

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



Caracterización de la flor, cuajado y frutos de cultivares autóctonos de olivo en El Maestrazgo (Castellón)

Trabajo Fin de Máster

Máster en Sanidad y Producción Vegetal

Alumno: David Drago Domenech
Tutor: Domingo M. Salazar Hernández
Curso académico 2014/2015

Valencia, 7 de Julio de 2015

Alumno: David Drago Domenech

Tutor Académico: Domingo M. Salazar Hernández

Título: Caracterización de la flor, cuajado y frutos de cultivares autóctonos de olivo en El Maestrazgo (Castellón)

Valencia, Julio de 2015

Resumen:

España es el principal país oleícola. La producción de olivos en España representa casi la mitad de la producción mundial, siendo además el mayor exportador de aceituna del mundo. Una de las zonas olivareras más importantes de España es la zona de El Maestrazgo, donde se destaca su agricultura tradicional y una rica diversidad de cultivares, tanto autóctonos de la zona como foráneos.

El presente Trabajo Fin de Máster pretende comparar cinco cultivares que se cultivan en la comarca de El Maestrazgo (Castellón), como son “Farga”, “Nana”, “Llumero”, “Arbequina” y “Villalonga”, para posteriormente establecer una evolución desde el cuajado de flores hasta la maduración de frutos.

Para su realización, primero se caracteriza los frutos de los cultivares mediante parámetros establecidos por la UPOV. A continuación se desarrolla la evolución de los frutos y su caracterización morfométrica durante la maduración. Estudiando posteriormente la evolución del color de la epidermis de los frutos. Se estudiará también la evaluación del poder de cuajado de las flores según diferentes tipos de polinización.

Palabras clave: olivo, color, cuajado, pomometría

Student: David Drago Domenech

Professor: Domingo M. Salazar Hernández

Title: Characterization of flower, flower setting and fruits of autochthonous olive tree cultivars in El Maestrazgo (Castellón)

Valencia, July 2015

Abstract:

Spain is the main olive oil productive country in the world. The production of olive trees in Spain represents nearly half of world's production, besides being the most exporter of olive in the world. One of the most important zones dedicated to olive tree in Spain is the zone known as El Maestrazgo, where its traditional agriculture and cultivar richness are highlighted.

In the present study, it pretends to compare five cultivars that are cultivated in the region of El Maestrazgo (Castellón) ("Farga", "Nana", "Llumero", "Arbequina" and "Villalonga") and then set an evolution from flower setting to fruit maturation.

To accomplish it, first fruits of the cultivars are characterized according to the parameters established by UPOV. Afterward the evolution of the fruits and its morphometric characterization during maturation is developed. Then it's studied the evolution of the epidermis color of the fruits. It is evaluated the power of flower setting by different types of pollination.

Key words: olive tree, color, flower setting, pomology

Agradecimientos

Me gustaría hacer una mención especial mi Familia, sobretodo mis padres Víctor y Vicentica, y Sofi, por todo el apoyo recibido de su parte y por su colaboración en las tareas de campo requeridas para este trabajo.

Índice

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. BOTÁNICA Y FISIOLÓGÍA DEL OLIVO	1
1.2. ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL CULTIVO DEL OLIVO.....	2
1.3. EL CULTIVO DEL OLIVO.....	3
1.3.1. El olivo en España	3
1.3.1.1. Importancia del cultivo del olivo.....	3
1.3.1.2. Cultivares de olivo en España.....	5
1.3.2. El olivo en la Comunidad Valenciana	5
1.3.2.1. Importancia del cultivo del olivo en la Comunidad Valenciana.....	5
1.3.2.2. Estructura varietal en la Comunidad Valenciana	7
1.3.3. El cultivo del olivo en la comarca de El Maestrazgo (Castellón)	10
1.3.3.1. Antecedentes del cultivo en la comarca y en Traiguera	10
1.3.3.2. Importancia del cultivo en la zona	11
1.3.3.3. Cultivares de olivo en la zona de El Maestrazgo	13
1.4. LA POLINIZACIÓN DEL OLIVO.....	13
1.4.1. Descripción de la flor.....	13
1.4.2. Floración y cuajado	14
1.4.3. Reproducción sexual del olivo	15
1.5. EL FRUTO DEL OLIVO.....	16
1.5.1. Desarrollo de la aceituna y maduración.....	16

CAPÍTULO 2: OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS.....	19
----------------------------	-----------

CAPÍTULO 3: MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	21
3.2. MATERIAL VEGETAL	24
3.2.1. Elección varietal.....	24
3.2.2. Cultivares utilizados. Características generales	24
3.3. TOMA DE MUESTRAS DEL FRUTO	29
3.3.1. Recogida de muestras	30
3.4. MUESTREO PARA EL ESTUDIO DE LA POLINIZACIÓN	36
3.5. MORFOMETRÍA DEL FRUTO.....	37

3.6. METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL ESTUDIO	39
3.6.1. Método pomológico	39
3.6.2. Método colorimétrico	40
3.6.3. Tratamiento estadístico	41
 CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO MEDIANTE NORMA UPOV	43
4.2. EVOLUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE FRUTOS	46
4.2.1. Evolución del peso del fruto	46
4.2.2. Evolución del peso del endocarpio	47
4.2.3. Caracterización del fruto en maduración	49
4.2.4. Análisis multivariado. Matrices de correlación	54
4.2.4.1. Matriz de correlación del cultivar “Arbequina”	55
4.2.4.2. Matriz de correlación del cultivar “Farga”	56
4.2.4.3. Matriz de correlación del cultivar “Llumero”	57
4.2.4.4. Matriz de correlación del cultivar “Nana”	58
4.2.4.5. Matriz de correlación del cultivar “Villalonga”	59
4.3. EVOLUCIÓN DEL COLOR EN LOS FRUTOS	60
4.3.1. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Arbequina”	60
4.3.2. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Farga”	62
4.3.3. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Llumero”	63
4.3.4. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Nana”	65
4.3.5. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Villalonga”	66
4.4. ESTUDIO DEL CUAJADO DE FLORES Y FASES INICIALES DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO	68
4.4.1. Estudio del cuajado de flores en los cultivares estudiados	68
4.4.2. Análisis de la influencia de la orientación en el cuajado	72

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIONES..... 76

CAPÍTULO 6: BIBLIOGRAFÍA

Índice de figuras

<i>Figura 1.1. Difusión del cultivo del olivo en la Cuenca del Mediterráneo (Rallo, 2005)...</i>	2
<i>Figura 1.2. Producción, en toneladas, de aceituna por los países más productores de aceite en 2013 (FAOSTAT)</i>	3
<i>Figura 1.1. Mapa de distribución de cultivares de la Comunidad Valenciana (Íñiguez et al, 2001).....</i>	9
<i>Figura 1.4. Gráfico de kilogramos de aceitunas y rendimiento medio de 18 años en la Cooperativa El Progreso de Traiguera.....</i>	12
<i>Figura 3.1. Situación de Traiguera en la Comunidad Valenciana (Google Maps, 2015)</i>	21
<i>Figura 3.2. Parcelas en las que se realizó el estudio (SIGPAC, 2015)</i>	23
<i>Figura 3.3. Escala de color CIE Lab. (Hunter Associates Laboratory, Inc. (2012)</i>	40
<i>Figura 4.1. Evolución del peso en gramos del fruto</i>	46
<i>Figura 4.2. Evolución del peso en gramos del endocarpio</i>	48
<i>Figura 4.3. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable peso fruto</i>	49
<i>Figura 4.4. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable peso pulpa</i>	51
<i>Figura 4.5. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable peso endocarpio.....</i>	51
<i>Figura 4.6. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable longitud del fruto</i>	51
<i>Figura 4.7. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable ancho A del fruto.....</i>	51
<i>Figura 4.8. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable ancho B del fruto.....</i>	52
<i>Figura 4.9. Espacio de color del cultivar “Arbequina”</i>	60
<i>Figura 4.10. Espacio de color del cultivar “Farga”</i>	62
<i>Figura 4.11. Espacio de color del cultivar “Llumero”.....</i>	63
<i>Figura 4.12. Espacio de color del cultivar “Nana”</i>	65
<i>Figura 4.13. Espacio de color del cultivar “Villalonga”.....</i>	66
<i>Figura 4.14. Cuajado y nº medio de botones florales en “Farga”.en los distintos tipos de polinización (PL = Polinización Libre Cruzada; AP = Autopolinización; PDA = Polinización dirigida mediante “Arbequina”)</i>	68
<i>Figura 4.15. Cuajado y nº medio de botones florales en “Llumero” en los distintos tipos de polinización</i>	68
<i>Figura 4.16. Cuajado y nº medio de botones florales en “Nana” en los distintos tipos de polinización.....</i>	69
<i>Figura 4.17. Cuajado y nº medio de botones florales en “Villalonga” en los distintos tipos de polinización</i>	69

Figura 4.18. Gráfico de medias e intervalos LSD (Valor-P < 0,05) de la relación frutos cuajados y número de botones florales en polinización dirigida mediante "Arbequina"
..... 71

