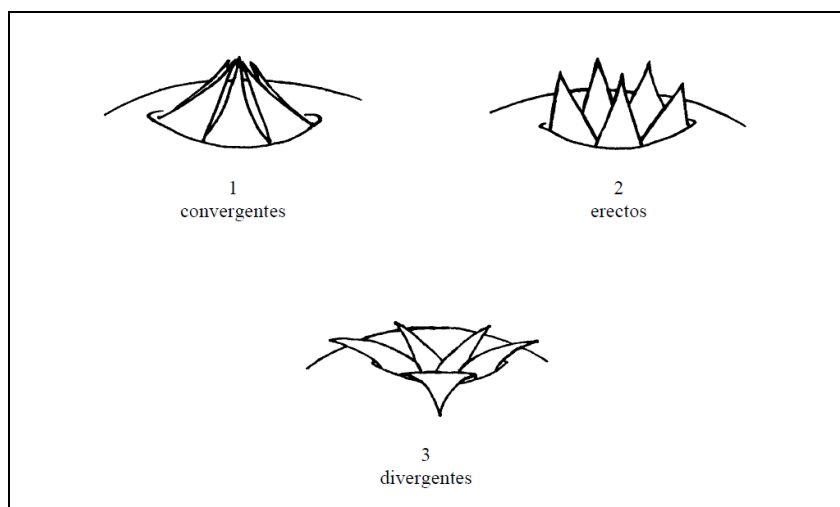


Figura 3.15. Diferentes posiciones de los sépalos en el fruto maduro. UPOV (2000)

Carácter 28. Tamaño del fruto

Expresado mediante el peso medio del fruto obtenido en una muestra de 10 frutos, en gramos.

Carácter 29. Atractivo del fruto

Observación del fruto y asignación de una nota del 1 al 9 en función de la apreciación subjetiva del observador, siendo 1 extremadamente pobre y 9 extremadamente atractivo.

Carácter 30. Curvatura del pedúnculo

Observación de la curvatura del pedúnculo, y establecimiento de un valor del 1 al 9, según el carácter 52 de UPOV:

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	ausente o muy débil	Président Drouard
3	débil	Cura
5	media	Conferencia
7	fuerte	Mantecosa Bosc

Carácter 31. Porte del pedunculo (en relación con el eje del fruto)

Observación del ángulo del pedunculo respecto al eje del fruto, y asignación de un valor del 1 al 3 según el carácter 53 de UPOV.

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	recto	Bonne de Beugny, Decana de Julio
2	oblicuo	Mantecosa Clairgeau, Decana de Comicio
3	en ángulo recto	Abate Fetel, Margarete Marillat

Carácter 32. Color de fondo de la piel

Observación del color de fondo de la piel, y asignación de un valor del 1 al 7 según el descriptor 6.2.12 de Bioversity Internacional.

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	Rojo	Favorita de Clapp
3	Amarillo	Pasa Crasana, William's
5	Amarillo-verdoso	Conferencia, Moonglow
7	Verde	Anjou

Carácter 33. Color de la chapa

Observación de la tonalidad de color de la chapa, y asignación de un valor del 1 al 7 según el descriptor 3.2.13 de Bioversity Internacional.

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	Prácticamente ausente	Moonglow
3	Rosa	William's
5	Rojo brillante	Favorita de Clapp, Devoe
7	Rojo oscuro	Max Red Bartlett

Carácter 34. Porcentaje de ocupación de la chapa

Estimación visual del porcentaje de la superficie del fruto ocupada por la chapa. Se estima el porcentaje de la superficie ocupada por la chapa en cada uno de los 10 frutos de la muestra y después se obtiene la media.

Caracter 35. Porcentaje de rusetting en la zona calicina.

Estimación visual del porcentaje de la superficie del fruto cubierta de rusetting en la zona calicina. Se estima el porcentaje de la superficie cubierta de ruseting en la zona calicina en cada uno de los 10 frutos de la muestra y después se obtiene la media.

Caracter 36. Porcentaje de rusetting en la zona media del fruto

Estimación visual del porcentaje de la superficie del fruto cubierta de rusetting en la zona media del fruto. Se estima el porcentaje de la superficie cubierta de ruseting en la zona media en cada uno de los 10 frutos de la muestra y después se obtiene la media.

Caracter 37. Porcentaje de rusetting en la zona peduncular.

Estimación visual del porcentaje de la superficie del fruto cubierta de rusetting en la zona peduncular del fruto. Se estima el porcentaje de la superficie cubierta de ruseting en la zona peduncular en cada uno de los 10 frutos de la muestra y después se obtiene la media.

Caracter 38. Relieve del ojo.

Observación visual del relieve en torno al ojo (extremo calicino) y asignación de un valor del 1 al 3 según el carácter 59 de UPOV.

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	liso	Pasa Crasana, Président Drouard
2	ligeramente acanalado	Alexandrine Douillard, William's
3	con protuberancias irregulares	Mantecosa Clairgeau, Le Lectier

Carácter 39. Firmeza

Medida de la firmeza en Kg/cm² del fruto con penetrómetro SETOP Penefel automatique. Media de la firmeza obtenida en 10 frutos con 1 medición por fruto en la zona media..

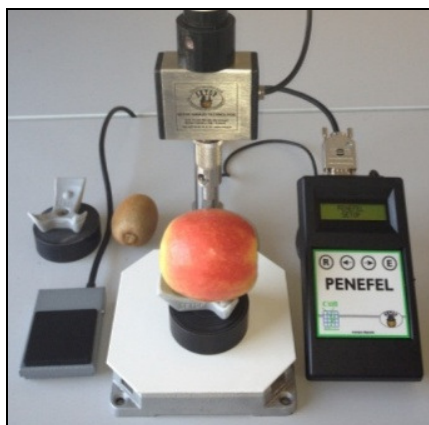


Figura 3.16. Penetrómetro digital utilizado.

Caracter 40. Relación longitud/diámetro máximo

Relación longitud/diámetro máximo del fruto. Las mediciones de longitud y diámetro se realizan con el programa ImageJ (Rasband, 1997-2017) sobre 10 imágenes escaneadas de frutos.

Carácter 41. Posición del diámetro máximo.

Observación de la posición del diámetro máximo del fruto respecto del eje longitudinal del fruto, y asignación de un valor del 1 al 3, según el descriptor 40 de UPOV.

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	Hacia el medio	Bergamota Esperen
3	Hacia el cáliz	Mantecosa Alexander Lucas, Decana

Caracter 42. Perfil de las caras

Observación del perfil del fruto, y asignación de un valor del 1 al 3, según el descriptor 43 de UPOV (Figura 3.17):

Clase	nivel de expresión	variedades de referencia
1	cóncavo	Abate Fetel, Mantecosa Bosc
2	recto	Mantecosa Giffard
3	convexo	Decana de Invierno, Olivier de Serres

Carácter 43. Forma del fruto

Estimación de la forma del fruto en función de la relación entre la longitud y el diámetro máximo del fruto (l/d), de la posición del diámetro máximo y del perfil. Asignación de un valor numérico en función de la interpretación de la Figura 3.18.

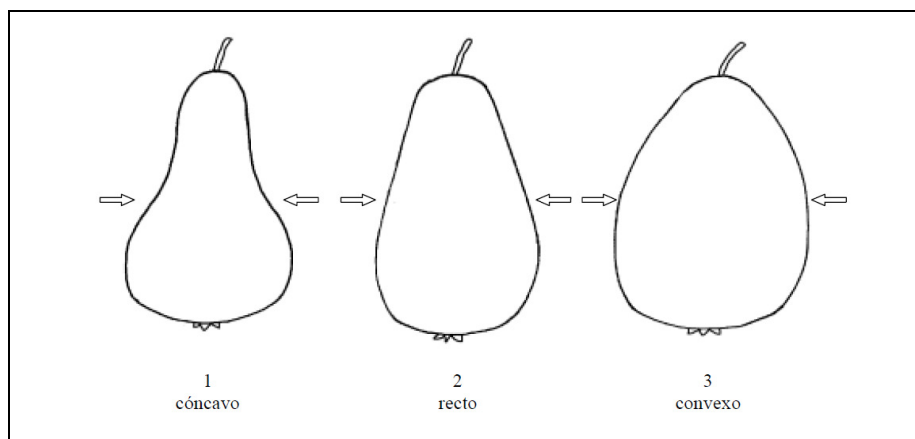


Figura 3.17. Clases de perfil de las caras del fruto (UPOV, 2000)

Fruit length max. diameter	Relative position of the maximum diameter					
	Towards the middle		Towards the eye		Towards the middle	
very short < 1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
short 1.1-1.25	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
intermediate 1.26-1.50	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6
elongate 1.51-1.80	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6
very elongate >1.80	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6
Profile	concave		straight		convex	

Figura 3.18. Forma del fruto en función de la relación l/a, el perfil, y la posición relativa del diámetro máximo (Thibault *et al*, 1983).

Carácter 44. Calidad organoléptica

Apreciación sensorial de la calidad organoléptica del fruto en función de su sabor, acidez, dulzor, aroma y astringencia, y asignación de una nota del 1 al 9, siendo 1, extremadamente pobre, y 9, extremadamente buena.

Caracter 45. Jugosidad del fruto.

Estimación sensorial de la jugosidad del fruto al masticar un trozo de pulpa, y asignación de una nota del 1 al 9, siendo 1, muy seca, y 9, muy jugosa.

Carácter 46. Textura

Valoración sensorial de la textura del fruto al morder y masticar un trozo de pulpa, y asignación de una nota del 1 al 9, según el carácter 6.2.22 de Bioversity Internacional.

1	Extremadamente aspera	Old Home
3	Aspera	Pitmaston Duchess, Kieffer
5	Intermedia	Anjou
7	Fina	Pasa Crasana, William's
9	Extremadamente fina	Decana de Comicio, Aurora

Caracter 47. Cantidad de células granulosas

Valoración sensorial de la cantidad de células granulosas en la pulpa, y estimación de una nota del 1 al 9 según el descriptor 6.2.23 de Bioversity Internacional:

3	Baja	Ananas de Courtrai, William's
5	Intermedia	Mantecosa Bosc
7	Alta	Kieffer, Old Home

Carácter 48. Número de lóculos

Conteo del número de lóculos en el fruto, mediante corte transversal del mismo (Figura 3.19), según el descriptor 4.2.3. de Bioversity Internacional.

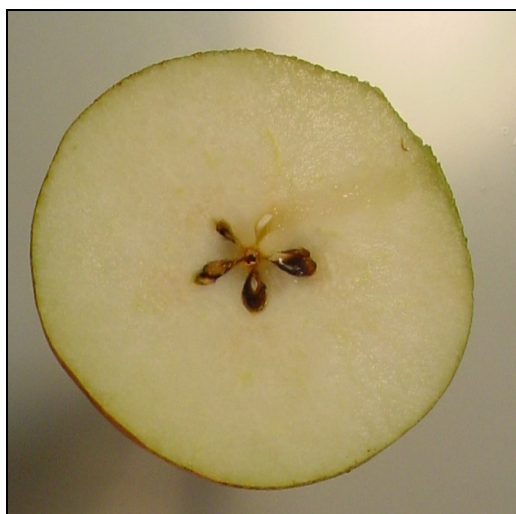


Figura 3.19. Corte transversal de fruto con 5 lóculos

Carácter 49. Solidos Solubles

Medición de los Solidos Solubles del zumo de 10 frutos, en °Brix, utilizando refractómetro digital ATAGO Pocket Refractometer Pal-1 (Figura 3.20).



Figura 3.20. Refractómetro digital utilizado (Imagen de www.Atago.net).

Caracter 50. Acidez

Medición de la acidez valorada del zumo de 10 frutos, utilizando un valorador digital Metrohm 785 DMP tritino.



Figura 3.21. Valorador digital utilizado (Imagen de www.metrohm.com).

3.3. Documentación gráfica

Se tomaron fotografías e imágenes de escáner de hojas, flores y frutos para completar la caracterización.

Las fotografías se realizaron con cámara digital SONY ALPHA DSLR A 100 y las imágenes escaneadas se obtuvieron con un escaner EPSON Perfection V700 PHOTO. Posteriormente estas imágenes, escaneadas a 150 pixels/pulgada, se utilizaron para realizar las mediciones necesarias en cada uno de los órganos estudiados.

3.4. Análisis estadístico

Se elaboró la matriz básica de datos (MBD), mostrando las variedades en las filas y los caracteres en las columnas, con los datos medios de los dos años para los datos cuantitativos, y la moda de los dos años para los cualitativos.

Esta MBD sirvió como punto de partida para el análisis de los datos.

El análisis estadístico se realizó de forma separada para los datos fenológicos, cualitativos y cuantitativos.

3.4.1. Caracteres cuantitativos

3.4.1.1. Estadística descriptiva

Con el objeto de estimar y describir el comportamiento de los dos grupos de variedades (españolas e internacionales) en relación con cada carácter, se realizó el estudio de estadística descriptiva de los datos cuantitativos, incluidos los datos fenológicos, calculando el promedio, la media aritmética, el rango de variación, la desviación estándar, y el coeficiente de variación mediante el paquete estadístico IBM SPSS Statistics (IBM Corp. Released 2010. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0. Armonk, NY: IBM Corp.).

3.4.1.2. Comparación de medias

Se realizó la comparación de medias entre el grupo de variedades españolas y el de internacionales mediante la prueba *T* para muestras independientes, en la que rechazamos la hipótesis de igualdad de medias cuando el nivel crítico bilateral (Sig.) fue menor que 0.05.

3.4.1.3. Matriz de correlación

Se realizó la matriz de correlación simple entre las variables cuantitativas, con el programa Microsoft Excel, considerando significativos los valores absolutos de $r > 0,5$.

3.4.1.4. Analisis de componentes principales

Se realizó el análisis de componentes principales con el programa SPSS.

3.4.1.5. Conversión de los datos cuantitativos en cualitativos

Los datos cuantitativos se transformaron en datos cualitativos siguiendo el método propuesto para caracterización fenotípica de manzano por Miranda *et al.* (2017), basado en el propuesto por Santesteban *et al.* (2009), que consiste en el establecimiento de nuevos intervalos de clase a partir de los datos y medidas numéricas, de tal modo que las diferencias entre una clase y otra sean siempre más amplias que las diferencias medias dentro de cada accesión.