Índice de fotografías

<i>Fotografía 3.1. Ejemplar de “Arbequina” utilizado en el estudio.....</i>	<i>25</i>
<i>Fotografía 3.2. Ejemplar de “Farga” utilizado en el estudio</i>	<i>26</i>
<i>Fotografía 3.3. Ejemplar de “Llumero” utilizado en el estudio</i>	<i>27</i>
<i>Fotografía 3.4. Ejemplar de “Nana” utilizado en el estudio.....</i>	<i>28</i>
<i>Fotografía 3.5. Ejemplar de “Villalonga” utilizado en el estudio</i>	<i>29</i>
<i>Fotografía 3.6. Frutos de “Arbequina” del muestreo 1</i>	<i>31</i>
<i>Fotografía 3.7. Frutos de “Arbequina” del muestreo 2</i>	<i>31</i>
<i>Fotografía 3.8. Frutos de “Arbequina” del muestreo 3</i>	<i>31</i>
<i>Fotografía 3.9. Frutos de “Arbequina” del muestreo 4</i>	<i>31</i>
<i>Fotografía 3.10. Frutos de “Arbequina” del muestreo 5</i>	<i>31</i>
<i>Fotografía 3.11. Frutos de “Farga” del muestreo 1.....</i>	<i>32</i>
<i>Fotografía 3.12. Frutos de “Farga” del muestreo 2.....</i>	<i>32</i>
<i>Fotografía 3.13. Frutos de “Farga” del muestreo 3.....</i>	<i>32</i>
<i>Fotografía 3.14. Frutos de “Farga” del muestreo 4.....</i>	<i>32</i>
<i>Fotografía 3.15. Frutos de “Llumero” del muestreo 1.....</i>	<i>33</i>
<i>Fotografía 3.16. Frutos de “Llumero” del muestreo 2.....</i>	<i>33</i>
<i>Fotografía 3.17. Frutos de “Llumero” del muestreo 3.....</i>	<i>33</i>
<i>Fotografía 3.18. Frutos de “Llumero” del muestreo 4.....</i>	<i>33</i>
<i>Fotografía 3.19. Frutos de “Llumero” del muestreo 5.....</i>	<i>33</i>
<i>Fotografía 3.20. Frutos de “Nana” del muestreo 1</i>	<i>34</i>
<i>Fotografía 3.21. Frutos de “Nana” del muestreo 2</i>	<i>34</i>
<i>Fotografía 3.22. Frutos de “Nana” del muestreo 3</i>	<i>34</i>
<i>Fotografía 3.23. Frutos de “Nana” del muestreo 4</i>	<i>34</i>
<i>Fotografía 3.24. Frutos de “Nana” del muestreo 5</i>	<i>34</i>
<i>Fotografía 3.25. Frutos de “Villalonga” del muestreo 1.....</i>	<i>35</i>
<i>Fotografía 3.26. Frutos de “Villalonga” del muestreo 2.....</i>	<i>35</i>
<i>Fotografía 3.27. Frutos de “Villalonga” del muestreo 3.....</i>	<i>35</i>
<i>Fotografía 3.28. Frutos de “Villalonga” del muestreo 4.....</i>	<i>35</i>
<i>Fotografía 3.29. Frutos de “Villalonga” del muestreo 5.....</i>	<i>35</i>
<i>Fotografía 3.30 Embolsado de botones florales.....</i>	<i>37</i>
<i>Fotografía 3.31. Estado fenológico 59 en la escala BBCH.....</i>	<i>37</i>
<i>Fotografía 3.32. Balanza de precisión y pie de rey digital.....</i>	<i>38</i>

Fotografía 3.33. Colorímetro usado en el ensayo MINOLTA CR-200 38

*Fotografía 4.1. Frutos procedentes de la polinización cruzada y azofairones del cultivar
"Villalonga"..... 71*

Índice de tablas

<i>Tabla 1.1. Tabla de toneladas de aceitunas producidas en España por meses (AICA, 2015).....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 1.2. Caracterización de zonas olivareras en la Comunidad Valenciana (Montoro, 2000). Datos de GVA (2013)</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 3.1. Número de muestreos y fecha de los mismos</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 3.2. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar “Arbequina”</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 3.3. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar “Farga”</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3.4. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar “Llumero”</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3.5. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar “Nana”</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 3.6. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar “Villalonga”</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 4.1. Ficha del cultivar “Arbequina” para la caracterización del fruto.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 4.2. Ficha del cultivar “Farga” para la caracterización del fruto.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4.3. Ficha del cultivar “Llumero” para la caracterización del fruto.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4.4. Ficha del cultivar “Nana” para la caracterización del fruto</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 4.5. Ficha del cultivar “Villalonga” para la caracterización del fruto.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 4.6. Valor medio del peso de los frutos de cada cultivar.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 4.7. Prueba de múltiples rangos para la variable peso del fruto.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 4.8. Valor medio del peso de la pulpa (en gramos) en cada cultivar</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 4.9. Valor medio del peso del endocarpio (en gramos) en cada cultivar</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 4.10. Valor medio de la longitud del fruto (en mm) cada cultivar</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 4.11. Valor medio del ancho A del fruto (en mm) de cada cultivar.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 4.12. Valor medio del ancho B del fruto (en mm) de cada cultivar.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 4.13. Matriz de correlación del cultivar “Arbequina”</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 4.14. Matriz de correlación del cultivar “Farga”</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 4.15. Matriz de correlación del cultivar “Llumero”</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 4.16. Matriz de correlación del cultivar “Nana”</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 4.17. Matriz de correlación del cultivar “Villalonga”</i>	<i>59</i>

<i>Tabla 4.18. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Arbequina”</i>	60
<i>Tabla 4.19. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Farga”</i>	62
<i>Tabla 4.20. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Llumero”</i>	64
<i>Tabla 4.21. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Nana”</i>	65
<i>Tabla 4.22. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Villalonga”</i>	67
<i>Tabla 4.23. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “Farga” según tipo de polinización y orientación</i>	72
<i>Tabla 4.24. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “Llumero” según tipo de polinización y orientación</i>	72
<i>Tabla 4.25. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “Nana” según tipo de polinización y orientación</i>	73
<i>Tabla 4.26. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “Villalonga” según tipo de polinización y orientación</i>	73

Capítulo 1: Introducción

1.1. BOTÁNICA Y FISIOLOGÍA DEL OLIVO

Como especie botánica, el olivo cultivado (*Olea europaea* subsp. *europaea*) pertenece a la familia botánica *Oleaceae*, que se engloba dentro del orden *Lamiales*, clase *Magnoliopsida* y división *Magnoliophyta*.

El género *Olea* contiene aproximadamente 40 especies y sub-especies extendidas a lo largo de África, Europa, Asia y Oceanía (Besnard *et al*, 2002). Además del olivo *Olea europaea* subsp. *europaea*, que es uno de los cultivos más importantes en toda la Cuenca Mediterránea, existen otras cinco sub-especies no mediterráneas: subsp. *laperrinei* distribuida por los macizos del Sáhara; subsp. *cuspidata* desde Sudáfrica hasta el sur de Egipto y desde Arabia hasta el norte de India; subsp. *guanchica* en las Islas Canarias; subsp. *maroccana* en Agadir (Marruecos); y la subsp. *cerasiformis* en la isla de Madeira (Green & Wickens, 1989).

Recientes estudios de citometría de flujo y análisis con microsatélites nucleares demuestran que las subespecies *europaea*, *laperrinei*, *cuspidata* y *guanchica* son diploides, mientras que la subsp. *maroccana* es hexaploide y la subsp. *cerasiformis* tetraploide (Besnard *et al*, 2008).

Barranco *et al* (2008) describen el olivo cultivado como un árbol de tamaño mediano, que puede alcanzar grandes alturas según el cultivar, aunque raramente supera los cuatro metros. Puede permanecer vivo y productivo durante cientos de años. Es un árbol polimórfico, con fases juvenil y adulta. Se diferencian estas fases según la capacidad reproductora (en fase adulta), en el potencial de enraizamiento (mayor en fase juvenil) y en diferencias morfológicas específicas en hojas y ramos.

El olivo es una planta que se caracteriza por su resistencia a la sequía. Se han estudiado sus causas y se ha demostrado que los estomas de las hojas se abren y cierran mejor que otras plantas y, por lo tanto, disminuye su transpiración porque cierran mejor sus estomas en las horas del día de máxima insolación. Esta situación hace que el olivo tenga una gran capacidad para absorber agua útil del suelo (Carrasco, 2004).

La profundidad y la extensión lateral del sistema radical y el grado de ramificación dependen del tipo y profundidad del suelo, de la aireación y del contenido de agua del mismo (Fernández *et al*, 1991).

1.2. ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL CULTIVO DEL OLIVO

El origen del olivo silvestre se sitúa en Asia Menor (Figura 1.1), donde es muy abundante, formando verdaderos bosques. Parece haberse extendido desde Siria hacia Grecia, a través de Anatolia, aunque otras hipótesis lo sitúan en el Bajo Egipto, en Nubia, en Etiopía, en las montañas del Atlas o en determinadas regiones de Europa. Se considera autóctono de toda la Cuenca Mediterránea y se ubica el origen del olivo cultivado en Asia Menor hace unos seis milenios. De los pueblos antiguos de la zona, únicamente los asirios y los babilonios no lo conocían (COI, 2015).

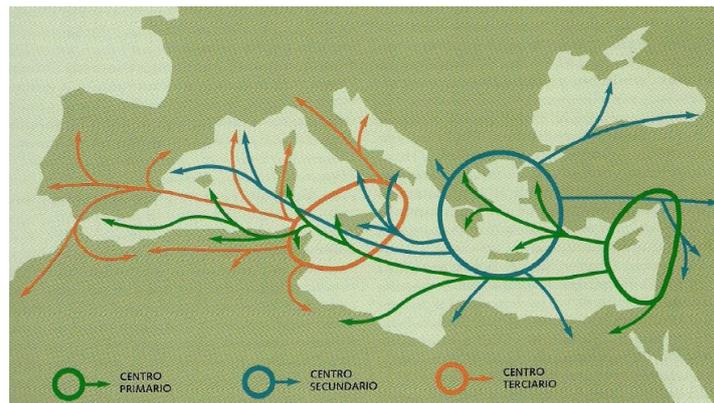


Figura 1.1. Difusión del cultivo del olivo en la Cuenca del Mediterráneo (Rallo, 2005)

Desde el siglo VI a.C. se propagó por toda la Cuenca del Mediterráneo pasando a Trípoli, a Túnez, a la isla de Sicilia, y desde allí a la Italia Meridional. Los romanos prosiguen la expansión del olivo por los países costeros del Mediterráneo como arma pacífica en sus conquistas para el asentamiento de poblaciones (COI, 2015).

El olivo, que se había introducido en España durante la dominación marítima de los fenicios (1050 a.C), no alcanzó notable desarrollo hasta la llegada de Escipión (212 a.C) y la dominación de Roma (45 a.C). Después de la tercera guerra púnica, el olivar ocupaba una vasta extensión en la Bética y se expandió hacia el centro y el litoral

mediterráneo de la Península Ibérica. Los árabes introdujeron sus cultivares en el sur español e influyeron en la difusión del cultivo hasta el punto de que muchos términos españoles referidos a aceituna, aceite o acebuche o los vocablos en portugués para aceituna (azeitona) y aceite de oliva (azeite) tienen raíz árabe (COI, 2015).

En la actualidad, el cultivo del olivo está en fase expansiva, sobre todo con la aparición de plantaciones intensivas en regadío, a las que se aplican técnicas de olivicultura avanzada y con las que se obtienen altos rendimientos productivos. Según FAOSTAT (2015), en 2013 se cultivan 10.201.775 hectáreas en el mundo con una producción de 16.558.175 toneladas de aceituna repartidas en 41 países pero los productores mayoritarios son los países de la Cuenca del Mediterráneo.

1.3. EL CULTIVO DEL OLIVO

1.3.1. El olivo en España

1.3.1.1. Importancia del cultivo del olivo

España es el mayor productor de olivos del mundo. En 2013 se llegaron a producir 7,87 toneladas de aceitunas en un área de 2,5 millones de hectáreas (Figura 1.2). La producción española representa aproximadamente el 60% de la producción de la UE y el 45% de la mundial (MAGRAMA, 2015). Además es el mayor exportador tanto de aceituna de mesa como de aceite de oliva del mundo, siendo el producto más valorado de todas las exportaciones con un valor de 3.042,52 \$/tonelada (FAOSTAT, 2015).

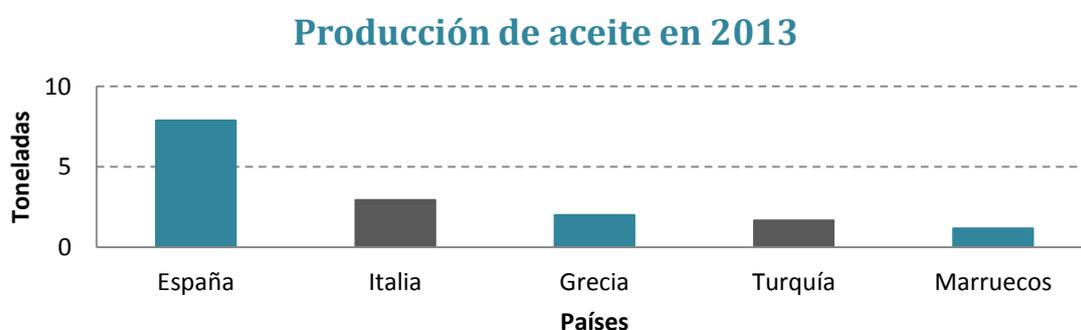


Figura 1.2. Producción, en toneladas, de aceituna por los países más productores de aceite en 2013 (FAOSTAT)

En cuanto a la superficie dedicada al olivo en España, la superficie total en el año 2012 es de 2.584.564 ha, de las cuales el 94,4% (2.439.660 ha) son de olivar de almazara, el 3% (77.734 ha) son olivar de mesa y el 2,6% (67.170 ha) son de olivar de doble aptitud (ESYRCE, 2013).

La distribución de olivar por Comunidades Autónomas se concentra sobre todo en el Este, Sur y Suroeste peninsular. Destaca por su importancia Andalucía donde se concentra el 60,2% de la superficie nacional. Le siguen en importancia Castilla la Mancha (15,7%) y Extremadura (10,4%). El resto de Comunidades Autónomas suman el 13,7% de la superficie nacional de olivar (ESYRCE, 2013).

Finalmente cabe destacar que a pesar de los avances en medidas de cultivo y prácticas para disminuir el impacto que produce la vecería en el olivar español, sigue habiendo una tendencia por alternar años con producciones elevadas con años donde la producción disminuye considerablemente (Tabla 1.1) (AICA, 2015).

Tabla 1.1. Tabla de toneladas de aceitunas producidas en España por meses (AICA, 2015)

	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015
Octubre	6,3	18,6	6,6	8,8	30,2
Noviembre	97,8	170,2	87,7	169,7	156,6
Diciembre	431,3	655,4	296,3	592,2	426,2
Enero	548,4	577,8	158,9	483,0	159,5
Febrero	255,8	149,4	49,1	300,1	37,3
Marzo	44,0	33,9	10,3	207,9	
Abril	3,6	4,4	5,1	14,5	
Mayo	4,7	5,3	4,2	5,3	
Junio	0,0	0,0	0,0	0,0	
Julio	0,0	0,0	0,0	0,0	
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	
Septiembre	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	1.391,9	1.615	618,2	1.781,5	809,8

1.3.1.2. Cultivares de olivo en España

El material vegetal cultivado en España está constituido por un gran número de cultivares que, al igual que en otros países olivareros, son antiguos y su difusión está restringida en torno a su posible lugar de origen. Cabe añadir que existe la problemática acerca de las denominaciones, ya que es posible que aparezcan cultivares con denominaciones diferentes dependiendo del lugar de cultivo e, incluso, se aplica la misma denominación a cultivares diferentes (Barranco, 1997).

En el conjunto de cultivares de olivo cultivados en España se pueden destacar tres características: son muy antiguos, han tenido poca difusión fuera de sus zonas de origen y, en general, están cultivados en sus propias raíces (Barranco, 1997).

La antigüedad de los actuales cultivares de olivo es un hecho comprobado y, de algunas, se tiene referencias de que ya se cultivaban hace más de 500 años. La localización de los diferentes cultivares alrededor de sus probables zonas de origen se debe, en parte, al desconocimiento aún presente sobre el comportamiento de los distintos cultivares en otras zonas de cultivo. Y finalmente la ausencia de patrones se debe a la facilidad de enraizamiento de la mayoría de cultivares de olivo y a la gran rusticidad de la especie (Barranco, 1997).

En total se han encontrado 272 cultivares de olivo en España. Esta diversidad se debe probablemente al origen autóctono de éstos, surgida de la probable selección por parte del agricultor de materiales diferentes en cada zona y de su restringida difusión en torno a la misma (Rallo, 2005).

1.3.2. El olivo en la Comunidad Valenciana

1.3.2.1. Importancia del cultivo del olivo en la Comunidad Valenciana

El olivo se encuentra extendido por toda la Comunidad Valenciana y hasta los años 1940-1950 era uno de los cultivos que ocupaba una mayor superficie. Es por ello un cultivo importante, tanto desde el punto de vista económico como social, por la gran cantidad de mano de obra que ocupa, especialmente en algunas comarcas del interior,

donde entre el 50-90% de la superficie cultivada está ocupada por el olivar (Iñiguez *et al*, 2001).

Según datos estadísticos de G.V.A. de 2013, el olivar es el tercer cultivo leñoso más extendido en la Comunidad Valenciana con 92.087 hectáreas. De toda esa superficie dedicada, es Castellón la provincia que más superficie dedica con 33.347 hectáreas, seguida de Valencia con 31.143 ha y finalmente Alicante con 27.597 ha.

En la Comunidad Valenciana se dedican a la olivicultura más de 63.000 olivicultores. Estos olivares, de tipo tradicional, son en un 95% de secano y con una baja densidad de plantación. Además, generalmente se invierte más tiempo que dinero en la olivicultura (CAJAMAR, 2013).

El olivar se cultiva por inercia o tradición. La mayoría de olivicultores tienen una renta que proviene del olivo y es prácticamente nula, con lo cual cobra importancia las subvenciones que reciben del Estado y de la Comunidad. También encontramos olivicultores que viven del olivar gracias a que también llevan a cabo la elaboración del aceite, y en muy pocos casos de dedicación exclusiva al cultivo (CAJAMAR, 2013).

La problemática de esta olivicultura anticuada que vive la Comunidad Valenciana viene por un exagerado minifundismo, la parcelación (con campos pequeños y diseminados), fuertes pendientes y acceso difícil que complican la mecanización, la escasa densidad de árboles por superficie, la diversidad varietal dispersa y la baja producción media y la vecería o alternancia que, a pesar de haber mecanismos para disminuir su efecto, sigue siendo muy patente (CAJAMAR, 2013).

En la Comunidad se producen unos 25.000 toneladas de aceite de oliva (GVA, 2014). Asimismo hay repartidas 131 almazaras entre 108 cooperativas y 23 industrias y cuenta con 97 envasadoras. La olivicultura actual está creciendo en calidad y cuenta con cultivares tradicionales perfectamente adaptables al clima y suelo. El carácter permanente de este cultivo ha permitido la fijación de la población rural de las áreas olivareras (López y Salazar, 2006), con lo cual ha permitido el desarrollo económico y agroindustrial de estas zonas.