El número de niveles de expresión o clases dentro de un descriptor se determinó de acuerdo a el rango de valores del carácter en el conjunto de accesiones y a la variabilidad medida dentro de cada accesión inter e intra anual (or tanto, un rango más amplio y una menor variabilidad dentro de las accesiones resultó en un mayor número de clases).

La unidad de discriminación (UD) utilizada para el cálculo de los rangos de valores de cada nivel de expresión, se calculó de la siguiente forma:

$$UD = Rg_{pob} + SD_{pob}$$

Siendo:

Rg_{pob} el rango medio entre las accesiones en las que $Rg_a < Rg_{max}$

SD_{pob} la desviación estándar de las accesiones con $Rg_a < Rg_{max}$

$RG_{max} = RG_m + SD_m$

Rg_a es el rango intra accesión (diferencia entre el valor máximo y el mínimo para cada accesión)

RG_m es el valor promedio de Rg_a en el conjunto de accesiones

SD_m es la desviación estandar para Rg_a .

Una vez calculada la UD, se calculó la clase central situando la mediana en el centro ($Perc_{50} \pm UD/2$), y para el resto de clases se sumó y restó la UD respecto de la clase central hasta alcanzar los valores máximo y mínimo para dicho carácter, respectivamente.

3.4.2. Caracteres cualitativos

Para el análisis de los caracteres cualitativos, se analizaron las frecuencias para las clases de cada carácter en cada uno de los grupos de variedades (españolas, internacionales y totales).

Estas frecuencias se expresaron como el porcentaje de variedades de cada grupo que pertenece a cada una de las clases de un carácter.

Se realizó la prueba χ^2 para determinar la existencia de diferencias significativas entre las frecuencias de los dos grupos de variedades para los niveles de expresión de cada carácter cualitativo.

3.4.3. Matriz binaria y análisis de conglomerados

Se construyó una matriz binaria como paso previo a la matriz de distancias para formar el dendograma, a partir del conjunto de todos los datos, cualitativos y cuantitativos, con estos últimos transformados a clases, , tal como se ha explicado en el Apartado 3.4.2.5.

Todas las clases se tradujeron a datos binarios para cada uno de los niveles de expresión de un mismo carácter, donde 1 o 0 indicaban la presencia o ausencia de dicho nivel de expresión en aquél carácter (Kaufman y Rousseeuw, 2009).

Las relaciones fenotípicas entre las accesiones se calcularon por el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) aplicado sobre la matriz de datos binarios.

Los resultados de este análisis se presentaron en forma de dendograma, construido a partir de la matriz de similaridad. Para ello se utilizó el programa NTSYSpc 2.11 (Rohlf, 1993).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La gran cantidad de datos fenológicos y morfológicos recogida en este estudio ha servido para caracterizar el material, realizar el presente estudio sobre los datos, y para alimentar la base de datos del Banco de Germoplasma de Frutales del CITA para futuros estudios, análisis, relación de datos fenotípicos y genéticos, etc.

4.1. Datos fenológicos

La información fenológica recogida en este trabajo corresponde a dos ciclos productivos consecutivos. Cabe decir que cuantos más años de información se añadan a un estudio de estas características, mayor veracidad tendrán estos datos, ya que la interacción de los datos climáticos con la expresión de los caracteres fenológicos es bien conocida (Fleckinger, 1954; Tabuenca, 1968; Chmielewski *et al.*, 2004, Socias i Company *et al.*, 2005).

No obstante, el estudio de dos años es el mínimo suficiente para la UPOV para el examen técnico de las nuevas variedades en cuanto a la Distinción, Homogeneidad y Estabilidad de sus caracteres (UPOV, TG/15/3).

Los resultados de la época de floración, duración de la misma y época de maduración, no obstante, se han comparado con datos históricos de las variedades más antiguas de la colección, así como monografías sobre peral (Morettini *et al.*, 1967; Nicotra *et al.*, 1979; Carrera, 2000) habiéndose obtenido datos comparables con los mismos.

A diferencia de otras especies frutales, como el almendro, cuyos periodos de floración pueden extenderse incluso varios meses desde el comienzo de las variedades más tempranas a las más tardías, el manzano y el peral suelen mostrar floraciones más compactas y más agrupadas en el tiempo, por lo que la influencia de los cambios climáticos durante la floración tendrá un efecto menor en el caso de estas especies que en aquella.

Los datos fenológicos medios de los dos años de estudio para cada variedad se muestran en la Tabla 4.1.

CLON	ACCESION	GRUPO	IF	DF	FM
6001	Abate Fetel	INT	86	13	264
6008	Abugo	ESP	87	11	162
6144	Abugo Nigüella	ESP	91	11	236
6167	Agua de Agosto	ESP	88	12	188
6005	Agua de Aranjuez	ESP	81	13	236
6143	Agua de Aranjuez precoz	ESP	87	9,5	228
6168	Agua Temprana	ESP	86	11,5	173
6011	Alexandrine Douillard	INT	88	12,5	262
6014	Aurora	INT	93	12,5	222
6085	Azucar verde	ESP	89	13,5	243
6078	Bella de Junio	INT	91	11,5	176
6086	Bergamota de verano	ESP	87	12	198
6169	Buen Cristiano de Invierno	ESP	87	14,5	279
6015	Buena Luisa de Avranches	INT	90	11	261
6092	Castell	ESP	87	10	176
6170	Centopedia	ESP	89	13	229
6145	Ceremeño	ESP	87	12	173
6089	Concorde	INT	97	9,5	258
6010	Conferencia	INT	93	12	249
6171	Consejero de la C	ESP	87	13,5	237
6020	Cura	INT	89	12	283
6026	Decana de Comicio	INT	95	8,5	270
6306	Decana de Invierno	INT	83	17	294
6090	Devoe	INT	87	16	237
6025	Don Guindo	ESP	85	12	221
6172	Duquesa Barreda	ESP	84	14	219
6029	Epine du Mas	INT	89	12	263
6153	Espadon de Agua	ESP	87	14,5	260
6173	F de los Bosques	ESP	91	13	258
6031	Favorita de Clapp	INT	93	11,5	210
6032	Flor de Invierno	ESP	88	14	279
6002	General Leclerc	INT	91	12	228
6003	Grand champion	INT	99	14	240
6075	Highland	INT	92	11,5	258
6034	Hosui	INT	82	12	227
6035	Juana de Arco	INT	93	11,5	277
6174	Julio Guindon	ESP	93	11	247
6122	Kieffer	INT	85	9	271
6163	L-3.2.10	ESP	90	9	272
6162	L-3.2.9	ESP	92	12	239
6175	Limon de Verano	ESP	85	10	220
6091	Limonera	INT	91	11	213
6182	Magallon	ESP	83	12	191
6040	Magness	INT	87	11,5	236
6180	Malacara	ESP	86	9	198
6007	Mantecosa Alexander Lucas	INT	90	12,5	234
6012	Mantecosa Anjou	INT	86	16,5	258
6041	Mantecosa Bosc	INT	93	12,5	265
6152	Mantecosa Duquesa	ESP	91	13,5	231
6042	Mantecosa Giffard	INT	91	11,5	187
6004	Mantecosa Hardy	INT	89	12	238
6059	Max Red Bartlett	INT	91	15	250
6047	Monsallard	INT	83	14	218
6146	Morena de Oña	ESP	92	11,5	236
6051	Nouveau Poiteau	INT	95	15	275
6054	Packam's Triumph	INT	89	12	266
6006	Pasacrassana	INT	90	12,5	282
6297	Pedro P	ESP	85	13	286
6055	Pierre Corneille	INT	86	12	249
6176	Piña de America	ESP	86	13	188
6057	Precoz de Trevoux	INT	90	12,5	214
6082	President Drouard	INT	87	13	264
6061	Roma	ESP	84	12,5	286
6296	Roma Monteagudo	ESP	83	12,5	271
6062	Santa Maria Morettini	INT	89	11	218
6064	Sierra	INT	89	13	271
6067	Starkcrimson	INT	85	24,5	221
6177	Tendral de Aragon	ESP	88	13	222
6069	Tendral de Valencia	ESP	89	12,5	219
6178	Tocinera	ESP	89	10,5	207
6070	Triunfo de Viena	INT	95	9,5	245
6179	Verde de Verano	ESP	85	14	194
6009	William's	INT	93	10,5	234

Tabla 4.1. Datos fenológicos (IF: inicio de la floración (días julianos), DF: duración de la floración (días), FM: fecha de maduración (días julianos)).

4.1.1. Inicio y duración de la floración

El conjunto de variedades estudiadas iniciaron su floración en un espacio de tiempo de 18 días desde el comienzo de la variedad más temprana, ‘Agua de Aranjuez’ (21-marzo) hasta la más tardía, ‘Grand Champion’ (8-abril), teniendo en cuenta los valores medios de los dos años de este estudio. Las variedades locales tendieron a iniciar la floración en época más temprana que las internacionales (Figura 4.1), con una diferencia entre las medias de ambos grupos de 2 días, que resultó significativa en la comparación de medias (Sig.<0,05) (Tabla 4.2).

Las variedades frutales adaptadas a zonas frías presentan mayores necesidades de frío invernal como mecanismo adaptativo para minimizar los daños por heladas primaverales. De ahí el hecho de que la fecha media de floración de las variedades españolas de este estudio sea significativamente más temprana que las variedades internacionales, que, exceptuando las variedades italianas, proceden de latitudes más altas y por tanto más frías. De hecho, la variedad que resultó más tardía en época de floración, Grand Champion, tiene su origen en Oregon, Estados Unidos (Brooks and Olmo, 1997). Encontramos casos similares en otras especies frutales, como es el caso de las variedades rusas de almendro como fuente de genes de floración tardía para la mejora genética de esta especie (Alonso Segura *et al.*, 2017).

En nuestro caso, la duración de la floración osciló entre 9 días de valor mínimo para ‘Decana de Comicio’ y 25 días de valor máximo para ‘Starkcrimson’, expresada en valores medios para los dos años de estudio (Tabla 4.2). No obstante, no se mostraron diferencias significativas en las duraciones medias de floración de las variedades locales e internacionales.

El dato de duración de floración de 25 días para la variedad ‘Starkcrimson’, que difiere considerablemente del resto de variedades, merece ser contrastado en observaciones futuras.

carácter	unidad	grupo	n	max	min	r	\bar{x}	sd	CV%	Sig.
Inicio floración	días julianos	ESP	34	93	81	12	87	2,72	3,13	0,003
		INT	39	99	82	17	90	3,82	4,26	0,002
		TOTAL	73	99	81	18	88	3,55	4,02	
Duración floración	días	ESP	34	15	9	6	12	1,51	12,43	0,398
		INT	39	25	9	16	13	2,69	21,37	0,382
		TOTAL	73	25	9	16	12	2,22	17,90	

Tabla 4.2. Estudio estadístico de los caracteres ‘inicio de la floración’ y ‘duración de la floración’. Valores en negrita muestran diferencias significativas (sig.>0,05). n: número de variedades, máx.: valor máximo, min: valor mínimo, r: rango, x: promedio, sd: desviación estándar, (ESP: variedades españolas, INT: variedades internacionales, TOTAL: conjunto de todas las variedades).

4.1.2. Fecha de maduración

La época de maduración (media de los dos años de estudio) se extendió desde el 10 de junio, con la maduración de la variedad española 'Abugo', hasta el 20 de octubre, con la de la variedad internacional 'Decana de Invierno' (Figura 4.2), fechas similares a las mostradas en las monografías de peral más relevantes (Nicotra *et al.* 1979; Morettini *et al.*, 1967; Herrero, 1968).

El abanico de maduración resultó muy amplio para ambos grupos, ya que las variedades españolas maduraron entre el 10 de junio y el 13 de octubre, y las internacionales lo hicieron entre el 25 de junio y el 20 de octubre. No obstante, las medias de las fechas de maduración de las variedades españolas fueron significativamente diferentes a las de las internacionales según la prueba *T* (Tabla 4.3) observándose una tendencia a maduraciones más tempranas en las variedades españolas, con una diferencia de 20 días entre la fecha media de maduración de las españolas y la de las internacionales (Tabla 4.3). De hecho, las variedades más tempranas del conjunto en estudio fueron españolas ('Abugo', 'Agua Temprana' y 'Ceremeño'), y la diferencia entre la maduración de 'Abugo' y la variedad internacional más temprana, 'Bella de Junio', fue de 14 días.

El hecho de que la selección en las variedades españolas haya tendido a maduraciones más tempranas parece ser debido a la presión selectiva del hombre, lo cual se ha corroborado en estudios morfológicos (Pereira *et al.*, 2012), así como a la presión climática, debido al hecho de que los climas más cálidos favorecen la precocidad en la maduración (Westwood, 1982, citando a Lombard *et al.* 1971).

Existen diferencias en la fecha de maduración de la variedad 'Consejero de la C' con las publicadas en la Cartografía de Frutales de Herrero (1964), lo que nos hace sospechar que puede tratarse de un error en la nomenclatura de la accesión de nuestra colección.

carácter	unidad	grupo	n	max	min	r	\bar{x}	sd	CV%	Sig.
Fecha de maduración	días julianos	ESP	34	286	162	124	226	35,17	15,53	0,009
		INT	39	294	176	118	246	26,76	10,89	0,011
		TOTAL	73	294	162	132	237	32,03	13,53	

Tabla 4.3. Estudio estadístico del carácter 'fecha de maduración' (días julianos). Valores promedio en negrita muestran diferencias significativas (sig.>0,05). n: número de variedades, máx.: valor máximo, min: valor mínimo, r: rango, x: promedio, sd: desviación estándar, (ESP: variedades españolas, INT: variedades internacionales, TOTAL: conjunto de todas las variedades).