1.3.2.2. Estructura varietal en la Comunidad Valenciana

El material vegetal autóctono es importante y ocupa un destacado lugar en el panorama nacional. De los 23 cultivares principales cultivados en España, 6 son valencianos (“Villalonga”, “Blanqueta”, “Farga”, “Serrana”, “Changlot Real” y “Alfafara”) (Íñiguez *et al*, 1999).

Cabe destacar que existen 7 zonas productoras de aceituna diferenciadas en la Comunidad Valenciana, de las cuales 66.947 hectáreas de las 92.087 totales pertenecen a estas, es decir, casi un 73% de toda la superficie dedicada pertenece a esas zonas (Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Caracterización de zonas olivereras en la Comunidad Valenciana (Montoro, 2000). Datos de GVA (2013)

ZONA	CULTIVARES	SECTOR	ACEITE	SUP. (ha)
Alto Palancia – Sierra de Espadán	Serrana de Espadán y Villalonga	Agricultura tradicional	Baja acidez, sabor propio, color amarillo-oro brillante, con extracto, suave y afrutado	7.756
Maestrazgo	Farga, Morruda, Nana y Llumero	Agricultura tradicional en terrazas	Con cuerpo, sabor y olor afrutado, brillante transparente y limpio	18.665
La Serranía	Villalonga, Serrana de Espadán y Manzanilla	Agricultura tradicional, almazaras medias	Amarillo-verdoso, acidez medio-baja, cuerpo suave, picante y armonioso	3.456
Enguera – Canal de Navarrés	Manzanilla, Alfalareña y Blanqueta	Agricultura tradicional, almazaras medias	Amarillo-verdoso, afrutado, con extracto y gran paladar	9.120

ZONA	CULTIVARES	SECTOR	ACEITE	SUP. (ha)
Venta del Moro – Utiel/Requena – Ayora	Cornicabra, Villalonga, Piñón, Manzanilla y Asperilla	Agricultura tradicional, almazaras medias	Color dorado-verdoso, armoniosos, suaves, penetrantes y personales	5.050
La Montaña de Alicante	Cuquillo, Blanqueta, Gordal y Manzanilla	Agricultura tradicional, almazaras medias, cooperativas de 2º grado	Amarillo-claro-dorado, dulces, olor agradable, sabor afrutado y perfumado	16.900
Vinalopó	Alfaloreña, Gordal, Manzanilla y Cuquillo	Agricultura tradicional, almazaras pequeñas	Amarillo dorado, denso, dulce y armonioso	2.340

Tal y como se especifica en el apartado de “Cultivares de olivo en España” la clasificación de cultivares de olivo en la Comunidad Valenciana siguen la misma clasificación según su importancia relativa y su difusión: principales, secundarios, difundidos y locales. Esta clasificación hace referencia a su cultivo en la Comunidad Valenciana, por lo tanto su inclusión en las distintas clasificaciones dependerá de su importancia y difusión en la Comunidad Valenciana con independencia de que sean autóctonos de otras regiones españolas en donde tendrán una importancia distinta. Así cultivares que en el ámbito estatal se consideran principales como Picual o Arbequina, aquí se consideren secundarios o incluso como en el caso de la Hojiblanca, como difundido (Íñiguez *et al*, 2001).

Se podría hacer una última categoría de “otras denominaciones” en donde se incluyen todos aquellos cultivares diferentes, pero que son mal conocidas incluso localmente, que a veces corresponden a un solo árbol, y que no se identifican con ninguno de las cultivares anteriormente reseñados (Íñiguez *et al*, 2001).

Este ensayo se centra en el estudio de los cultivares principales “Farga” y “Villalonga”, así como los cultivares secundarios “Nana”, “Arbequina” y “Llumero”.

En el mapa varietal adjunto (Figura 1.3) muestra cómo están distribuidos los cultivares:

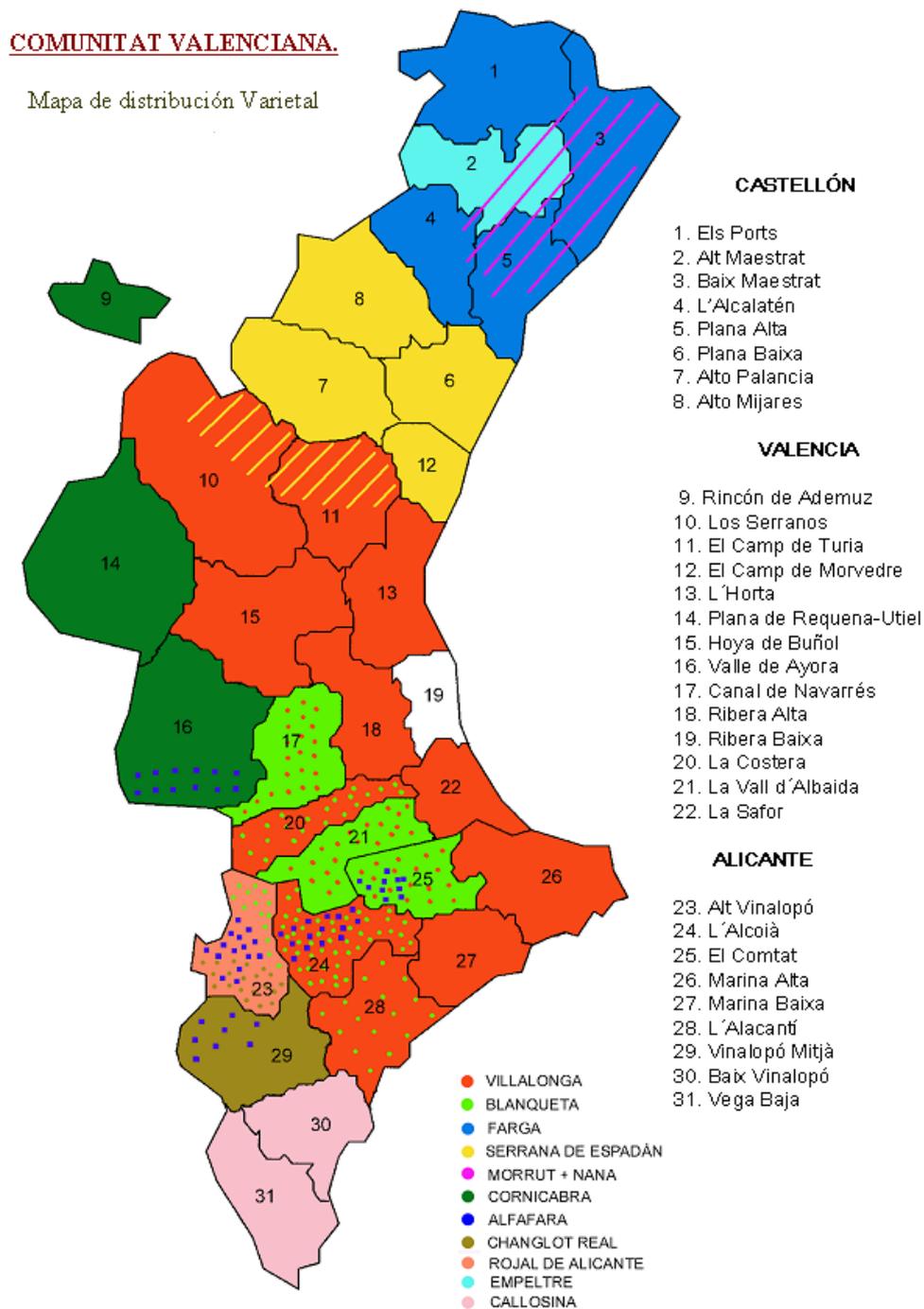


Figura 1.1. Mapa de distribución de cultivares de la Comunidad Valenciana (Íñiguez et al, 2001)

En la Comunidad Valenciana se cultivan cultivares autóctonos que no existen en ningún otro lugar, lo que hace que sus aceites sean únicos. Esta distribución procede del legado histórico de las diferentes culturas presentes en la península a lo largo de

los siglos y ha aportado al paisaje de la Comunidad numerosos ejemplares de olivos milenarios (DOP Aceite de la Comunitat Valenciana, 2015).

En materia de aceite, existe la Denominación de Origen Protegida “Aceite de la Comunitat Valenciana”. Este aceite de oliva virgen extra es obtenido a partir de las aceitunas del olivo exclusivamente de los siguientes cultivares pomológicamente autóctonos de la Comunitat Valenciana: “Farga”, “Serrana”, “Morrudas”, “Villalonga” y “Blanqueta”. La participación de cada una de ellas se encuentra entre los siguientes porcentajes: Serrana: 20-40 %; Villalonga: 20-40 %; Farga: 10-25 %; Blanqueta: 10-25 % y Morrudas: 5-10 % (DOP Aceite de la Comunitat Valenciana, 2015).

1.3.3. El cultivo del olivo en la comarca de El Maestrazgo (Castellón)

1.3.3.1. Antecedentes del cultivo en la comarca y en Traiguera

Podemos encontrar documentos que demuestran la antigüedad del cultivo del olivo en la zona del Maestrat (Castellón), si bien es cierto que los antecedentes que permiten conocer el origen del olivo son muy escasos y confusos.

El escritor y geógrafo Rufo Festo (siglo VI a.C.) denomina “*Oleum flumen*” (río de aceite) a la desembocadura del río Ebro y hace referencia a la costa del Maestrat (Ilercavona) (Meseguer, 1988).

Si estudiamos un poco la toponimia del nombre de los lugares de la comarca, nos encontramos con el nombre del barranco de “Aiguaoliva” que, según la opinión de Meseguer (1988), el nombre es sugerente porque desemboca en Benicarló tras haber transcurrido entre los olivares de La Jana, Traiguera y Sant Jordi.

En la evolución y situación del cultivo del olivo, hay que tener en cuenta la helada de enero de 1956 que fue un duro golpe para el olivar, ya que supuso la desaparición de un 30% de la superficie provincial, principalmente en las dos zonas más significativas, entre ellas el Maestrat. Esto unido a la transformación de muchas tierras de secano a regadío, propició el arranque de plantaciones de olivos, que han sido sustituidos por almendro, cítricos y otros frutales. Por ello la superficie cultivada disminuyó

considerablemente. A partir de los años 90 se ha parado esta tendencia, realizándose nuevas plantaciones (Íñiguez *et al*, 2001).

Esta helada ha determinado la actual estructura varietal de la comarca, puesto que hasta el citado fenómeno climatológico, el cultivar “Farga” ocupaba la práctica totalidad del olivar del Maestrat, encontrándose el resto de cultivares en forma de árboles aislados.

A pesar de la escasez de documentos escritos, en la zona quedan muchos vestigios que nos indican la antigüedad de la olivicultura en el Maestrat. Por una parte tenemos los numerosos molinos que podemos encontrar por los diferentes barrancos y ríos, tanto Cérvol como Senia, que servían para molturar y producir aceite a partir de la fuerza del agua, y por otro lado, el impresionante patrimonio vegetal que atesora esta zona: los olivos milenarios o monumentales.

La zona del Maestrat se ubica dentro del “Territori del Senia”. Éste tiene la mayor concentración de olivos milenarios o monumentales del mundo. Cuenta con municipios tanto valencianos como catalanes y aragoneses, y una estimación de unos 117.000 habitantes en 2.070 km², que van del mar Mediterráneo hasta las montañas dels Ports. Aunque forman parte de tres comunidades autónomas, estos pueblos tienen mucho en común: geografía, historia, lengua, cultura, pero también diferencias en población, altitud, comunicaciones y nivel de renta (Míček y Míček, 2012).

1.3.3.2. Importancia del cultivo en la zona

El Maestrat comprende actualmente tanto las comarcas del Baix Maestrat como del Alt Maestrat. Si bien es cierto que para los pueblos costeros la actividad agrícola ha pasado a un segundo plano debido al auge del turismo, en los pueblos interiores el sector primario sigue siendo la actividad principal.

Según datos de GVA (2013) hay 18.665 hectáreas dedicadas al cultivo del olivar en el Maestrat, de las cuales más del 95% pertenecen al cultivo de secano. También podemos comprobar como hay hasta 11 poblaciones que tienen como el olivar al cultivo más dedicado.

En la zona hay censados más de 4.800 olivos milenarios, según criterios aplicados en Andalucía y Valencia (olivos de más de 3,50 metros de perímetro de tronco a 1,3 metros del suelo). Además la zona cuenta con la producción de aceite certificado de olivos milenarios por 8 molinos de la zona, mejora de los aceites de cultivares tradicionales (“Farga”, “Morruda”, “Serrana”, “Empeltre”...) y actualmente se está trabajando en la creación de una DO suprarregional, en proyectos internacionales y en la posible candidatura a Patrimonio Mundial de la UNESCO (Míček y Míček, 2012).

El segundo pueblo que tiene más superficie de olivar es Traiguera. El término municipal de Traiguera tiene una superficie de 59,8 km² de los cuales dedica 3.856 hectáreas a la actividad agrícola, es decir, 38,56 km². Traiguera cuenta con 22,93 de superficie cultivada por olivar, por lo tanto obtenemos que casi el 40% del término de Traiguera corresponde a olivos.

Evolución de la producción de aceitunas y rendimiento medio

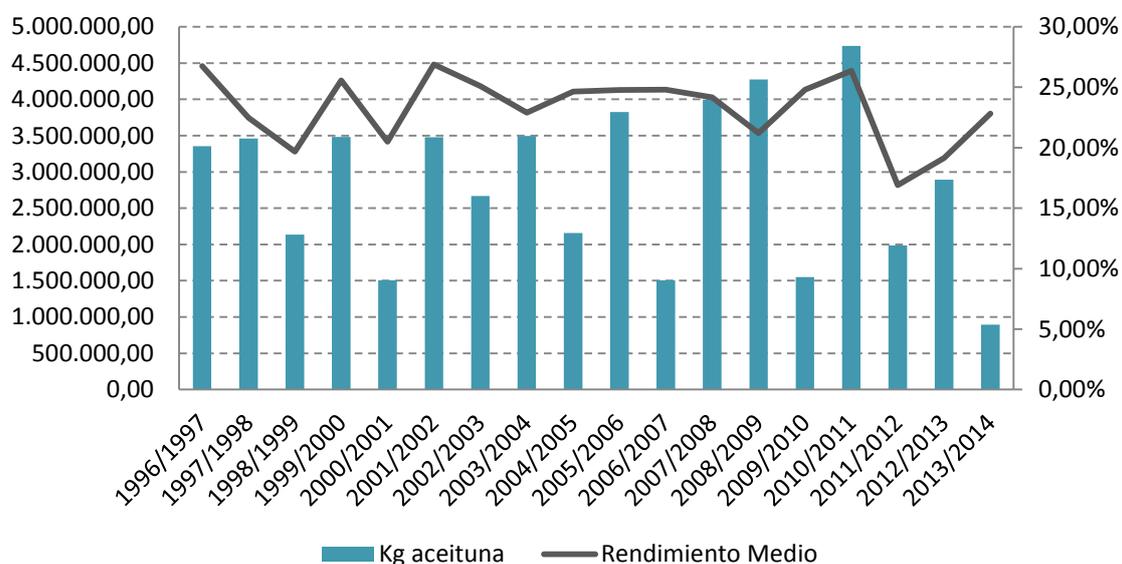


Figura 1.4. Gráfico de kilogramos de aceitunas y rendimiento medio de 18 años en la Cooperativa El Progreso de Traiguera

Como podemos observar tanto en la figura 1.4, el fenómeno de la vecería juega un papel importante, ya que se puede ver como hay años en los que la cosecha es muy abundante, pero al año siguiente la cosecha disminuye aproximadamente a la mitad.

Como se observa, la mejor campaña donde se obtuvo la mayor cantidad de aceitunas y aceite fue en la 11/12 con más de 4,5 toneladas de aceitunas y más de 1 tonelada de aceite. En cuanto a los rendimientos, han sufrido pequeñas variaciones a lo largo del tiempo pero se ha mostrado bastante estable, con un rendimiento medio alrededor del 21%.

1.3.3.3. Cultivares de olivo en la zona de El Maestrazgo

Respecto a la estructura varietal existente en la zona del Maestrat, ya se ha comentado anteriormente la gran importancia que tuvo la helada del año 1956. De esta forma, se pasó de un cultivo prácticamente monovarietal, formado por el cultivar “Farga”, a un olivar multivarietal, aunque manteniéndose el cultivar “Farga” como el dominante.

Las nuevas plantaciones se realizaron a partir de material vegetal procedente de la misma comarca o de las comarcas olivereras próximas. La difusión se realizó de forma desigual según el municipio observado, debido a la aparición de muchos cultivares locales. De este modo, en primer lugar se extendieron principalmente los cultivares “Morruda”, “Nana”, “Empeltre” y “Llumero”. Aunque de forma más limitada, también se extendieron numerosos cultivares locales. Más recientemente, se han introducido en la comarca cultivares como “Picual” y “Arbequina” (Íñiguez, A. *et al*, 2001).

A parte de las ya comentadas, se cultivan en menor cantidad y superficie cultivares como “Baix Fulla”, “Carrasqueña”, “Choco”, “Dotó”, “Figuereta”, “Morons”, “Rotja de Traiguera”, “Rotgeta”, “Serrana del Maestrazgo” o “Valentins”.

1.4. LA POLINIZACIÓN DEL OLIVO

1.4.1. Descripción de la flor

La flor del olivo es pequeña y actinomorfa, con simetría regular. El cáliz está constituido por un conjunto de sépalos y es un pequeño tubo de color blanco verdoso. La corola está compuesta por cuatro pétalos blancos o blanco-amarillentos unidos a su base. Los estambres son dos y están insertados en la corola en orientación opuesta.

Cada uno consta de un filamento corto y una antera relativamente grande. En el centro de la flor se encuentra el pistilo, formado por un ovario bilocular, con dos óvulos en cada lóculo, del que surge un estilo corto que finaliza en un estigma grande y papiloso (Barranco *et al*, 2008)

Las flores se forman en inflorescencias, que se desarrollan a partir de yemas axilares o a veces en el ápice del brote. Durante el crecimiento del brote, en el año anterior a la floración, se forman en cada nudo dos hojas opuestas con una yema en la axila de cada hoja. Existen dos tipos de flores: flores perfectas y flores masculinas o imperfectas (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

1.4.2. Floración y cuajado

Para que una yema sea de flor tiene que haber sufrido un proceso de iniciación floral, que incluye dos procesos: inducción y diferenciación de las estructuras de la inflorescencia y de la flor. Mientras la inducción floral se produce en la campaña previa a la floración, entre julio y octubre, la diferenciación de las estructuras se inicia en febrero, coincidiendo con la brotación (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

La fecha de floración depende de cada cultivar y de las condiciones climáticas previas a la floración, así como la capacidad de fructificación viene determinada por el vigor y crecimiento del árbol (Lavee *et al*, 1996).