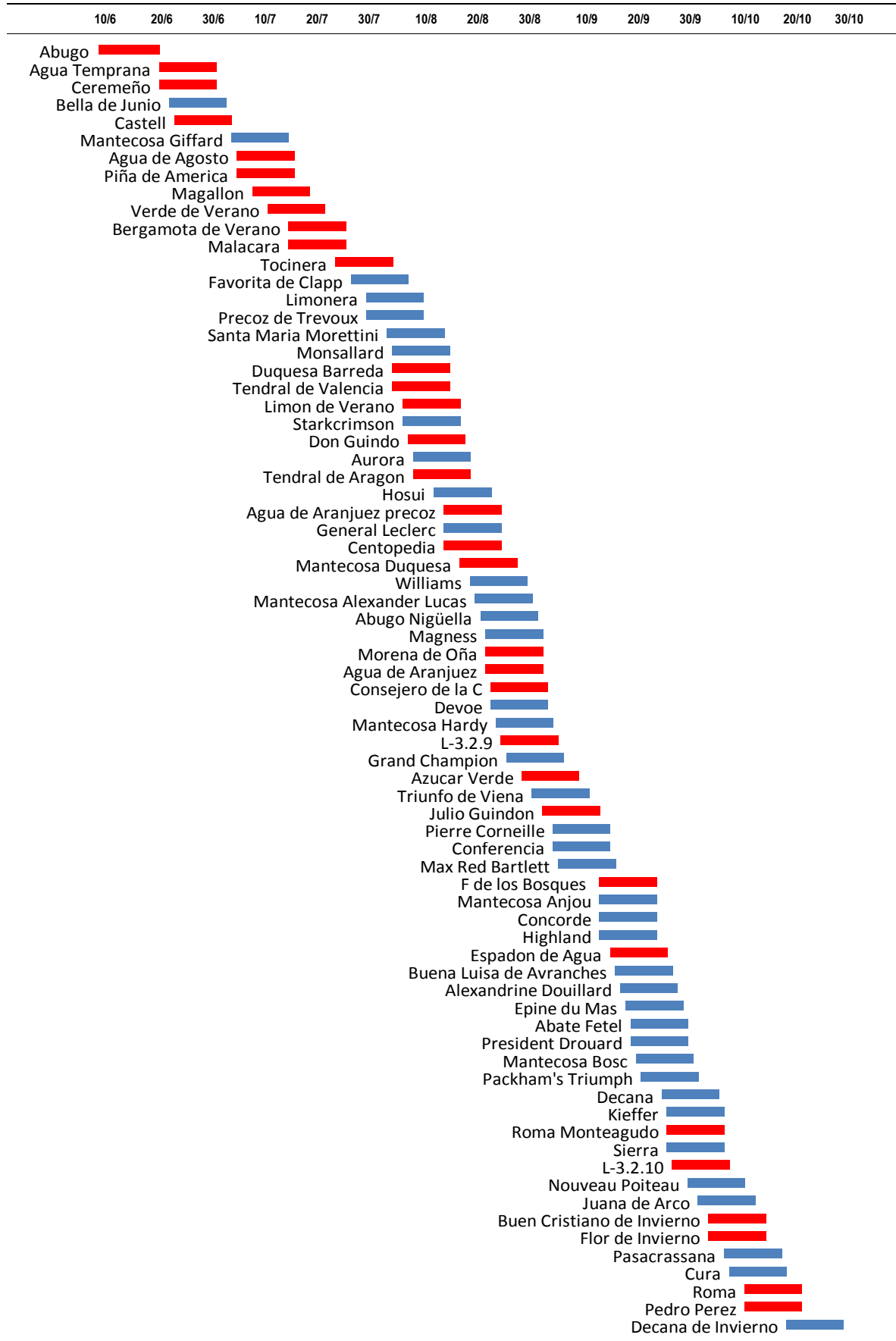


Figura 4.2. Época de maduración de las variedades en estudio (variedades españolas en rojo, internacionales en azul).

4.2. Datos cuantitativos

Los datos cuantitativos medios de los dos años de estudio para cada variedad se muestran en la Tabla 4.4., siendo:

LY	longitud de la yema floral (mm)
LS	longitud del sépalo (mm)
TP	tamaño del pétalo (longitud (mm) x anchura (mm))
FP	forma del pétalo (longitud (mm)/anchura (mm))
LU	longitud de la uña del pétalo (mm).
LL	longitud del limbo (mm)
AL	anchura del limbo (mm)
LL/AL	relación longitud/anchura del limbo
LA	longitud del ápice (mm)
LP	longitud del peciolo (mm)
DE	distancia de las estipulas a la base del peciolo (mm)
TF	tamaño de fruto (gr)
%C	% de ocupación de la chapa (%)
RC	russeting calicino (%)
RM	russeting medio (%)
RP	russeting peduncular (%)
F	firmeza (Kg/cm ²)
LF/DF	Relación Longitud del fruto/Diámetro máximo del fruto
NL	número de lóculos
SS	contenido en azúcares (°Brix)
A	acidez (meq/ml)

CLON	ACCESION	GRUPO	LY	LS	TP	FP	LU	LL	AL	LL/AL	LA	LP	DE	TF	%C	RC	RM	RP	F	LF/DF	NL	SS	A
6001	Abate Fetel	INT	9,43	7,49	194,78	1,03	2,79	44,72	31,17	1,45	4,61	24,13	0,00	258,33	8	30	11	98	6,29	1,69	4,80	17,93	62,12
6008	Abugo	ESP	8,27	5,07	216,11	1,05	1,48	53,02	46,07	1,16	5,41	30,97	1,12	5,83	0	0	0	0	6,15	0,90	4,80	15,50	86,13
6144	Abugo Nigüella	ESP	7,83	5,77	135,99	0,74	1,56	59,13	41,87	1,38	6,86	25,76	0,00	107,87	0	0	0	0	5,63	1,08	4,70	19,00	70,98
6167	Agua de Agosto	ESP	9,16	5,26	189,45	0,99	2,23	68,59	42,85	1,60	6,93	23,68	0,00	90,76	27	0	0	0	6,78	1,15	5,00	19,50	132,80
6005	Agua de Aranjuez	ESP	10,81	5,33	143,55	0,94	1,65	60,54	53,15	1,12	2,92	23,85	0,00	192,61	9	5	0	0	3,34	1,22	4,82	15,83	66,56
6143	Agua de Aranjuez precoz	ESP	11,15	5,74	211,48	0,93	2,36	72,37	61,85	1,13	4,08	28,55	0,00	267,66	28	17	9	20	3,92	1,18	4,91	15,97	79,72
6168	Agua Temprana	ESP	9,69	7,23	256,24	0,95	2,31	62,44	49,18	1,25	7,40	22,44	0,00	68,44	9	0	0	0	4,70	0,98	5,40	15,30	108,30
6011	Alexandrine Douillard	INT	9,65	6,98	219,91	0,90	2,10	61,86	38,30	1,62	9,62	23,39	0,00	189,52	18	17	1	28	6,42	1,27	4,82	17,20	62,54
6014	Aurora	INT	8,53	6,55	135,86	0,81	1,21	47,17	34,79	1,40	2,62	31,07	0,00	246,59	15	97	52	98	7,18	1,15	4,95	15,90	64,31
6085	Azucar verde	ESP	7,18	5,63	133,14	0,82	1,45	49,71	46,53	1,04	5,67	14,22	0,91	118,75	5	0	1	0	7,26	1,11	4,70	15,70	57,32
6078	Bella de Junio	INT	10,78	6,55	173,15	1,01	1,87	59,66	46,49	1,31	2,97	28,81	0,89	38,61	51	0	0	0	4,63	1,41	5,00	12,05	44,24
6086	Bergamota de verano	ESP	10,35	4,57	156,01	1,26	0,97	56,78	43,23	1,27	4,18	16,49	0,79	59,53	0	0	0	31	6,40	0,90	5,00	15,40	30,42
6169	Buen Cristiano de Invierno	ESP	9,82	6,35	124,46	1,07	1,82	64,22	36,61	1,78	8,06	15,53	0,68	144,65	46	0	0	0	6,24	1,41	4,95	19,95	72,62
6015	Buena Luisa de Avranches	INT	7,84	7,48	184,90	0,84	1,72	62,13	35,44	1,68	4,74	18,96	0,82	205,00	29	10	3	0	3,60	1,21	5,00	17,80	64,74
6092	Castell	ESP	9,97	5,60	177,24	0,94	1,28	73,42	57,07	1,25	5,17	39,55	0,00	46,78	10	0	0	0	7,24	0,96	5,16	17,55	53,73
6170	Centopedia	ESP	9,37	5,77	165,59	1,07	2,32	62,86	42,58	1,47	3,12	37,39	0,00	119,97	5	21	0	26	6,25	1,16	5,00	19,57	106,69
6145	Ceremeño	ESP	9,46	6,29	156,52	0,92	1,72	54,85	48,84	1,15	7,29	40,04	0,24	14,36	0	0	0	0	5,90	1,03	5,00	14,37	80,89
6089	Concorde	INT	10,93	6,67	231,43	1,07	1,64	57,20	46,42	1,31	5,05	22,48	1,09	236,12	0	14	7	3	3,20	1,35	4,17	13,15	32,60
6010	Conferencia	INT	10,29	6,18	192,58	0,95	1,83	72,74	49,54	1,47	7,07	38,82	0,00	161,72	0	45	23	5	4,16	1,33	5,00	16,30	60,18
6171	Consejero de la C	ESP	9,39	6,81	225,70	0,94	2,58	61,60	38,99	1,59	5,28	20,02	1,34	167,47	10	20	4	30	9,63	1,02	4,85	16,07	77,36
6020	Cura	INT	8,73	8,17	232,85	0,91	1,62	54,05	53,30	1,02	4,68	19,99	0,00	218,07	0	26	7	0	5,81	0,99	4,90	18,10	99,82
6026	Decana de Comicio	INT	9,64	6,05	202,12	1,02	1,40	59,66	40,42	1,56	4,62	22,47	0,70	284,00	15	83	11	59	4,36	0,97	4,91	17,57	78,65
6306	Decana de Invierno	INT	10,03	4,52	163,63	1,00	1,43	52,03	36,56	1,37	2,32	40,97	0,00	133,16	4	6	1	0	8,48	0,90	4,90	16,55	56,51
6090	Devoe	INT	10,05	8,38	230,05	0,76	2,69	55,36	33,56	1,64	2,59	30,98	0,00	147,20	42	0	1	0	4,05	1,37	5,36	17,07	73,25
6025	Don Guindo	ESP	11,15	6,95	338,91	0,88	1,77	69,59	70,63	1,03	7,82	18,04	1,27	252,05	11	0	0	0	3,23	1,12	4,90	16,23	45,52
6172	Duquesa Barreda	ESP	9,09	7,97	217,16	0,88	1,57	67,40	37,55	1,82	5,36	16,76	0,76	126,55	5	0	1	0	3,99	0,97	5,00	15,10	64,60
6029	Epine du Mas	INT	9,77	6,90	153,01	1,07	2,10	56,98	31,86	1,82	5,71	12,89	2,28	128,20	13	0	0	0	6,39	1,06	5,00	16,95	67,54
6153	Espadon de Agua	ESP	10,27	7,56	249,08	0,93	2,21	64,84	44,93	1,49	6,31	23,39	0,74	268,68	3	8	8	36	6,16	1,34	4,90	14,60	41,18
6173	F de los Bosques	ESP	10,01	6,48	209,99	1,01	2,36	71,42	43,35	1,64	6,78	32,51	0,00	207,31	52	0	1	0	7,55	0,96	4,90	17,50	70,38
6031	Favorita de Clapp	INT	10,12	6,90	185,39	0,82	2,32	81,05	46,39	1,69	5,61	34,48	1,23	186,33	30	0	2	0	7,50	1,08	4,70	13,40	72,37
6032	Flor de Invierno	ESP	10,05	7,26	164,15	1,24	2,26	68,69	41,76	1,70	7,71	24,11	1,53	287,12	8	3	0	0	4,46	0,82	5,00	15,73	62,11
6002	General Leclerc	INT	9,80	6,03	157,96	0,95	1,89	63,54	47,08	1,36	8,83	18,63	2,19	196,40	8	55	82	69	6,07	1,04	5,00	16,93	95,01
6003	Grand champion	INT	9,79	5,89	169,46	1,02	2,05	57,33	44,32	1,31	3,92	27,40	1,82	207,64	4	100	100	100	7,45	1,02	5,00	16,17	90,26
6075	Highland	INT	9,29	6,29	160,88	0,98	1,46	43,31	38,86	1,15	2,11	17,96	0,00	175,57	6	35	6	2	5,59	1,05	4,85	15,03	47,18
6034	Hosui	INT	11,00	5,36	267,84	0,98	0,50	92,60	57,55	1,53	8,72	33,00	0,00	180,47	0	100	100	100	3,77	0,89	5,10	11,95	45,22
6035	Juana de Arco	INT	9,82	6,79	178,69	1,06	1,64	54,81	39,42	1,42	3,15	23,90	0,00	236,76	0	4	1	0	4,76	0,99	4,82	18,03	76,87

(continúa en página siguiente)

CLON	ACCESION	GRUPO	LY	LS	TP	FP	LU	LL	AL	LL/AL	LA	LP	DE	TF	%C	RC	RM	RP	F	LF/DF	NL	SS	A
6174	Julio Guindon	ESP	9,55	6,27	177,79	0,90	1,75	66,95	44,27	1,52	4,50	32,02	0,00	251,05	14	28	13	4	6,93	1,32	5,00	18,43	66,90
6122	Kieffer	INT	8,13	6,91	201,04	0,91	0,80	79,39	59,79	1,37	9,97	23,18	1,12	443,34	2	33	8	9	4,76	1,13	5,00	13,35	83,19
6163	L-3.2.10	ESP	12,14	7,57	288,94	1,00	1,44	69,58	59,90	1,16	12,02	21,10	2,77	387,82	9	5	0	3	8,21	0,93	5,10	14,20	81,76
6162	L-3.2.9	ESP	10,10	5,38	200,13	1,00	1,68	59,48	35,46	1,67	5,48	22,52	1,90	192,04	0	51	6	21	7,14	1,16	4,83	13,73	60,27
6175	Limon de Verano	ESP	11,03	6,54	215,60	0,91	1,33	63,95	41,79	1,60	5,52	21,92	1,08	141,61	8	0	0	0	2,89	0,94	5,00	15,70	59,24
6091	Limonera	INT	10,41	6,44	149,49	1,01	1,23	54,19	38,18	1,37	3,62	22,52	0,00	253,99	10	0	0	0	7,44	1,39	5,00	12,60	63,87
6182	Magallon	ESP	8,14	6,33	147,61	0,97	1,69	55,08	39,47	1,40	8,23	27,53	0,00	61,87	36	0	0	0	7,89	0,91	4,95	16,33	57,15
6040	Magness	INT	8,51	4,94	121,56	0,99	1,61	49,88	41,75	1,19	4,64	27,96	0,00	265,25	35	24	1	90	6,71	1,19	4,65	18,07	44,60
6180	Malacara	ESP	9,32	5,96	152,97	0,96	1,99	49,82	36,47	1,36	7,16	20,74	0,81	98,80	7	0	0	0	5,63	0,92	5,00	12,70	45,56
6007	Mantecosa Alexander Lucas	INT	8,96	6,55	192,86	1,11	1,54	56,83	39,86	1,49	3,68	31,32	2,56	285,90	15	0	0	0	5,35	0,95	4,95	15,53	69,61
6012	Mantecosa Anjou	INT	8,49	5,74	125,91	0,99	1,73	56,09	29,49	1,88	4,02	30,49	0,00	288,82	9	41	0	4	5,39	1,00	5,00	17,23	76,91
6041	Mantecosa Bosc	INT	10,03	6,02	187,45	1,31	2,19	70,34	51,27	1,39	5,53	28,47	3,84	256,00	0	100	100	100	8,72	1,28	5,00	16,25	55,72
6152	Mantecosa Duquesa	ESP	12,02	4,79	216,43	0,96	1,70	75,01	42,80	1,75	4,16	36,99	1,28	195,00	0	0	0	0	1,20	1,12	5,00	13,20	39,66
6042	Mantecosa Giffard	INT	9,82	6,75	167,28	1,10	1,56	59,88	42,10	1,50	9,47	26,98	3,37	102,25	12	0	0	32	4,32	1,24	5,05	13,87	71,43
6004	Mantecosa Hardy	INT	9,28	5,99	154,83	1,12	2,30	59,39	47,17	1,27	1,57	31,28	0,00	185,95	5	5	2	59	4,24	1,13	4,95	14,87	76,78
6059	Max Red Bartlett	INT	9,82	6,45	140,52	0,88	0,96	53,72	36,67	1,41	3,73	24,71	0,00	208,99	57	11	2	2	2,89	1,17	4,89	14,20	71,43
6047	Monsallard	INT	8,83	5,17	172,08	1,05	1,24	69,60	47,97	1,43	6,46	29,86	0,00	154,42	24	0	0	0	5,50	1,18	5,00	15,05	71,56
6146	Morena de Oña	ESP	9,56	5,80	182,31	1,09	2,47	70,28	47,06	1,53	3,26	27,12	1,34	251,33	5	17	2	59	5,03	1,15	4,90	19,83	108,63
6051	Nouveau Poiteau	INT	9,91	6,09	162,21	1,13	2,41	57,72	43,23	1,29	4,39	29,16	0,00	203,90	0	12	10	7	6,60	1,20	4,95	19,87	75,26
6054	Packam's Triumph	INT	10,15	6,15	175,08	1,16	1,67	51,45	34,20	1,42	2,19	30,02	0,00	337,73	0	30	5	27	6,62	0,94	5,00	14,40	63,23
6006	Pasacrassana	INT	9,50	6,60	196,07	1,13	2,49	71,90	44,84	1,49	5,15	19,73	1,63	315,17	4	21	4	43	5,82	0,84	4,45	16,60	100,12
6297	Pedro P	ESP	7,85	7,76	369,20	0,90	2,39	47,91	40,21	1,20	0,76	28,03	0,00	241,18	0	9	8	28	6,13	0,96	4,95	19,15	68,60
6055	Pierre Corneille	INT	7,62	4,20	104,23	0,90	1,64	53,20	46,18	1,15	2,38	38,60	0,17	164,50	12	100	2	3	6,89	1,07	5,00	17,50	87,20
6176	Piña de America	ESP	10,59	5,37	210,27	1,03	1,69	63,01	40,54	1,49	7,08	19,41	1,63	107,15	24	0	0	0	4,35	1,11	5,00	15,93	111,45
6057	Precoz de Trevoux	INT	9,39	6,01	194,51	0,88	1,66	61,41	43,69	1,47	6,20	26,60	2,00	208,00	19	0	0	0	8,31	1,08	5,00	13,15	72,03
6082	President Drouard	INT	9,70	5,88	158,97	0,99	1,66	77,69	60,17	1,32	3,79	41,79	0,00	204,41	9	4	1	0	5,21	1,05	4,91	16,80	65,17
6061	Roma	ESP	9,36	7,93	267,39	0,82	1,70	70,55	60,13	1,26	3,28	18,88	1,44	256,78	0	7	8	19	4,71	0,96	4,95	17,23	83,34
6296	Roma Monteagudo	ESP	9,56	7,84	244,54	0,88	1,93	78,73	61,87	1,27	4,25	36,63	0,00	216,37	0	22	2	18	6,40	1,07	4,95	17,90	87,44
6062	Santa Maria Morettini	INT	9,67	5,02	150,79	1,01	1,09	62,22	41,62	1,47	6,92	21,35	2,42	280,00	20	0	0	0	5,70	1,31	5,10	13,35	79,02
6064	Sierra	INT	9,35	6,06	90,00	0,98	1,77	49,84	34,93	1,37	4,08	23,63	0,00	237,55	0	9	7	7	8,78	1,46	4,89	17,73	56,75
6067	Starkcrimson	INT	9,57	7,38	179,30	0,80	1,93	51,59	35,06	1,47	3,58	38,79	0,00	219,75	100	0	0	0	6,17	1,10	4,85	14,37	88,89
6177	Tendral de Aragon	ESP	10,51	5,83	224,56	0,91	1,34	52,60	48,12	1,09	2,75	29,45	1,38	98,74	16	0	0	0	5,40	1,22	5,00	15,70	52,82
6069	Tendral de Valencia	ESP	9,39	6,00	207,93	0,94	1,23	49,62	45,54	1,05	3,90	24,30	1,05	118,43	32	0	0	0	5,36	1,22	4,91	17,73	67,93
6178	Tocinera	ESP	10,30	5,40	204,52	0,91	1,22	55,22	44,05	1,30	8,61	22,09	0,70	115,56	19	0	0	0	3,27	0,88	5,00	17,93	56,16
6070	Triunfo de Viena	INT	9,83	5,52	159,81	0,91	1,63	72,46	47,01	1,49	4,69	39,49	0,00	291,94	9	25	5	6	2,23	1,31	4,80	15,50	47,23
6179	Verde de Verano	ESP	9,67	5,36	169,36	1,20	1,52	57,26	39,35	1,49	4,29	27,71	1,29	48,17	15	7	4	6	7,62	0,97	5,00	18,87	115,00
6009	William's	INT	9,81	5,77	179,23	0,82	1,31	61,32	44,41	1,40	5,16	28,45	1,97	259,00	18	0	0	0	9,13	1,15	5,00	13,15	67,75

Tabla 4.4. Datos cuantitativos resultantes de la caracterización morfológica (promedio de los dos años de estudio).

La longitud de la yema (LY) osciló entre 7,18 mm para 'Azúcar Verde' y 12,14 mm para 'L-3.2.10', ambas variedades españolas, mientras que la longitud del sépalo (LS) se manifestó entre los valores 8,38 mm para 'Devoe' y 4,20 mm para 'Pierre Corneille', ambas internacionales.

El tamaño del pétalo mostró un rango entre 369,20 mm² con 'Pedro P' (variedad española del grupo de 'Roma'), y 'Sierra', variedad internacional. La forma del pétalo, expresada mediante la relación longitud/anchura, osciló entre el valor 1,31 para 'Mantecosa Bosc', que muestra la forma más alargada, y 0,74 para 'Abugo Nigüella', con la forma más achatada. La longitud de la uña del pétalo se expresó entre 2,79 mm para 'Abate Fetel' y 0,50 mm para 'Hosui'.

La longitud del limbo se expresó entre 92,60 mm para 'Hosui' y 43,31 mm para 'Highland', siendo este rango para la anchura del limbo entre los valores 70,63 mm para 'Don Guindo' y 29,49 mm para 'Mantecosa Anjou'. La relación entre estos dos caracteres, longitud/anchura del limbo, osciló entre 1,88 para 'Mantecosa Anjou' y 1,02 para 'Cura'. La longitud del ápice mostró un rango muy amplio, entre los valores 12,02 mm para 'L-3.2.10' y 0,76 mm para 'Pedro P', mientras que la longitud del peciolo lo hizo entre 41,79 mm en 'President Drouard' y 12,89 mm en 'Epine du Mas'. La distancia de las estípulas a la base del peciolo también mostró una gran diversidad, entre 3,84 mm en 'Mantecosa Bosc' y 0,17 mm en 'Pierre Corneille', en las 39 variedades que mostraron presencia de estípulas.

El tamaño del fruto difirió enormemente dentro del grupo de variedades en estudio, encontrándonos con tamaños de 443,34 g en 'Kieffer' y de tan solo 5,83 g en la variedad española 'Abugo'. La firmeza varió entre valores de 9,63 Kg/cm² para 'Consejero de la C' y 1,20 Kg/cm² para 'Mantecosa Duquesa'. La relación longitud/diámetro del fruto osciló entre 1,69 para 'Abate Fetel', variedad de fruto extremadamente alargado, y 0,82 para 'Flor de Invierno', la variedad más achatada. El número medio de lóculos fue superior a 5 en siete variedades ('Agua Temprana', 'Devoe', 'Castell', 'Hosui', 'L-3.2.10', 'Santa María Morettini Morettini' y 'Mantecosa Giffard') e inferior a 4 en 37 de ellas. El contenido en azúcares (SS) osciló entre 19,95 °Brix y 11,95 °Brix en las variedades 'Buen Cristiano de Invierno', la más dulce, y 'Hosui', la menos dulce. La acidez mostró un amplio rango, entre 132,80 meq/l para 'Agua de Agosto', la variedad más ácida, y 30,42 meq/l para 'Bergamota de Verano', la menos ácida, ambas variedades españolas.

Encontramos una única variedad con el 100% de la epidermis cubierta de chapa, mientras que 18 variedades mostraron ausencia de esta. En cuanto al russeting, pocas variedades mostraron el 100% de russeting, pero las que lo hicieron lo tuvieron en los tres caracteres (calicino, medio y peduncular). Estas variedades fueron 'Mantecosa Bosc', 'Grand Champion' y

'Hosui'. Por contrario, un amplio numero de variedades mostraron ausencia de russeting (32, 32 y 37 variedades en el caso del calicino, medio y peduncular, respectivamente).

Los resultados del análisis estadístico simple de los datos cuantitativos se muestran en la Tabla 4.5.

El análisis de promedios refleja diferencias significativas entre las variedades españolas y las internacionales, con valores de la probabilidad asociada sig. <0,05, para los caracteres 'tamaño del pétalo', 'tamaño de fruto', 'distancia de las estipulas a la base del limbo', 'tamaño del fruto', 'russeting peduncular', 'russeting medio', 'russeting calicino' y 'relación longitud/diámetro de fruto' (Tabla 4.5).

De este modo, las variedades españolas mostraron de forma significativa mayor tamaño del pétalo, menor índice de russeting peduncular, medio y calicino, menor tamaño de fruto, y forma menos alargada que las variedades internacionales.

Han *et al.*(2012) estudiaron la relación entre las condiciones climáticas en los meses de crecimiento del fruto en peral asiático, y encontraron una relación inversa entre las temperaturas elevadas y el tamaño de fruto, así como una relación directa entre temperaturas elevadas y mayor diámetro del fruto. Del mismo modo, se ha considerado que el russeting en peral aparece de manera natural si durante las primeras semanas posteriores a la floración se registran humedades altas y temperaturas bajas (Asin, 2011). El hecho de que las condiciones climáticas medias españolas, con temperaturas más elevadas y menor humedad atmosférica que las medias de los países de origen de las variedades extranjeras, puede justificar la existencia de una presión selectiva hacia estos caracteres, es decir, hacia frutos de menor tamaño, mayor diámetro y por tanto forma más achatada y menos incidencia de russeting en la epidermis.

4.2.1. Matriz de correlación

La matriz de correlación se muestra en la Tabla 4.6, existiendo una baja correlación entre los caracteres estudiados, con tan solo 5 de ellos correlacionados, lo que se corresponde con la presunta independencia de los datos esperada en los descriptores internacionales, cuyo objetivo es maximizar las diferencias minimizando el número de caracteres a tomar.