Una vez que el grano de polen cae en el estigma, se desarrolla el tubo polínico. Durante 1-3 días el tubo polínico se mueve entre las células del pistilo, hasta alcanzar el saco embrionario, donde se produce la fusión de las células (doble fecundación) dando lugar al endospermo y al cigoto (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

El cuajado indica el estado de transición entre flor y fruto en desarrollo. Los factores que afectan al cuajado son una interacción entre la fisiología del olivo (polen viable, polen compatible con el cultivar, rápido crecimiento del tubo polínico, saco embrionario viable) y las condiciones ambientales. En cuanto al origen de los frutos, algunos no solo provienen del proceso normal de fecundación. Con frecuencia aparecen frutos de aspecto normal pero sin hueso debido al aborto del embrión.

Además de los frutos procedentes de la fecundación, se desarrollan frutos de menor tamaño denominados azofairones. Éstos son frutos partenocárpicos procedentes de ovarios no fecundados (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

1.4.3. Reproducción sexual del olivo

El olivo se considera parcialmente autoincompatible, por lo que la polinización cruzada incrementa el rendimiento y la calidad de la aceituna (Cristóbal y López-Carvajal, 2013). Según Weiland *et al* (2012) consideran el olivo una especie que considera alógama, lo que obliga al árbol a utilizar polen de otro cultivar. Sin embargo, la ausencia de polen de otro cultivar en las plantaciones monovarietales de muchas zonas con tradición olivarera no ha ocasionado pérdidas de cosecha, como las manifestadas en otros frutales autoincompatibles. Esto se puede deber a la existencia de cultivares con diverso nivel de autofertilidad (altamente autoincompatibles, parcialmente compatibles y autocompatibles) e interfertilidad (posibilidad de autofecundarse entre dos cultivares).

Los polinizadores también pueden ser clasificados en función de su eficiencia de fertilización para cada cultivar de olivo polinizada: malos, pasables y buenos polinizadores (Weiland *et al*, 2012).

La polinización del olivo es anemófila, es decir, los granos de polen son transportados por el viento. La dispersión de los granos de polen alcanza una gran densidad a distancias del olivo de entre 300 y 1000 metros, aunque se llega a detectar trazas de polen hasta a 10 km. Existe un gran debate sobre la compatibilidad polen-pistilo en olivo, tanto en lo referente a la polinización cruzada como a la autoincompatibilidad. Respecto a la autoincompatibilidad la problemática se ha comentado anteriormente. En cuanto a la polinización cruzada se han obtenido distintos resultados con los mismos cultivares en zonas diferentes, coincidiendo con las diferencias en el diseño de plantación entre países: en Italia se plantan filas de polinizadores, en España no (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

1.5. EL FRUTO DEL OLIVO

1.5.1. Desarrollo de la aceituna y maduración

Agustí (2004) define la aceituna como una drupa, es decir, fruto pequeño de forma elipsoidal a globosa, de mesocarpio carnoso y rico en aceite gracias a la acumulación del mismo en las vacuolas de las células parenquimáticas. Barranco *et al*, en 2008, la definen como un fruto con una sola semilla compuesto por tres tejidos principales: endocarpio, mesocarpio y exocarpio. El conjunto de estos tejidos se denomina pericarpio y tiene su origen en la pared del ovario. Los tejidos del fruto se desarrollan del ovario por los procesos de división, expansión y diferenciación celular, a partir de la fecundación y del cuajado inicial.

A partir del cuajado, el crecimiento de la aceituna transcurre en cuatro fases. En la Fase I de crecimiento exponencial se produce división y multiplicación celular, incrementándose tanto el tamaño del hueso como de la pulpa. En la Fase II tiene lugar el endurecimiento del hueso, y en condiciones tradicionales sin riego puede coincidir con una primera parada de crecimiento del fruto. En ese momento se produce la solidificación del endospermo y el desarrollo del embrión. En la Fase III el crecimiento exponencial se debe principalmente a la expansión de las células de la pulpa acompañado por la acumulación de ácidos grasos en ellas, y al incremento de los espacios celulares. La segunda y última parada de crecimiento (Fase IV) coincide con la toma de color de la epidermis de la aceituna y descomposición de las membranas de las células de la pulpa (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

El endocarpo o hueso empieza a crecer a partir de la fecundación y está compuesto por células esclerificadas en su estado maduro. El crecimiento del endocarpo ocurre en el periodo inicial del desarrollo del fruto (Rapoport *et al*, 2013). La última fase del endurecimiento del endocarpo coincide con el máximo crecimiento del embrión, una vez que la semilla ha alcanzado su tamaño definitivo (Rallo, 1994).

El mesocarpio es el tejido carnoso, que empieza a desarrollarse a partir de la fecundación y crece hasta la maduración. Sus células son parenquimáticas con una gran capacidad de crecimiento. Durante el desarrollo del mesocarpio las células

parenquimáticas aumentan en tamaño y, simultáneamente, la formación de notables espacios intercelulares. El almacenamiento de aceite ocurre en las vacuolas de las células parenquimáticas del mesocarpo (Barranco *et al*, 2008). La síntesis de ácidos grasos en las células del mesocarpo determina el rendimiento graso de la aceituna. En el caso de la aceituna se ha observado que la acumulación se inicia durante la fase de detención de crecimiento de la drupa y concluye al comienzo de la maduración (Rallo, 1994).

La piel de la aceituna está formada por células epidérmicas monoestratificadas, cubiertas por una cutícula gruesa que forma una capa, impermeable y protectora, sobre la superficie del fruto (Gómez del Campo y Rapoport, 2008). Algunos estomas se forman en la epidermis para luego convertirse en lenticelas, regiones que posiblemente actúan en el intercambio de gases. Tanto la estructura que forman las lenticelas en fase avanzada de desarrollo como su distribución, su número y tamaño son un carácter varietal (López y Salazar, 2006).

El proceso de maduración comprende una secuencia de cambios morfológicos, físicos y bioquímicos que hacen comestible el fruto. En olivicultura se ha convertido en un factor muy importante el índice de maduración, pues determina el óptimo de madurez y momento adecuado para iniciar la recolección.

Entre las transformaciones físicas se tiene una disminución de la consistencia, cambios en el color del fruto por disminución de clorofila e incrementos de antocianinas. Las variaciones químicas y fisiológicas están relacionadas con el aumento del contenido de aceites en el fruto y la transformación de las sustancias colorantes hidrosolubles que se trasladan al mesocarpo (Westwood, 1982).

Capítulo 2: Objetivos

2.1. OBJETIVOS

En este Trabajo Fin de Máster se persiguen dos objetivos concretos:

- Caracterización y evolución de flores y frutos en cultivares autóctonos (“Arbequina”, “Farga”, “Nana”, “Llumero” y “Villalonga”) de olivo en El Maestrazgo (Castellón)
- Como objetivo prioritario establecer el seguimiento y evolución del cuajado de dichos cultivares.

Capítulo 3: Material y métodos

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se ha realizado en la población de Traiguera, perteneciente a la comarca del Baix Maestrat y situada al norte de la provincia de Castellón (Figura 3.1). Su ubicación en coordenadas es 40°31'29"N y 0°17'24"E. Se ubica a 271 metros sobre el nivel del mar y el término municipal ocupa 59,8 km².

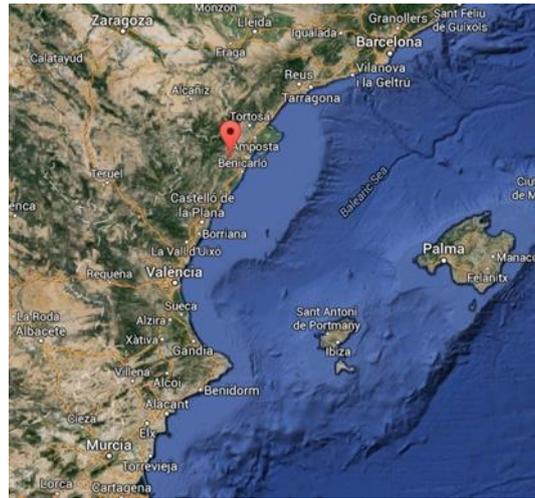


Figura 3.1. Situación de Traiguera en la Comunidad Valenciana (Google Maps, 2015)

La zona de estudio se encuadra dentro de la región climática denominada de clima Mediterráneo Marítimo. Se caracteriza por la influencia, desde el otoño a la primavera, de aire húmedo, inestable y no demasiado frío procedente del Mediterráneo. Si bien es cierto que la proximidad al mar actúa de control climático, la distribución de los relieves en la provincia, con montañas paralelas al litoral en las proximidades del mismo, atenúa el influjo marítimo y da carácter de continentalidad al clima en la mayor parte del territorio considerado (Fabra, 2013)

Otro factor que determina el clima regional está relacionado con el relieve, en el caso concreto de la Provincia de Castellón, la orientación N-S de las principales masas montañosas reduce al máximo las variaciones climáticas causadas por este motivo, por lo que no existe un gran contraste entre las vertientes de solana y umbría (Fabra, 2013).

El valor medio anual de precipitaciones se mantiene entre los 525 mm al año. En toda la zona, el régimen anual es típicamente mediterráneo con máximos otoñales y mínimos acusados en verano. Un régimen mediterráneo puro, manifestado igualmente en la gran irregularidad pluviométrica. No son raros los valores de un 35% del total anual en 24 horas, así como el 60% anual en el mes de máxima precipitación, generalmente octubre (Fabra, 2013).

Con estas influencias, la temperatura media anual de esta zona se mantiene entre los 17°C de la zona litoral a los 14°C de la zona prelitoral, ya a una altitud de 500-600 m.s.n.m. Las temperaturas medias primaverales se mantienen entre los 14-15°C. En su extremo invernal, las temperaturas medias mensuales se mantienen sobre los 6-7°C (Fabra, 2013).