Aunque en estudios realizados en otras especies sí que se ha observado correlación entre los caracteres (Badenes *et al.*, 1998; Asma y Ozturk, 2005), los trabajos morfológicos en peral y manzano consultados han obtenido también correlaciones bajas (Pereira *et al.*, 2012; Höfer *et al.*, 2013).

carácter	unidad	grupo	n	max	min	r	\bar{x}	sd	CV(%)	Sig.
Longitud yema floral	mm	ESP	34	12,14	7,18	4,96	9,77	1,11	11,347	0,319
		INT	39	11,00	7,62	3,38	9,55	0,77	8,077	0,331
Longitud sépalo	mm	ESP	34	7,97	4,57	3,40	6,23	0,96	15,373	0,822
		INT	39	8,38	4,20	4,18	6,28	0,88	14,047	0,823
Tamaño pétalo	mm ²	ESP	34	369,20	124,46	244,75	204,42	55,35	27,077	0,006
		INT	39	267,84	90,00	177,84	174,30	35,38	20,299	0,009
Forma pétalo	-	ESP	34	1,26	0,74	0,53	0,97	0,11	11,573	0,560
		INT	39	1,31	0,76	0,55	0,98	0,12	11,690	0,559
Longitud uña pétalo	mm	ESP	34	2,58	0,97	1,60	1,79	0,42	23,481	0,435
		INT	39	2,79	0,50	2,28	1,71	0,49	28,683	0,430
Longitud limbo	mm	ESP	34	78,73	47,91	30,82	62,55	8,19	13,099	0,344
		INT	39	92,60	43,31	49,29	60,42	10,54	17,449	0,336
Anchura limbo	mm	ESP	34	70,63	35,46	35,17	46,30	8,47	18,290	0,052
		INT	39	60,17	29,49	30,68	42,59	7,56	17,745	0,054
L/A limbo	-	ESP	34	1,82	1,03	0,79	1,38	0,23	16,890	0,326
		INT	39	1,88	1,02	0,86	1,43	0,17	11,973	0,337
Longitud ápice limbo	mm	ESP	34	12,02	0,76	11,26	5,64	2,19	38,913	0,143
		INT	39	9,97	1,57	8,40	4,88	2,18	44,694	0,143
Longitud pedúnculo hoja	mm	ESP	34	40,04	14,22	25,81	25,58	7,01	27,389	0,177
		INT	39	41,79	12,89	28,90	27,81	6,95	24,979	0,177
Distancia estípulas-base pedunculo	mm	ESP	22	2,77	0,24	2,53	1,18	0,52	43,981	0,978
		INT	17	3,84	0,17	3,67	1,77	0,97	54,690	0,978
Tamaño fruto	gr	ESP	34	387,82	5,83	381,99	156,71	89,76	57,275	0,001
		INT	39	443,34	38,61	404,73	220,42	70,91	32,169	0,001
% chapa	%	ESP	34	52,25	0,00	52,25	12,08	13,56	-	0,419
		INT	39	100,00	0,00	100,00	15,36	19,81	-	0,408
Russeting calicino	%	ESP	34	50,67	0,00	50,67	6,40	11,15	-	0,001
		INT	39	100,00	0,00	100,00	26,53	33,54	-	0,001
Russeting medio	%	ESP	34	12,75	0,00	12,75	1,92	3,31	-	0,018
		INT	39	100,00	0,00	100,00	14,24	29,37	-	0,013
Russeting peduncular	%	ESP	34	58,75	0,00	58,75	8,78	14,53	-	0,022
		INT	39	100,00	0,00	100,00	24,39	36,42	-	0,017
Firmeza	Kg/cm ²	ESP	34	9,63	1,20	8,43	5,67	1,77	31,170	0,745
		INT	39	9,13	2,23	6,90	5,81	1,71	29,369	0,746
Longitud/diámetro fruto	mm	ESP	34	1,41	0,82	0,59	1,06	0,15	13,653	0,023
		INT	39	1,69	0,84	0,84	1,15	0,18	15,574	0,021
Numero de lóculos	num	ESP	34	5,40	4,70	0,70	4,96	0,12	2,492	0,283
		INT	39	5,36	4,17	1,20	4,92	0,19	3,833	0,270
Solidos solubles	? Brix	ESP	34	19,95	12,70	7,25	16,57	1,97	11,880	0,059
		INT	39	19,87	11,95	7,92	15,68	1,99	12,720	0,059
Acidez	meq/l	ESP	34	132,80	30,42	102,38	72,62	23,89	32,897	0,409
		INT	39	100,12	32,60	67,52	68,75	15,61	22,712	0,423

Tabla 4.5. Análisis estadístico de los caracteres cuantitativos para los grupos de variedades españolas (ESP) e internacionales (INT). Se muestran en negrita los valores con diferencias significativas (sig. <0,05) (máx.: valor máximo, min: valor mínimo, r: rango, x: promedio, sd: desviación estándar, CV: coeficiente de varianza).

No obstante, existe correlación positiva entre los caracteres (Tabla4.6):

- Longitud del limbo y anchura del limbo, a mayor longitud del limbo encontramos mayor anchura del mismo, por lo que la forma de la hoja, expresada mediante la relación entre estos dos valores, mostraría menos variabilidad de la esperada.
- Fecha de maduración y tamaño del fruto. A maduraciones más tardías, mayor tamaño de fruto. Aunque encontramos frutos de tamaño pequeño también en variedades tardías, es cierto que las variedades más tempranas, especialmente 'Abugo' y 'Ceremeño', presentan tamaños muy pequeños (6 g y 15 g, respectivamente, de peso medio del fruto), y no encontramos variedades de tamaño superior a la media (190 g) hasta finales de julio, 50 días después de la maduración de las primeras variedades.
- Russeting calicino y russeting medio, y russeting medio y russeting peduncular. La presencia de russeting en las tres zonas está interrelacionada. El carácter 'russeting', en versiones anteriores de las directrices de UPOV estaba representado por un único descriptor, y en la última versión se ha dissociado en tres descriptores diferentes. El hecho de que estos caracteres estén correlacionados hace plantearnos si es necesario tomar los tres datos, especialmente cuando estamos hablando de la descripción morfológica de una colección de germoplasma y no estamos tratando de hacer el examen técnico DHE de una variedad en el que se pretende demostrar la unicidad de la misma.

Encontramos además correlación negativa entre los caracteres:

- Anchura del limbo y relación longitud/anchura del limbo. Esta correlación es totalmente esperable, ya que la anchura del limbo está incluida en el denominador de la relación longitud/anchura, y por tanto cuanto mayor sea aquella, menor será esta.

	IF	DF	LY	LS	TP	FP	LU	LL	AL	LL/AL	LA	LP	DE	FM	TF	%C	RC	RM	RP	F	LF/DF	NL	SS	A	
IF	1,00																								
DF	-0,25	1,00																							
LY	0,12	-0,08	1,00																						
LS	-0,02	0,12	-0,02	1,00																					
TP	-0,18	-0,10	0,30	0,49	1,00																				
FP	0,13	-0,06	0,22	-0,27	-0,17	1,00																			
LU	0,11	0,22	0,00	0,37	0,14	0,11	1,00																		
LL	-0,10	-0,20	0,36	0,03	0,30	0,01	-0,01	1,00																	
AL	-0,17	-0,34	0,26	0,03	0,43	-0,11	-0,15	0,61	1,00																
LL/AL	0,08	0,21	0,07	0,11	-0,15	0,11	0,21	0,28	-0,55	1,00															
LA	-0,08	-0,27	0,16	0,08	0,15	-0,01	-0,15	0,39	0,24	0,15	1,00														
LP	0,00	0,22	0,03	-0,25	-0,11	-0,08	0,03	0,21	0,14	-0,04	-0,28	1,00													
DE	0,26	-0,18	0,22	0,02	0,13	0,31	-0,04	0,14	0,08	0,13	0,34	-0,33	1,00												
FM	0,13	0,13	-0,06	0,31	0,08	0,06	0,18	0,03	-0,04	0,11	-0,19	-0,10	-0,07	1,00											
TF	0,22	-0,08	0,08	0,27	0,15	0,02	0,04	0,21	0,13	0,09	0,00	-0,07	0,13	0,67	1,00										
%C	-0,08	0,46	0,01	0,10	-0,14	-0,25	0,05	-0,10	-0,23	0,17	0,00	0,09	-0,13	-0,21	-0,10	1,00									
RC	0,26	-0,08	-0,11	-0,16	-0,09	0,10	-0,08	0,07	0,04	0,00	-0,09	0,15	0,04	0,25	0,29	-0,23	1,00								
RM	0,24	0,00	0,09	-0,07	0,04	0,15	-0,06	0,21	0,14	-0,02	0,09	0,05	0,23	0,09	0,14	-0,20	0,77	1,00							
RP	0,17	-0,04	-0,02	-0,04	0,01	0,25	0,14	0,03	-0,01	-0,01	-0,06	0,00	0,12	0,15	0,25	-0,19	0,70	0,72	1,00						
F	0,06	0,13	-0,27	-0,07	-0,21	0,11	0,15	-0,22	-0,18	-0,06	0,01	0,03	0,13	0,06	-0,02	-0,01	0,12	0,12	0,14	1,00					
LF/DF	0,23	0,04	0,09	0,08	-0,19	-0,10	0,19	-0,12	-0,14	0,05	-0,10	0,01	-0,08	0,07	0,12	0,18	0,00	-0,01	0,10	-0,04	1,00				
NL	-0,26	0,05	0,11	0,07	0,10	-0,04	-0,07	0,12	0,04	0,10	0,12	0,11	0,04	-0,29	-0,20	0,06	0,01	0,10	-0,08	0,01	-0,10	1,00			
SS	-0,05	0,12	-0,34	0,03	-0,06	0,06	0,37	-0,13	-0,09	0,01	-0,18	-0,02	-0,29	0,30	-0,08	-0,04	0,03	-0,07	0,07	0,13	0,01	-0,02	1,00		
A	-0,06	0,13	-0,23	0,07	0,02	0,03	0,29	0,09	0,04	0,05	0,04	0,00	0,04	-0,09	-0,04	0,09	0,02	-0,02	-0,02	0,16	-0,18	0,20	0,39	1,00	

Tabla 4.6. Matriz de correlación simple entre las variables cuantitativas. Valores en negrita indican alta correlación ($r > 0,5$ o $r < -0,5$)

4.2.2. Análisis de componentes principales

La baja interrelación entre los caracteres observada en la matriz de correlación nos hace intuir que las variables en estudio no se adecúan al análisis de componentes principales (ACP).

El test de Kaiser-Meyer-Olkin nos permite evaluar si los datos se adecúan al ACP. Cuanto más cerca de 1 tenga el valor obtenido en dicho test implica que la relación entre las variables es alta. Si $KMO \geq 0.9$, el test es muy bueno; notable para $KMO \geq 0.8$; mediano para $KMO \geq 0.7$; bajo para $KMO \geq 0.6$; y muy bajo para $KMO < 0.5$.

El valor obtenido en el test KMO de los caracteres del presente estudio, obtenemos un valor de 0,397, por lo que efectivamente comprobamos que no procede realizar el análisis de componentes principales.

KMO Test	
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	0,397

No obstante, la baja correlación entre los caracteres estudiados nos permite recurrir al análisis de los coeficientes de varianza para determinar aquellos que más variabilidad muestran en el conjunto de variedades en estudio.

Los caracteres con mayor coeficiente de varianza (Tabla 4.5) son la 'distancia de las estípulas a la base' (55%), 'tamaño del fruto' (45%), 'longitud del ápice del limbo' (42%), 'firmeza' (30%) y 'acidez' (28%), todas ellas con valores superiores al 25%.

Estos 5 descriptores, por tanto, muestran la mayor variabilidad en su expresión fenotípica dentro de las variables cuantitativas analizadas.

El carácter 'tamaño del fruto', junto con los datos fenológicos fueron los caracteres que más contribuyeron a la variabilidad en el estudio morfológico realizado por Pereira *et al.* (2012). En nuestro caso los caracteres 'inicio de floración' y 'fecha de maduración' no se encuentran entre aquellos con mayor coeficiente de varianza de los estudiados (Tablas 4.2 y 4.3).

carácter	CV(%)
Distancia estípulas-	55,206
Tamaño fruto	45,006
Longitud ápice limbo	42,138
Firmeza	30,013
Acidez	28,136
Longitud pedúnculo	26,207
Longitud uña pétalo	26,205
Tamaño pétalo	25,431

Tabla 4.7. Coeficientes de varianza de los caracteres cuantitativos

4.3. Datos cualitativos

Los datos cualitativos (moda de los dos años de estudio) para cada variedad se muestran en la Tabla 4.8., siendo:

SY	situación de la yema floral (1: en lamburdas, 2: en ramas largas)
PBS	porte de los bordes de los sépalos (1: alineado, 2: rastrero, 3: recurvado)
PBP	posición de los bordes de los pétalos (1: libres, 2: tocándose, 3: solapándose)
PE	posición del estigma respecto de los estambres (1: por encima, 2: al mismo nivel; 3: por debajo)
FBP	forma de la base del pétalo (1: cuneiforme, 2: redondeada, 3: truncada, 4: cordiforme)
FBL	forma de la base del limbo (1: aguda, 2: en ángulo recto, 3: obtusa: 4: truncada, 5: cordiforme)
FA	forma del ápice (1: aguda, 2: en ángulo recto, 3: obtusa: 4: redondeada)
I	incisiones (1: ausentes, 2: crenadas, 3: aserradas obtusas, 4: aserradas agudas)
PI	profundidad de las incisiones (del 1 al 9, siendo 3: poco profundas, 5: intermedias, 7: profundas)
CE	curvatura del eje (del 1 al 9, siendo 3: débil, 5: media 7: fuerte)
E	estipulas (1: ausentes; 9: presentes)
PC	persistencia del cáliz del fruto (+: persistente, 0: ausente)
PS	posición de los sépalos del fruto (1: convergentes, 2: erectos, 3: divergentes)
AF	atractivo del fruto (del 1 al 9, siendo 1: extremadamente pobre y 9: extremadamente atractivo)
CP	curvatura del pedúnculo (del 1 al 9, siendo 1: ausente o muy débil, 3: débil, 5: media, 7: fuerte)
PP	porte del pedúnculo (1: recto, 2: oblicuo; 3: en ángulo recto)
CFP	color de fondo de la piel (1: rojo, 3: amarillo, 5: amarillo verdoso, 7: verde)
CC	color de la chapa (1: prácticamente ausente, 3: rosa, 5: rojo brillante, 7: rojo oscuro)
RO	relieve del ojo (1: liso, 2: ligeramente acanalado; 3: con protuberancias irregulares)
PD	posición del diámetro máximo (1: hacia el medio, 3: hacia el cáliz)
P	perfil (1: cóncavo, 2: recto, 3: convexo)
F	forma del fruto (ver imagen 3.18 del capítulo 'Material y métodos')
CO	calidad organoléptica (del 1 al 9, siendo 1: extremadamente pobre y 9: extremadamente buena)
J	jugosidad (del 1 al 9, siendo 1, muy seca, y 9, muy jugosa)
T	textura (del 1 al 9, siendo 1: extremadamente áspera, 3: áspera, 5: intermedia, 7: fina, 9: extremadamente fina)
CG	presencia de células granulosas (del 1 al 9, siendo 3: baja, 5: media, 7: alta)

CLON	ACCESION	GRUPO	SY	PBS	PBP	PE	FBP	FBL	FA	I	PI	CE	E	PC	PS	AF	CP	PP	CFP	CC	RO	PD	P	F	CO	J	T	CG
6001	Abate Fetel	INT	1	2	1	2	1	3	3	2	1	5	1	1	1	7	2	2	6	2	3	3	2	7,4	7	7	6	0
6008	Abugo	ESP	1	3	3	3	3	3	3	1	0	3	9	1	3	5	2	1	4	0	1	3	2	1,4	7	5	4	0
6144	Abugo Nigüella	ESP	2	3	3	1	3	3	3	4	3	3	1	1	3	6	2	1	7	0	1	3	2	1,4	7	5	5	4
6167	Agua de Agosto	ESP	1	2	1	1	2	2	2	3	3	5	1	1	3	5	2	2	7	6	3	3	2	3,4	4	6	5	0
6005	Agua de Aranjuez	ESP	2	3	1	3	2	3	4	2	1	3	1	1	3	7	2	2	6	3	1	3	2	3,4	9	9	7	3
6143	Agua de Aranjuez precoz	ESP	2	3	1	2	2	3	4	3	3	3	1	0	0	7	2	2	7	3	1	3	2	3,4	8	9	6	3
6168	Agua Temprana	ESP	1	2	3	1	3	3	3	4	5	3	1	1	3	5	1	2	6	1	3	3	2	1,4	7	6	4	4
6011	Alexandrine Douillard	INT	2	3	3	2	3	2	1	2	1	3	1	1	1	6	2	2	6	3	3	3	2	5,4	6	6	5	1
6014	Aurora	INT	2	3	3	1	3	3	3	3	1	3	1	1	3	7	2	2	5	2	3	3	1	3,2	8	6	6	0
6085	Azucar verde	ESP	2	3	3	1	3	3	3	1	0	3	9	1	3	6	2	2	7	3	2	3	2	3,4	7	6	5	1
6078	Bella de Junio	INT	1	3	2	1	2	3	3	4	3	3	9	1	2	7	4	2	4	5	2	3	1	5,2	7	3	7	3
6086	Bergamota de verano	ESP	2	3	1	1	1	3	3	3	7	5	9	1	3	4	2	1	6	1	2	3	3	1,6	7	7	5	5
6169	Buen Cristiano de Invierno	ESP	2	3	1	1	2	1	1	2	3	7	9	1	3	6	4	2	7	6	3	1	1	5,1	6	5	6	4
6015	Buena Luisa de Avranches	INT	1	3	2	2	3	2	2	3	3	5	9	1	3	5	2	2	7	4	2	1	2	3,3	8	9	5	3
6092	Castell	ESP	1	3	1	1	2	3	3	2	1	3	1	1	3	7	1	2	5	3	2	3	1	1,2	8	7	5	3
6170	Centopedia	ESP	1	3	1	2	1	3	2	1	0	3	1	1	3	5	2	2	6	2	3	3	2	3,4	7	5	6	2
6145	Ceremeño	ESP	2	3	3	2	2	3	3	1	0	7	9	1	3	6	1	1	6	0	2	3	2	1,4	8	7	5	4
6089	Concorde	INT	1	3	3	2	2	3	3	3	3	7	9	1	2	5	5	1	6	2	3	3	1	5,2	7	7	7	2
6010	Conferencia	INT	1	3	3	1	3	3	2	1	0	7	1	1	3	7	2	2	5	0	1	3	1	5,2	9	9	7	2
6171	Consejero de la C	ESP	1	2	2	1	3	3	3	3	3	9	1	3	4	2	1	6	2	3	3	1	1,2	5	4	4	4	
6020	Cura	INT	1	2	2	2	3	3	4	4	7	3	1	1	3	7	5	2	6	1	2	3	3	5,6	6	6	4	3
6026	Decana de Comicio	INT	1	3	3	2	3	3	1	3	1	5	9	1	3	6	2	2	6	3	3	3	3	1,6	8	6	6	3
6306	Decana de Invierno	INT	2	2	3	2	2	5	2	2	1	7	1	1	3	7	4	1	7	2	2	3	2	1,6	6	5	4	4
6090	Devoe	INT	2	3	3	3	2	3	1	1	1	5	1	1	2	6	2	2	5	5	3	3	2	5,4	7	7	5	3
6025	Don Guindo	ESP	2	2	3	2	3	3	4	3	7	3	9	1	3	4	2	1	4	3	3	1	1	3,1	4	6	2	4
6172	Duquesa Barreda	ESP	2	3	3	1	3	1	1	1	0	7	9	1	3	4	3	2	6	3	3	1	3	1,5	7	5	5	3
6029	Epine du Mas	INT	2	2	2	2	3	1	1	3	1	5	9	1	3	6	3	1	6	2	2	3	1	1,2	7	6	6	2
6153	Espadon de Agua	ESP	1	3	3	2	2	4	3	2	3	3	9	1	1	7	4	2	5	1	3	3	1	5,2	7	8	7	3
6173	F de los Bosques	ESP	1	2	1	2	2	2	3	1	0	3	1	1	2	7	2	2	6	5	3	3	2	1,2	6	5	4	2
6031	Favorita de Clapp	INT	1	3	3	2	2	1	2	3	1	5	9	1	2	7	1	2	5	7	2	3	2	1,4	6	6	6	1
6032	Flor de Invierno	ESP	2	3	1	1	1	1	1	1	0	3	9	1	3	6	3	1	5	2	3	3	3	1,6	8	8	5	1
6002	General Leclerc	INT	1	3	1	1	2	3	1	3	5	3	9	1	1	7	2	2	5	2	3	3	3	1,6	8	6	4	2
6003	Grand champion	INT	1	3	2	2	2	3	3	4	1	3	9	1	2	8	1	2	6	2	3	3	3	1,6	7	5	5	3
6075	Highland	INT	2	2	2	2	3	3	3	3	1	3	1	1	2	7	2	1	5	2	3	3	3	1,6	6	5	5	2
6034	Hosui	INT	2	2	3	1	3	4	1	4	7	5	1	0	2	6	3	1	5	1	1	1	3	1,5	8	9	5	2
6035	Juana de Arco	INT	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1	1	3	6	3	2	7	0	3	3	3	1,6	6	6	6	4

Tabla 4.8. Datos cualitativos resultantes de la caracterización morfológica (modas de los dos años de estudio). (Continúa en página siguiente)

CLON	ACCESION	GRUPO	SY	PBS	PBP	PE	FBP	FBL	FA	I	PI	CE	E	PC	PS	AF	CP	PP	CFP	CC	RO	PD	P	F	CO	J	T	CG
6174	Julio Guindon	ESP	2	2	2	2	3	3	1	1	0	3	1	1	1	5	2	2	5	2	3	3	1	5,2	5	3	4	2
6122	Kieffer	INT	2	2	3	2	3	3	3	2	1	5	9	1	2	5	3	1	4	1	3	1	2	3,3	7	9	5	2
6163	L-3.2.10	ESP	1	3	3	1	3	3	3	4	7	3	9	1	1	8	1	2	5	4	3	3	1	1,2	6	7	4	2
6162	L-3.2.9	ESP	1	3	1	1	3	2	2	1	0	3	9	1	2	6	1	2	6	1	2	3	2	3,2	5	6	4	2
6175	Limon de Verano	ESP	2	3	3	1	3	2	1	1	0	7	9	1	3	5	3	1	5	3	3	1	3	1,5	6	6	4	4
6091	Limonera	INT	2	3	3	1	3	3	3	2	1	5	1	1	3	5	1	1	5	3	3	3	1	5,2	7	6	5	3
6182	Magallon	ESP	1	3	2	1	2	4	2	1	0	7	1	1	2	7	3	1	6	5	3	3	3	1,6	8	6	5	2
6040	Magness	INT	2	3	1	1	2	4	3	3	1	3	1	1	2	7	1	2	6	4	3	3	2	3,4	8	5	6	4
6180	Malacara	ESP	1	3	1	1	1	4	1	2	1	3	9	1	2	5	3	1	4	3	3	1	3	1,5	5	5	5	4
6007	Mantecosa Alexander Lucas	INT	2	2	1	2	2	3	3	3	1	3	9	1	1	6	4	2	6	3	3	3	3	1,6	7	7	6	2
6012	Mantecosa Anjou	INT	1	3	1	3	2	3	1	1	0	7	1	1	3	6	1	2	5	2	2	3	3	1,6	7	7	5	3
6041	Mantecosa Bosc	INT	2	2	1	1	1	4	2	1	0	3	9	1	2	7	6	1	6	1	3	3	1	5,2	7	5	5	2
6152	Mantecosa Duquesa	ESP	1	2	3	1	2	3	3	2	1	7	9	1	2	7	3	2	5	5	2	3	2	1,4	7	7	7	0
6042	Mantecosa Giffard	INT	2	3	1	1	2	3	2	1	0	3	9	1	3	6	2	1	6	4	2	3	2	3,4	7	6	6	3
6004	Mantecosa Hardy	INT	1	3	1	2	1	5	3	1	0	3	1	1	3	6	2	2	6	2	3	3	3	3,6	7	6	7	2
6059	Max Red Bartlett	INT	2	2	3	2	3	4	3	3	1	3	1	1	2	7	4	2	5	5	3	1	1	3,1	8	7	7	4
6047	Monsallard	INT	2	3	1	2	3	3	3	3	5	5	1	1	3	8	2	1	6	5	2	3	2	3,4	5	7	3	4
6146	Morena de Oña	ESP	2	3	1	2	1	4	3	1	0	7	9	1	3	6	2	2	6	2	3	3	3	3,6	6	7	5	2
6051	Nouveau Poiteau	INT	2	3	1	3	1	4	3	3	1	3	1	1	1	4	3	2	7	1	3	1	1	3,1	7	5	6	3
6054	Packam's Triumph	INT	1	1	3	1	2	3	2	3	1	3	1	1	1	6	4	2	5	1	3	3	1	1,2	6	6	5	1
6006	Pasacrassana	INT	2	3	1	2	1	3	3	1	0	3	9	1	1	5	4	1	6	1	3	3	3	1,6	6	5	5	4
6297	Pedro P	ESP	2	3	3	2	3	3	3	1	0	3	1	0	3	3	2	2	7	1	3	3	2	1,4	8	6	6	4
6055	Pierre Corneille	INT		3	2	2	3	5	3	3	1	3	9	1	2	6	2	2	7	3	2	3	3	1,6	6	7	4	3
6176	Piña de America	ESP	1	3	3	1	3	3	2	3	1	5	9	1	3	5	2	2	6	5	2	3	2	3,4	6	6	6	2
6057	Precoz de Trevoux	INT	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3	9	1	2	4	2	2	4	5	2	3	2	1,4	6	4	5	3
6082	President Drouard	INT	1	1	3	1	3	5	3	1	0	3	1	1	3	7	2	2	6	2	1	3	2	1,4	7	8	5	1
6061	Roma	ESP	1	3	3	2	3	4	3	2	1	3	9	1	3	3	5	2	6	0	3	3	2	1,4	8	6	6	4
6296	Roma Monteagudo	ESP	1	3	2	2	3	4	3	1	0	3	1	1	3	3	5	2	6	1	3	3	2	1,4	7	7	6	4
6062	Santa Maria Morettini	INT	2	2	2	2	2	3	2	2	1	3	9	1	3	8	6	2	6	4	3	3	3	3,6	8	7	5	2
6064	Sierra	INT	1	3	3	2	2	3	3	3	1	3	1	1	2	6	5	2	6	0	3	3	2	5,4	8	7	6	4
6067	Starkcrimson	INT	1	3	3	1	2	3	2	1	0	3	1	1	2	7	1	2	4	5	3	3	2	1,4	7	5	5	3
6177	Tendral de Aragon	ESP	1	3	3	1	3	4	4	1	0	3	9	1	2	7	4	1	4	5	3	3	1	3,4	7	7	4	0
6069	Tendral de Valencia	ESP	2	3	3	1	3	4	4	1	0	3	9	1	2	8	5	1	5	6	3	3	2	3,2	6	7	4	3
6178	Tocinera	ESP	2	3	3	1	3	3	3	2	1	3	9	1	3	5	3	1	6	3	3	1	3	1,5	7	6	6	5
6070	Triunfo de Viena	INT	2	3	2	2	3	3	3	1	0	3	1	1	2	5	4	2	4	3	3	3	1	5,2	6	7	4	5
6179	Verde de Verano	ESP	1	3	1	1	1	2	3	3	5	3	9	1	3	4	2	1	7	3	2	3	3	1,6	4	4	3	5
6009	William's	INT	2	2	3	2	3	3	3	2	1	3	9	1	2	6	2	2	5	4	3	1	1	3,1	7	5	6	3

Tabla 4.8. Datos cualitativos resultantes de la caracterización morfológica (modas de los dos años de estudio). (Continuación)

El conjunto de frecuencias observadas para cada clase en los caracteres cualitativos se muestran en las siguiente tablas:

Flor

GRUPO	SY		PBS			PBP			PE			FBP			
	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
INT	17	20	2	15	22	10	11	18	13	23	3	5	17	17	0
LOC	18	16	0	7	27	13	4	17	21	11	2	6	10	18	0
TOTAL	35	36	2	22	49	23	15	35	34	34	5	11	27	35	0
%	49	51	3	30	67	32	21	48	47	47	7	15	37	48	0

Tabla 4.9. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de flor. INT: variedades internacionales, ESP: variedades españolas (abreviaturas en página 73).

Hoja

GRUPO	FBL					FA				I				PI					CE		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	3	5	7	9	3	5	7
INT	2	2	26	5	4	7	10	21	1	10	7	18	4	9	21	5	2	2	25	10	4
LOC	3	5	18	8	0	6	5	18	5	16	8	7	3	16	7	6	2	3	24	3	7
TOTAL	5	7	44	13	4	13	15	39	6	26	15	25	7	25	28	11	4	5	49	13	11
%	7	10	60	18	5	18	21	53	8	36	21	34	10	34	38	15	5	7	67	18	15

Tabla 4.10. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de hoja. INT: variedades internacionales, ESP: variedades españolas (abreviaturas en página 73).

Fruto: apariencia externa

GRUPO	AF									CFP							CC							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
INT	0	0	0	2	6	14	14	3	0	0	0	0	5	12	17	5	3	7	11	6	5	6	0	1
LOC	0	0	3	5	9	7	8	2	0	0	0	0	4	8	15	7	4	6	4	11	1	5	3	0
TOTAL	0	0	3	7	15	21	22	5	0	0	0	0	9	20	32	12	7	13	15	17	6	11	3	1
	0	0	3	7	15	21	22	5	0	0	0	0	12	27	44	16	10	18	21	23	8	15	4	1

Tabla 4.11. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de fruto relativos a la apariencia externa. INT: variedades internacionales, ESP: variedades españolas (abreviaturas en página 73).