En lo referente al relieve y la geomorfología, en la parte norte del término municipal la morfología es llana, en general, con pendientes inferiores al 5% y con numerosos abarrancamientos producidos por los cursos fluviales. No se encuentra ningún accidente montañoso en el entorno que hagan variar el paisaje típicamente llano de la Plana de Vinaròs. En la parte central y sur del término la morfología es fuertemente ondulada, en general, con diversos abarrancamientos producidos por los cursos fluviales y por las ramblas. Enmarcando el término municipal encontramos al oeste el macizo montañoso de la sierra Solá y las sierras del Esboïcs y La Màniga en la zona sur (Fabra, 2013).

En base a la clasificación taxonómica que realiza la FAO, el término municipal se divide en dos zonas. En la parte norte y central del término se encuentran suelos de tipo Luvisol rodocrómico. El perfil es de tipo ABtC. Sobre el horizonte árgico puede aparecer un albico, en este caso son integrados hacia los albeluvisoles. En la parte sur del término municipal aparece como suelo dominante el Cambisol cálcico.

Los cambisoles se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial. El perfil tipo de este suelo es ABC. Este tipo de suelo se caracteriza por presentar un horizonte A ócrico y debajo un horizonte B. El horizonte B se caracteriza por una débil a moderada alteración del material original, por la ausencia de

cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica y compuestos de hierro y aluminio, de origen aluvial (Fabra, 2013).

La totalidad de los ríos que encontramos en la zona de estudio, norte de la Provincia de Castellón, se encuentran clasificados en la Cuenca Hidrográfica del Júcar. El emplazamiento en estudio se encuentra situado en el Sistema de Explotación Cenia - Maestrazgo; este Sistema de Explotación se localiza al norte de la provincia de Castellón, en una pequeña porción de la de Tarragona, en una zona situada entre los 1.000 m.s.n.m. y el Mar Mediterráneo. Comprende la totalidad de las cuencas de los ríos Cenia, Vallviquera, Cérvol, Barranco de Aiguaoliva, Cervera, Alcalá y San Miguel, así como todas las cuencas litorales del territorio comprendido entre la margen izquierda del río Cenia y el límite de los términos municipales de Oropesa y Benicàssim (Fabra, 2013).

La recogida de muestras se realizó en dos parcelas colindantes, integrándose en única zona de cultivo con características edafoclimáticas idénticas, que hacen posible la realización del estudio.

La parcela 1 está localizada, dentro del término de Traiguera, en el polígono 16, parcela 1, y consta de 2,1334 ha. Por otro lado, la parcela 2 se sitúa en el polígono 16, parcela 7 y tiene una extensión de 2,9516 hectáreas (Figura 3.2).



Figura 3.2. Parcelas en las que se realizó el estudio (SIGPAC, 2015)

El cultivo está realizado en terrazas y la disposición de cultivares es la siguiente:

- Parcela 1: Cultivares “Farga”, “Llumeró” y “Nana”
- Parcela 2: Cultivares “Villalonga” y “Arbequina”

3.2. MATERIAL VEGETAL

3.2.1. Elección varietal

Para este estudio se han elegido los cultivares “Farga” por ser el cultivar autóctono más cultivado y su marcada influencia en los ingresos de los agricultores, así como los cultivares “Llumeró” y “Nana” por ser cultivares autóctonos y muy arraigados en la zona. También se han elegido los cultivares “Villalonga” y “Arbequina” para contrastar los resultados de cultivares autóctonos con estos dos materiales foráneos.

3.2.2. Cultivares utilizados. Características generales

Para la elección del material vegetal representativo de cada uno de los cultivares estudiados, se han tenido en cuenta características como la edad del árbol, producción de cosecha, buen estado sanitario o al menos sin ataques visibles de las plagas y enfermedades más habituales en el olivo, ser representativo y poseer las características más sobresalientes dentro del cultivar al que pertenecen.

A continuación se detallan las principales características agronómicas de los cultivares utilizados (Íñiguez *et al*, 2001); (López y Salazar, 2006); (Barranco *et al*, 2008); (MAGRAMA, 2015).

ARBEQUINA

Cultivar originario de la localidad leridana de Arbeca, que en Cataluña es el más cultivado. Introducido en los 90, en la actualidad se encuentra distribuido por toda la Comunidad Valenciana.

Es considerado rústico por su resistencia al frío y su tolerancia a la salinidad, pero es susceptible a clorosis férrica en terrenos muy calizos. Posee elevada capacidad de

enraizamiento y su entrada en producción es precoz. Su época de floración media y es considerada autocompatible. Sus frutos tienen una fuerza de retención media pero su pequeño calibre dificulta la recolección mecanizada con vibrador de troncos. Apreciado por su elevada y constante producción, la calidad de su aceite es excelente, principalmente por sus buenas características organolépticas, aunque presenta baja estabilidad. Su contenido en aceite es elevado. Su reducido vigor la hace aconsejable para plantaciones intensivas (Fotografía 3.1). Es sensible a la mosca y verticilosis y tolerante a repilo y tuberculosis. Es el cultivar base de las Denominaciones de Origen "Les Garrigues" (Lleida) y "Siurana" (Tarragona) de Cataluña.



Fotografía 3.1. Ejemplar de "Arbequina" utilizado en el estudio

FARGA

Cultivar muy antiguo originario del norte de la provincia de Castellón, en donde se encuentra distribuido. También se cultiva al sur de Tarragona. En toda la zona de cultivo es conocido por su nombre original, sin que se hayan encontrado sinonimias.

En general es un cultivar muy vigoroso (Fotografía 3.2), de producción elevada pero irregular, debido en gran parte a que los árboles tienen un fuerte desequilibrio hoja-

madera a causa de su edad. Su época de floración es media y su fecha de maduración temprana. El fruto presenta elevada resistencia al desprendimiento, que unido al gran tamaño de los árboles, dificulta la recolección mecanizada.

Cuando los frutos son recolectados adecuadamente, producen aceites de buena calidad, con un contenido graso elevado, aunque difícil de extraer.



Fotografía 3.2. Ejemplar de “Farga” utilizado en el estudio

LLUMERO

Originario del norte de Castellón, este cultivar se encuentra distribuido por el Alt y Baix Maestrat y La Plana Alta de Castellón; también aparece al sur de Tarragona. Se conoce también por la sinonimia de “Llumet” y “Llumeta”.

Cultivar muy rústico, resistente a la sequía y heladas (Fotografía 3.3). Su producción es elevada y constante, de rápido crecimiento y entrada en producción. Frutos de maduración tardía, con una fuerte resistencia al desprendimiento, lo que dificulta la recolección mecanizada. En la comarca de origen, la recolección de este cultivar suele comenzar a primeros de enero. Se considera resistente a la mosca, al repilo y a la tuberculosis. Produce aceite de calidad media, con una buena estabilidad, siendo el rendimiento graso medio.

Su madera es propensa a quebrarse y está considerado como un buen patrón para algunos cultivares.



Fotografía 3.3. Ejemplar de “Llumero” utilizado en el estudio

NANA

Probablemente originario de la localidad castellonense de Canet lo Roig, se encuentra distribuido principalmente por el Baix Maestrat y la Plana Alta. Se ha encontrado con las sinonimias de “Canetera”, “Seniera” y “Seniero”.

Cultivar con vigor escaso y débiles ramificaciones (Fotografía 3.4). Su entrada en producción es precoz, siendo elevada y constante. Se adapta bien a suelos pobres. El fruto es de maduración tardía, presentando resistencia media al desprendimiento. Se considera sensible a la sequía y al frío. Es susceptible a la mosca, tuberculosis, repilo y verticilosis. Aunque el fruto se destina principalmente para almazara, es bastante apreciada en su zona de cultivo como aceituna de aderezo. Produce aceites de calidad media, estables al enranciamiento, con rendimientos grasos medio-bajos. El rendimiento graso es del orden del 19-22%.



Fotografía 3.4. Ejemplar de “Nana” utilizado en el estudio

VILLALONGA

Originario del sur de la provincia de Valencia. Se distribuye por casi toda la provincia de Valencia, por la mayor parte de la de Alicante, y aparece algo más disperso en las comarcas castellonenses.

Lo encontramos con las siguientes sinonimias: “Manzanet”, “Manzanilla Valenciana”, “Mançanet gros”, “Forna”.

La época de floración de este cultivar es media y suele presentar bajos porcentajes de aborto ovárico. La entrada en producción es precoz y la productividad es elevada y constante. La época de maduración de sus frutos es temprana. Estos presentan una baja resistencia al desprendimiento que, junto con el porte erguido de sus ramas, facilitan su recogida mecánica (Fotografía 3.5).

Su rendimiento graso es elevado y el aceite de muy buena calidad. También es apreciado como aceituna de mesa, tanto para su aderezo en verde como en negro. La separación de la pulpa del hueso es difícil. Cultivar productivo pero exigente en condiciones de cultivo. Se considera susceptible al frío y a la sequía. Parece tolerar, sin

embargo, el exceso de humedad en el suelo. Se considera muy susceptible a repilo y verticilosis.



Fotografía 3.5. Ejemplar de “Villalonga” utilizado en el estudio

Según Íñiguez *et al* (2001) y su clasificación atendiendo a la importancia relativa y su difusión en una región o zona determinada, encontramos los cultivares “Farga” y “Villalonga” como cultivares principales. Tanto “Arbequina” como “Llunero” se clasificarían según cultivares secundarios, y finalmente el cultivar “Nana” como cultivar local.