Fruto: zona calicina y zona peduncular

	PC		PS			RO			CP							PP		
	+	0	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
INT	38	1	7	17	15	3	11	25	6	16	5	7	3	2	0	11	28	0
LOC	32	2	3	7	23	4	8	22	5	16	7	3	3	0	0	14	20	0
TOTAL	70	3	10	24	38	7	19	47	11	32	12	10	6	2	0	25	48	0
%	96	4	14	33	53	10	26	64	15	44	16	14	8	3	0	34	66	0

Tabla 4.12 Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de fruto relativos a las zonas calicina y peduncular .INT: variedades internacionales, ESP: variedades españolas. (abreviaturas en página 73).

Fruto: forma

GRUPO	PD		P			F																														
	1	3	1	2	3	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	
INT	6	33	12	14	13	0	2	0	4	1	10	3	1	2	3	0	2	0	6	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LOC	6	28	8	17	9	0	4	0	8	4	4	1	2	0	7	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	12	61	20	31	22	0	6	0	12	5	14	4	3	2	10	0	3	1	8	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	16	84	27	42	30	0	8	0	16	7	19	5	4	3	14	0	4	1	11	0	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 4.13. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de fruto relativos a la forma. INT: variedades internacionales, ESP: variedades españolas (abreviaturas en página 73).

Fruto: caracteres organolépticos

GRUPO	CO									J									T									CG							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7
INT	0	0	0	0	1	11	17	9	1	0	0	1	1	8	13	11	1	4	0	0	1	5	16	12	5	0	0	2	4	11	14	7	1	0	0
LOC	0	0	0	3	4	7	12	7	1	0	0	1	1	9	10	9	2	2	0	1	1	10	11	8	3	0	0	4	2	8	6	11	3	0	0
TOTAL	0	0	0	3	5	18	29	16	2	0	0	2	2	17	23	20	3	6	0	1	2	15	27	20	8	0	0	6	6	19	20	18	4	0	0
%	0	0	0	4	7	25	40	22	3	0	0	3	3	23	32	27	4	8	0	1	3	21	37	27	11	0	0	8	8	26	27	25	5	0	0

Tabla 4.14. Distribución de las variedades por clases para los caracteres cualitativos de fruto relativos a los parámetros organolépticos. INT: variedades internacionales, ESP: variedades españolas (abreviaturas en página 73).

Del análisis χ^2 de los datos cualitativos, obtenemos diferencias significativas en las frecuencias de los niveles de expresión solamente para el carácter 'Posición de los sépalos en el fruto'.

Si representamos gráficamente las frecuencias para este carácter (Figura. 4.3) encontramos que los patrones de distribución son diferentes para las españolas, con un predominio (70%) de variedades con 'sépalos divergentes', frente a las internacionales, en las que el nivel de expresión más frecuente es el de 'sépalos erectos' (44%).

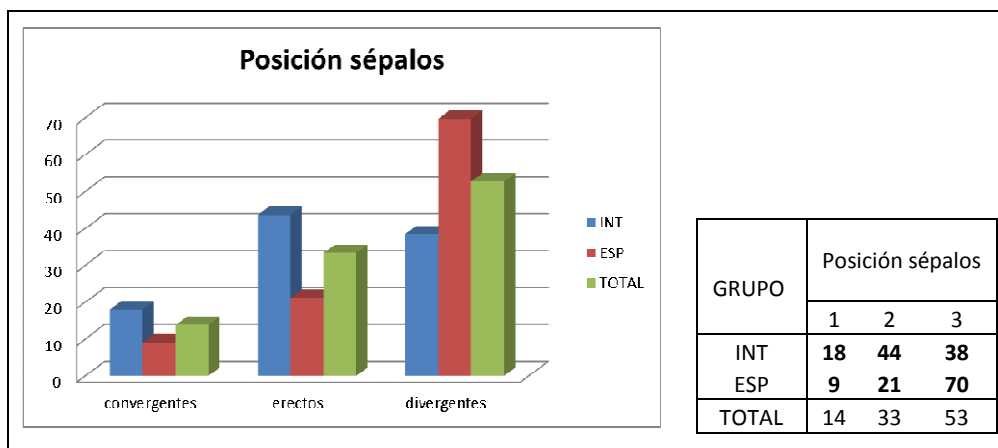


Figura 4.3. Distribución de las frecuencias (%) de las variedades por grupos (INT: internacionales, ESP: españolas, TOTAL: todas) para el carácter 'posición de los sépalos'.

4.4. Establecimiento de clases para los datos cuantitativos

En la tabla 4.15 se muestran los resultados del estudio estadístico para la conversión a clases de los datos cuantitativos según el método propuesto por Miranda *et al.*(2017) y descrito en el apartado 3.4.1.5.

De los 15 caracteres analizados, para 13 de ellos ha resultado una clasificación en 3 niveles de expresión. Para los dos caracteres restantes, fecha de maduración y acidez, se han obtenido 5 y 7 niveles de expresión, respectivamente, lo cual indica que la relación entre la variabilidad global del conjunto de variedades (teniendo en cuenta los valores medios para cada una de ellas) y la variabilidad dentro de la muestra (teniendo en cuenta los valores individuales de

cada flor, hoja o fruto medido) es mayor, obteniendo unos valores para la Unidad de Discriminación menores. Teniendo en cuenta esta clasificación, cada carácter cuantitativo se transformó en un valor numérico del 1 al 3, 1 al 5 o 1 al 7, pudiendo obtener de esta forma todos los datos del estudio expresados en datos cualitativos.

carácter	unidades	Rg _{gob}	SD _{gob}	UD	Perc ₅₀	Vm g	VM g	CN	clase	valor min	valor max
TF	días julianos	1,99	1,20	3,18	88,50	81,00	98,50	5	1		83,72
									2	83,72	86,91
									3	86,91	90,09
									4	90,09	93,28
									5	93,28	
DF	días	1,92	1,44	3,36	12,00	8,50	24,50	3	1		10,32
									2	10,32	13,68
									3	13,68	
LY	mm	1,72	0,65	2,37	9,68	7,18	12,14	3	1		8,50
									2	8,50	10,87
									3	10,87	
LS	mm	1,46	0,45	1,91	6,09	4,20	8,38	3	1		5,14
									2	5,14	7,03
									3	7,03	
TP	mm	47,28	19,38	66,66	179,30	90,00	369,20	3	1		145,97
									2	145,97	212,63
									3	212,63	
FP		0,16	0,05	0,21	0,97	0,74	1,31	3	1		0,87
									2	0,87	1,08
									3	1,08	
LU	mm	0,85	0,25	1,09	1,69	0,50	2,79	3	1		1,15
									2	1,15	2,24
									3	2,24	
LL	mm	8,71	2,87	11,58	59,66	43,31	92,60	3	1		53,86
									2	53,86	65,45
									3	65,45	
AL	mm	8,59	2,28	10,87	43,29	29,49	70,63	3	1		37,86
									2	37,86	48,73
									3	48,73	
LL/AL		0,25	0,09	0,34	1,40	1,02	1,88	3	1		1,23
									2	1,23	1,57
									3	1,57	
LA	mm	3,58	1,29	4,87	4,72	0,76	12,02	3	1		2,28
									2	2,28	7,15
									3	7,15	
LP	mm	10,88	5,08	15,96	26,18	12,89	41,79	3	1		18,20
									2	18,20	34,16
									3	34,16	
DE	mm	0,55	0,31	0,85	1,27	0,17	3,84	3	1		0,84
									2	0,84	1,69
									3	1,69	
FM	días julianos	12,53	6,76	19,28	236,25	162,00	293,50	9	1		168,77
									2	168,77	188,05
									3	188,05	207,33
									4	207,33	226,61
									5	226,61	245,89
									6	245,89	265,17
									7	265,17	284,45
									8	284,45	303,73
									9	303,73	
TF	g	70,83	50,57	121,40	190,78	5,83	443,34	5	1		8,67
									2	8,67	130,08
									3	130,08	251,48
									4	251,48	372,88
									5	372,88	
F	Kg/cm ²	2,15	1,11	3,26	5,66	1,00	9,63	3	1		4,03
									2	4,03	7,30
									3	7,30	
SS	° Brix	4,13	2,09	6,22	15,80	9,40	23,70	3	1		12,69
									2	12,69	18,91
									3	18,91	
A	meq/l	9,77	8,61	18,38	69,95	30,42	167,58	7	1		24,01
									2	24,01	42,38
									3	42,38	60,76
									4	60,76	79,14
									5	79,14	97,52
									6	97,52	115,89
									7	115,89	

Tabla 4.15. Resultados del estudio estadístico para la conversión de los datos cuantitativos en clases. (Rg_{gob}: rango medio, SD_{gob}: desviación estandar, UD: Unidad de Discriminación, Perc₅₀: mediana, Vm_g: valor mínimo, VM_g: valor máximo, CN: numero de clases resultantes, valor min y valor max: valores mínimo y máximo de la clase).

4.5. Agrupamiento de variedades

El dendograma resultante del análisis UPGMA de las variedades del estudio se muestra en la Figura 4.4, en el que las variedades se agruparon según sus distancias morfológicas.

Aunque en la zona superior del dendograma se encuentran agrupadas variedades internacionales y en la zona inferior se encuentran principalmente variedades españolas, el análisis de conglomerados en general ha agrupado variedades de ambos orígenes, español e internacional, por lo que no encontramos concordancia entre las distancias morfológicas de las variedades del estudio con el origen geográfico de las mismas.

Estos datos coinciden con los resultados obtenidos por Ferreira *et al.* (2011), que tras analizar la estructura genética de la colección de variedades de peral de Galicia, encontraron que las variedades españolas no se clasificaron según su origen geográfico puesto que en su mayoría comparten genes con las variedades internacionales, y especialmente observaron que ‘Mantecosa Hardy’ y el grupo de *peros* gallegos tenían ancestros comunes. El hecho de que encontremos en el dendograma la variedad ‘Morena de Oña’, prospectada en Burgos, próxima a ‘Mantecosa Hardy’ nos hace sospechar asimismo un posible origen común en ambas variedades.

Así mismo, Miranda *et al.* (2010) sugirieron que los cultivares de *Pyrus communis* podrían tener una variabilidad genética mucho más estrecha de lo esperado. De hecho se han encontrado alelos comunes entre las variedades españolas ‘Blanquilla’ y ‘Castell’ con la variedad ‘William’s’ (Sanzol y Herrero, 2002), alelos que a su vez comparte con la variedad ‘Decana de Comicio’ (Tassinari *et al.*, 2001).

No obstante, en el dendograma podemos hacer una separación en 5 grupos (fig. 4.4) en la que los dos grupos inferiores incluyen principalmente variedades españolas. (‘Don Guindo’, ‘L-3.2.10’, ‘Duquesa Barreda’, ‘Limón de Verano’, ‘Malacara’, ‘Tocinera’ y ‘Magallón’). Junto a las que se agrupa en el bloque inferior también la variedad ‘Kieffer’. Esta variedad, documentada como un híbrido entre *Pyrus communis* y *P. serotina* (Morettini *et al.*, 1967), también se mostró junto con las variedades españolas en el dendograma molecular obtenido con 8 SSRs del mismo grupo de variedades (Espiau *et al.*, 2015). El grupo central agrupa las variedades españolas ‘Bergamota de Verano’, ‘Verde de Verano’, ‘Centopedia’, ‘Morena de Oña’, ‘Flor de Invierno’ y ‘L-3.2.9’ junto con las variedades internacionales ‘Mantecosa Hardy’, ‘Pasa Crasana’, ‘Nouveau Poiteau’, ‘Mantecosa Giffard’ y ‘Mantecosa Bosc’. El grupo superior, el más grande, incluye 47 variedades de ambos orígenes geográficos, destacando el subgrupo de variedades españolas en la zona superior del dendograma. Entre estas se encuentra incluida la variedad española ‘Consejero de la C’, que en este estudio mostró diferencias en la fecha de maduración con las referencias

bibliográficas sobre esta variedad, por lo que existe la sospecha de una mala identificación de la variedad, que conviene comprobar en próximos trabajos.

El dendograma muestra similitud entre 'Tendral de Aragón' y 'Tendral de Valencia' para los caracteres incluidos en el estudio, aunque en posteriores estudios moleculares se ha comprobado que pese a que existe proximidad genética (y de ahí la similitud en su nomenclatura), se trata de variedades diferentes.



Figura 4.4. Dendrograma morfológico de las 73 variedades incluidas en el estudio (Variedades españolas en rojo, internacionales en azul).

5. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Se ha completado la caracterización fenotípica de las 73 accesiones con los 50 descriptores fenológicos y morfológicos de flor, hoja y fruto.
- Se encontró correlación positiva entre los caracteres 'longitud del limbo' y 'anchura del limbo', 'fecha de maduración' y 'tamaño del fruto', 'russeting calicino y russeting medio', y 'russeting medio y russeting peduncular' y correlación negativa entre 'anchura del limbo' y 'relación longitud/anchura del limbo'.
- Los caracteres cuantitativos que mostraron mayor coeficiente de varianza en su expresión fenotípica fueron 'distancia de las estípulas a la base', 'tamaño del fruto', 'longitud del ápice del limbo', 'firmeza' y acidez'.
- Las variedades españolas presentaron como promedio inicios de floración y fechas de maduración más tempranos que las variedades internacionales de referencia.
- En general, las variedades de germoplasma español estudiadas muestran mayor tamaño del pétalo, menor tamaño de fruto, fruto más achatado y menor índice de russeting peduncular, medio y calicino en la epidermis del fruto respecto a las variedades internacionales de referencia.
- Las variedades internacionales de referencia presentan mayor frecuencia de sépalos erectos, mientras que en las españolas son más frecuentes los sépalos divergentes.
- El conjunto de variedades del estudio se agruparon en el dendograma según sus distancias morfológicas. No se observó un agrupamiento relacionado con la proximidad geográfica del origen de las mismas.
- Las variedades españolas más distantes fenotípicamente de las variedades internacionales fueron 'Don Guindo' y 'L-3.2.10' 'Duquesa Barreda', 'Limón de Verano', 'Malacara', 'Tocinera' y 'Magallón'.
- Se han encontrado indicios de un posible error en la identificación de la variedad española 'Consejero de la C', que ha de ser corroborado en futuros estudios.

6. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- AEDO, C.; ALDASORO, J.J. (1998). *Pyrus* sp. En F. M. GARMENDIA, C. N. ARANDA, S. CASTROVIEJO (Eds.), Flora Ibérica: Plantas vasculares de la Península Ibérica y Islas baleares-*Rosaceae* (Vol. 6, págs. 433-438). Madrid: Real Jardín Botánico.
- AL-HALABI, O.; y MUZHER, B., (2015). Genetic diversity of some apple cultivars in the south of Syria based on morphological characters. *International Journal of Environment*, 4(4), 86-99.
- ALONSO DE HERRERA, G., (1818). *Agricultura General*. Tomo II. Madrid. Imprenta Real.
- ALONSO SEGURA, J.M.; SOCIAS I COMPANY, R.; KODAD, O., (2017). Late-blooming in almond: A controversial objective. *Scientia Horticulturae* 224:61-67
- ASIN L., (2011). Russeting en pera 'Conferencia'. XVI Jornada Frutícola de Mollerussa. IRTA.
- ASMA, B.; OZTURK, K., (2005). Analysis of morphological, pomological and yield characteristics of some apricot germplasm in Turkey. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 52: 30.
- AYERBE L., (2005). Generalidades sobre los Recursos Fitogenéticos: Relaciones Internacionales. XI Curso Internacional sobre Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación. Alcalá de Henares.
- BADENES, M.; MARTÍNEZ-CALVO, J.; LLÁCER, G., (1998). Analysis of apricot germplasm from the European ecogeographical group. *Euphytica* (1998) 102: 93.
- BELL, R.L.; ITAI A., (2011). *Pyrus*. En: KOLE C. (Eds.) *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- BELL, R.L.; QUAMME, H.A.; LAYNE, R.E.C.; SKIRVIN, R.M., (1996). Pears. En: J. JANICK and J.N. MOORE (Eds.). *Fruit breeding*. Vol. I. Tree and tropical fruits. John Wiley and Sons, London, U.K. pp. 441-514.
- BREZHNEV, D. D., y KOROVINA, O. N., (1980). Wild relatives of cultivated plants in the flora of the USSR. 376 pp.
- BROOKS, R.; OLMO, H., (1997). *Register of Fruit Nut Varieties* (3ª Ed.). Alexandria: ASHS Press.
- CARRERA, M., (2000). *Varietades y calidad de las peras en Aragón*, APEPH. ISBN 63-00030-01-6. 83 pp.

- CHMIELEWSKI, F. M.; MÜLLER, A.; BRUNS, E., (2004). Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121(1), 69-78.
- DE LA ROSA, L., (2005). Caracterización y evaluación de Recursos Fitogenéticos. XI Curso Internacional sobre Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación. Alcalá de Henares.
- DONDINI, L.; SANSAVINI, S., (2012) European Pear. In: BADENES, M.; BYRNE, D. (Eds.) *Fruit Breeding. Handbook of Plant Breeding*, vol. 8. Springer, Boston, MA.
- ESPIAU, M.T.; FONT I FORCADA, C.; RUBIO CABETAS, M.J., SANZOL, J.; ALONSO SEGURA, J. M.; FERNÁNDEZ I MARTÍ, A.V., (2015). Genetic diversity in local Spanish pear cultivars assessed by molecular characterization with SSRs. Libro de abstracts del XIV Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics. Bolonia (Italia).
- FARINA, V.; MOSSAD, A., (2011). Yield and fruit quality characterization of eight old Sicilian apple cultivars. *International Journal of Fruit Science*, vol. 11, no 3, p. 264-275.
- FEDERICO, M.; BUSCONI, M.; CAMANGI, F.; FOGHER, C.; STEFANI, A.; SEBASTIANI, L., (2008). Ancient *Pomoideae* (*Malus domestica* Borkh. and *Pyrus communis* L.) cultivars in 'Appenino Toscano' (Tuscany, Italy): molecular (SSR) and morphological characterization. *Caryologia*, 61(3), 320-331.
- FERREIRA DOS SANTOS, A.; RAMOS-CABRER, A.; DÍAZ-HERNÁNDEZ, M.; PEREIRA-LORENZO, S., (2011). Genetic variability and diversification process in local pear cultivars from northwestern Spain using microsatellites. *Tree Genet Genomes* 7:1041–1056.
- FISHER, M., (2009). Pear Breeding. En: S. MOHAN JAIN, P. PRYADARSHAN (Eds.). *Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species* (págs. 1-26). New York: Springer.
- FLECKINGER, J., (1954). Observations recentes sur l'écologie du pommier a cidre. VIII Congres. Intern. Botanique, 10pp.
- FLECKINGER, J., et al., (1948) The stages of development of fruit trees in relation to disease and pest control. The stages of development of fruit trees in relation to disease and pest control.
- GASI, F.; SIMON, S.; POJSKIC, N.; KURTOVIC, M.; PEJIC, I., (2010). Genetic assessment of apple germplasm in Bosnia and Herzegovina using microsatellite and morphologic markers. *Scientia horticultrae*, 126(2), 164-171.

- GIL-ALBERT VELARDE, F., (1995). Tratado de arboricultura frutal. Volumen 4. Madrid: Mundi-Prensa.
- HAN, J. H.; CHO, J. G.; SON, I. C.; KIM, S. H.; LEE, I. B.; CHOI, I. M.; KIM, D., (2012). Effects of elevated carbon dioxide and temperature on photosynthesis and fruit characteristics of 'Niiitaka' pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 53(5), 357-361.
- HANCOCK, J.F.; LOBOS, G.A., (2008). Pears. En J.F. HANCOCK (Ed), *Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics* (págs. 299-325). Dordrecht: Springer Verlag.
- HERRERO, J., (1964). Cartografía de frutales de hueso y pepita. CSIC, Estación Experimental de Aula Dei, Departamento de Pomología, 1964, [Zaragoza] Capítulo IV: Apéndice de variedades de Peral .
- HIDALGO, R., (2003). Variabilidad Genética y Caracterización de especies vegetales. En: FRANCO e HIDALGO (Eds.) *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización morfológica de Recursos Fitogenéticos*.
- HÖFER, M.; FLACHOWSKY, H.; HANKE, M. V.; SEMĚNOV, V.; ŠLĀVAS, A.; BANDURKO, I.; SOROKIN, A.; ALEXANIAN, S., (2013). Assessment of phenotypic variation of *Malus orientalis* in the North Caucasus region. *Genetic resources and crop evolution*, 60(4), 1463-1477.
- HUMMER, KE. y JANICK, J., (2009). *Rosaceae: Taxonomy, Economic Importance, Genomics*. En: *Genetics and Genome of Rosaceae*. Folta y Gardiner (Eds.).
- IGLESIAS I., BONANY J., VILARDELL P., RUIZ, S., (2015). El cultivo de peral en España: tecnología de producción, consumo e intercambios comerciales. *Fruticultura* nº 45, 2015: 6-33.
- JANICK, J.; MOORE, J., (1975). *Advances in fruit breeding*. Purdue University Press, 38-70.
- KAJIURA, I., (2002). Studies on the recent advances and future trends in asian pear in Japan. *Acta Hort.* 587, 113-124.
- KAUFMAN, L.; ROUSSEEUW, P.J., (2009). *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*, John Wiley and Sons.
- LEITE, D.L.; SOUZA, C.M., (2003). Polinização. En: A. CETELLAS-QUEZADA, A; NAKASU, B.H.; HERTE, F.G. (Eds.). *Pera: Produção*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. 105 pp.
- LOMBARD, P. B.; CORDY, C. B.; HANSEN, E., (1971). Relation of post-bloom temperature to 'Bartlett' pear maturation. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 96, 799 – 801.

- LOMBARD, P. B.; WESTWOOD, M.N., (1987). Pear rootstocks. p. 145–183. In: R. C. ROM and R. F. CARLSON (Eds.). Rootstocks for fruit crops. John Wiley and Sons, New York.
- LOMBARD, P.B., (1982). Pear pollination and fruit set. En T. VAN DER ZET, N. CHILDERS (Eds.), The pear (págs. 91-103). Gainesville: Florida.
- MALEYEV, V.P., (1939). Pear-*Pyrus* L. En V.L. KOMAROV (Ed), Flora of the USSR (Vol. 9, págs. 338-339). Moscow-Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences.
- MIRANDA, C.; DAPENA, E.; URBINA, V.; PEREIRA-LORENZO, S.; ERREA, P.; MORENO, M. A.; URRESTARAZU, J.; FERNANDEZ, M.; RAMOS-CABRER, A.M.; DIAZ-HERNANDEZ, M.B.; PINA, A.; SANTESTEBAN, L.G.; LAQUIDAIN, M.J.; DALMASES, J.; ESPIAU, M.T.; REIG, G.; GOGORCENA, Y., ASCASIBAR, J.; ROYO, J.B., (2017) Development of a standardized methodology for phenotypical characterizations in apple. Acta Hort. 1172, 367-370.
- MIRANDA, C.; URRESTARAZU, J.; SANTESTEBAN, L.G.; ROYO, J.B.; URIBINA, V., (2010) Genetic diversity and structure in a collection of ancient Spanish pear cultivars assessed by microsatellite markers. J Am Soc Hort Sci 135:428–437.
- MONTE-CORVO, L.; GOULAO, L.; OLIVEIRA, C., (2001). ISSR analysis of cultivars of pear and suitability of molecular markers for clone discrimination. Journal of the American Society for Horticultural Science, 126:517–522
- MORETTINI, A., (1967). Monografia delle principali cultivar di pero. Centro Miglioramento piante da frutto e da orto.
- NICOTRA, A.; COBIANCHI, D.; FAEDI, W., (1979). Monografia di cultivar di pero.
- PEREIRA-LORENZO, S., DOS SANTOS, A. R. F., RAMOS-CABRER, A. M., SAU, F., y DÍAZ-HERNÁNDEZ, M. B., (2012). Morphological variation in local pears from north-western Spain. Scientia horticulturae, 138, 176-182.
- PEREIRA-LORENZO, S., RAMOS-CABRER, A. M., ASCASÍBAR-ERRASTI, J., y PIÑEIRO-ANDIÓN, J., (2003). Analysis of apple germplasm in Northwestern Spain. Journal of the American Society for Horticultural Science, 128(1), 67-84
- PÉREZ-ROMERO, L. F., SUÁREZ, M. P., DAPENA, E., y RALLO, P., (2015). Molecular and morphological characterization of local apple cultivars in Southern Spain. Genetics and Molecular Research, 14(1), 1487-1501.
- POSTMAN, J.D., (2008). World *Pyrus* collection at USDA genebank in Corvallis, Oregon. Acta Hort. 800, 527-534

-
- RASBAND, W.S., (1997-2017) ImageJ. U. S. National Institutes of Health. Bethesda, Maryland, USA.
<https://imagej.nih.gov/ij/>
- RIEGER, M., (2006). Introduction to Fruit Crops. New York: Haworth Press.
- RODRIGUES, L.C.; MORALES, M.R.; FERNANDES, A.J.B.; ORTIZ, J.M., (2008). Morphological characterization of sweet and sour cherry cultivars in a germplasm bank at Portugal. *Genetic resources and crop evolution*, 55(4), 593-601.
- ROHLF, F.J., (1993). NTSYS-pc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System: Version 1.80, Exeter Software.
- RUBTSOV, G.A., (1944). Geographical distribution of the genus *Pyrus* and trends and factors in its evolution. *The American Naturalist*, 78:358-366.
- SANTESTEBAN, L. G., MIRANDA, C., y ROYO, J. B., (2009). Assessment of the genetic and phenotypic diversity maintained in apple core collections constructed by using either agro-morphologic or molecular marker data. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(3), 572-584.
- SANZOL, J.; HERRERO, M., (2002). Identification of self-incompatibility alleles in pear cultivars (*Pyrus communis* L.). *Euphytica*, vol. 128, no 3, p. 325-331.
- SHAHI-GHARAHLAR, A., ZAMANI, Z., FATAHI, M. R., y BOUZARI, N., (2010). Assessment of morphological variation between some Iranian wild *Cerasus* sub-genus genotypes. *Hortic Environ Biotechnol*, 51(4), 308-318.
- SOCIAS i COMPANY R., (1996). El germoplasma (3ª y última parte). El esquema español. *Frutic. Prof.* 77: 65-72.
- SOCIAS I COMPANY R.; GÓMEZ APARISI J.; ALONSO J. M., (2005). Year and enclosure effects on fruit set in an autogamous almond. *Scientia Horticulturae*, 104(3):369-377.
- TABUENCA, M.C., (1968). Influencia de la temperatura en la época de floración de seis variedades de peral. *An. Aula Dei*, 9, 33-50.
- THIBAUT, B., WATKINS, R. y SMITH, R.A., (1983). Descriptor list for pear (*Pyrus*), Commission of European Communities.
- UPOV, (2000). Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability - Pear (*Pyrus communis* L.) TG/15/3. UPOV. Ginebra

- URRESTARAZU, J., (2012). Análisis de la variabilidad del material autóctono de manzano, peral y vid conservado en Bancos del Noreste español. Tesis doctoral. Universidad Pública de Navarra.
- VAVILOV, N.I., (1951). The origin, variation immunity and breeding of cultivated plants. En K. CHESTER (Ed), *Chronica Botanica* (Vol. 13 (1/6)). New York: The Ronald Press.
- WESTWOOD, M.N., (1982). Madrid Mundi-Prensa. Fruticultura de zonas templadas. 461 pp.
- WORLD APPLE AND PEAR ASSOCIATION. Apple and Pear Production by country and year (2003-2013). Disponible en <http://www.wapa-association.org>.
- WÜNSCH, A., y HORMAZA, J.I., (2007). Characterization of variability and genetic similarity of European pear using microsatellite loci developed in apple. *Scientia horticulturae*, 113(1), 37-43.
- YAMAMOTO T., CHEVREAU E., (2009) Pear Genomics. En: Folta K.M., Gardiner S.E. (Eds.) *Genetics and Genomics of Rosaceae*. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models, vol. 6. Springer, New York, NY
- YU, T.; ZHANG, P., (1979). Xinjiang pears, a new series of cultivars of pears in China. *Acta Horticulturae Sinica*, 6:27-32.
- ZEVEN, A.; ZHUKOVSKY, P. M., (1975). Dictionary of cultivated plants and their centres of diversity. Wageningen: PUDOC.