3.3. TOMA DE MUESTRAS DEL FRUTO

Para llevar a cabo los análisis de los cultivares motivo de estudio de este trabajo se muestrearon frutos de los cultivares “Farga”, “Llunero”, “Nana”, “Villalonga” y “Arbequina”.

Se realizaron un total de cinco muestreos por cada cultivar, a excepción del cultivar “Farga” que solamente se pudieron realizar cuatro muestreos dado que no hubo más cosecha en el año que se ha realizado el Trabajo Fin de Máster que se presenta (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Número de muestreos y fecha de los mismos

Muestreo	Cultivares muestreados	Fechas
1	“Arbequina”, “Farga”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	25 de octubre del 2014
2	“Arbequina”, “Farga”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	8 de noviembre del 2015
3	“Arbequina”, “Farga”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	22 de noviembre del 2015
4	“Farga”	29 de noviembre del 2014
5	“Arbequina”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	8 de diciembre del 2014
6	“Arbequina”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	22 de diciembre del 2014

3.3.1. Recogida de muestras

Las muestras de aceitunas se tomaron en la campaña 2014-2015 y se llevaron a cabo mediante la recolección manual de entre tres a cuatro kilogramos de frutos alrededor del árbol evitando los frutos del interior del mismo (Rodríguez de la Borbolla *et al*, 1955) para cada uno de los árboles representativos del cultivar.

En cada muestra se tomaron 100 aceitunas de entre al menos tres árboles representativos cada uno de los cultivares estudiados. La toma de muestras fue realizada siempre por el mismo operario, a la altura de este y rodeando el árbol.

A continuación se muestran imágenes del estado fenológico al cual se muestrearon los frutos:

Tabla 3.2. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Arbequina"

ARBEQUINA		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	80	 <p>Fotografía 3.6. Frutos de "Arbequina" del muestreo 1</p>
2°	86	 <p>Fotografía 3.7. Frutos de "Arbequina" del muestreo 2</p>
3°	88	 <p>Fotografía 3.8. Frutos de "Arbequina" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.9. Frutos de "Arbequina" del muestreo 4</p>
5°	89	 <p>Fotografía 3.10. Frutos de "Arbequina" del muestreo 5</p>

Tabla 3.3. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Farga"

FARGA		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	82	 <p>Fotografía 3.11. Frutos de "Farga" del muestreo 1</p>
2°	85	 <p>Fotografía 3.12. Frutos de "Farga" del muestreo 2</p>
3°	88	 <p>Fotografía 3.13. Frutos de "Farga" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.14. Frutos de "Farga" del muestreo 4</p>

Tabla 3.4. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Llumero"

LLUMERO		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	82	 <p>Fotografía 3.15. Frutos de "Llumero" del muestreo 1</p>
2°	86	 <p>Fotografía 3.16. Frutos de "Llumero" del muestreo 2</p>
3°	88	 <p>Fotografía 3.17. Frutos de "Llumero" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.18. Frutos de "Llumero" del muestreo 4</p>
5°	89	 <p>Fotografía 3.19. Frutos de "Llumero" del muestreo 5</p>

Tabla 3.5. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Nana"

NANA		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	80	 <p>Fotografía 3.20. Frutos de "Nana" del muestreo 1</p>
2°	83	 <p>Fotografía 3.21. Frutos de "Nana" del muestreo 2</p>
3°	87	 <p>Fotografía 3.22. Frutos de "Nana" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.23. Frutos de "Nana" del muestreo 4</p>
5°	89	 <p>Fotografía 3.24. Frutos de "Nana" del muestreo 5</p>

Tabla 3.6. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Villalonga"

VILLALONGA		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	80	 <p>Fotografía 3.25. Frutos de "Villalonga" del muestreo 1</p>
2°	86	 <p>Fotografía 3.26. Frutos de "Villalonga" del muestreo 2</p>
3°	88	 <p>Fotografía 3.27. Frutos de "Villalonga" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.28. Frutos de "Villalonga" del muestreo 4</p>
5°	89	 <p>Fotografía 3.29. Frutos de "Villalonga" del muestreo 5</p>

3.4. MUESTREO PARA EL ESTUDIO DE LA POLINIZACIÓN

Con objeto de realizar el ensayo de los diferentes tipos de polinización (autopolinización, polinización dirigida mediante polen de “Arbequina” y polinización libre cruzada) sobre los cultivares objeto de estudio, se ha utilizado también material vegetal de las parcelas donde se obtuvieron los frutos para la caracterización pomológica.

El material vegetal utilizado fue escogido al azar. Se utilizó, en total, 24 árboles adultos de olivo, en concreto 3 árboles de los siguientes cultivares: “Farga”, “Llumero”, “Nana” y “Villalonga”, que realizaron la función de parentales receptores de polen. Como polinizador se usaron ramas con inflorescencias del cultivar “Arbequina”.

Para determinar la influencia de la polinización en las condiciones de cultivo del ensayo, primero se embolsaron dos ramos en cada orientación del árbol, uno para estudiar la autopolinización, y otro para la polinización mediante polen del cultivar “Arbequina” (Fotografía 3.30).

Además se etiquetó otro ramo, sin embolsar, para comparar los resultados con la polinización libre cruzada. La principal diferente entre la polinización libre cruzada y el resto de tipos de polinización estudiados está en que en la polinización libre cruzada los ramos se mantienen bajo la acción del viento y de polinizadores de otros cultivares, cosa que no ocurre con los ramos embolsados.

Los ramos se encontraban a la altura de los ojos. Las inflorescencias se embolsaron el 2 de mayo de 2014 entre el estado fenológico 57 de la escala BBCH, correspondiente a la corola, de color verde, mayor que el cáliz y el estado fenológico 59, el cual la corola cambia del color verde al blanco (Fotografía 3.31).

Previo al embolsado se efectuó el conteo del número de inflorescencias, en concreto del número de botones florales cerrados en todos los ramos.



Fotografía 3.30 Embolsado de botones florales



Fotografía 3.31. Estado fenológico 59 en la escala BBCH

Una vez el estado fenológico del olivar era el 65 (plena floración, al menos el 50% de flores están abiertas) se procedió a introducir una rama del cultivar “Arbequina” en el mismo estado fenológico en cada una de las dos bolsas de cada orientación.

Finalmente terminada la floración se retiraron las bolsas y se procedió al conteo de frutos para calcular el número de frutos cuajados tanto mediante autopolinización como polinización mediante polinizador, así como comparar el comportamiento de los diferentes cultivares estudiados.

3.5. MORFOMETRÍA DEL FRUTO

Una vez localizado el material vegetal de olivo objeto de estudio, la caracterización y evaluación del mismo se realiza de acuerdo con el protocolo que determina la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). La norma UPOV propone una muestra de 50 frutos, mientras en este trabajo se ha considerado la observación de 100 frutos representativos del cultivar, con el objetivo de reducir tanto el error experimental como errores que pudieran surgir por problemas de plagas, enfermedades, etc.

Para cada uno de los cultivares de olivo se procede de forma análoga, estudiándose los frutos.

Previamente a la caracterización de los frutos, la submuestra se coloca en unos recipientes con alveolos, que se numeran para facilitar la identificación y estudio de cada fruto, colocándose un único fruto por cavidad. Esto permitirá identificar fácilmente cada aceituna y posteriormente relacionarla con su endocarpio.

Cada una de las aceitunas de cada cultivar se pesan con una balanza de precisión modelo HF-2000 G (Figura 3.34), expresando el valor del peso en gramos. A continuación, con la ayuda de un pie de rey digital marca TESA (Fotografía 3.32), se miden tanto el largo del fruto como el ancho. Para el ancho del fruto se utilizan las posiciones A y B. La posición A es aquella en la que el órgano muestra la mayor asimetría. La posición B deriva de la posición A por una rotación de 90° a lo largo del eje longitudinal, de manera que la parte más desarrollada quede hacia el observador.



Fotografía 3.32. Balanza de precisión y pie de rey digital



Fotografía 3.33. Colorímetro usado en el ensayo MINOLTA CR-200

Antes de iniciar el separado de la pulpa del endocarpio de cada fruto, se procede a medir el color de la piel del fruto. Esta medición se realiza con un colorímetro MINOLTA CR-200 (Fotografía 3.33) para obtener los valores “L*”, “a*” y “b*” característicos del método conocido como CIE 1976 L*a*b*.

Después de la colorimetría, se procede a separar la pulpa del endocarpio.

Finalmente, después del último muestreo de cada cultivar, se realizó la caracterización pomológica a partir de la norma UPOV TG/99/4 publicada el 20 de octubre de 2011. La

caracterización se llevó a cabo para los parámetros relativos al fruto, claves UPOV 21 a 37, y se expuso en forma de tablas.

3.6. METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL ESTUDIO

3.6.1. Método pomológico

La caracterización pomológica de los cultivares de olivo objeto de este estudio se ha realizado a partir de la norma UPOV TG/99/4 propuesta por la “Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales”.

Esta norma utiliza 41 caracteres morfológicos cualitativos. Estos caracteres se agrupan en 3 de árbol, 1 correspondiente a ramas fructíferas, 6 para el limbo de la hoja, 2 para las inflorescencias, 1 para la flor, 14 de fruto, 13 de endocarpio y finalmente 1 referente a la época de comienzo de madurez del fruto. En este trabajo se han estudiado los caracteres correspondientes al fruto que se indican a continuación expresando, entre paréntesis, la numeración dada por la norma a cada uno de estos caracteres:

- Longitud (14)
- Anchura en posición B (15)
- Peso (16)
- Forma en posición A (17)
- Relación longitud / anchura en posición A (18)
- Fruto no maduro: intensidad del color verde (19)
- Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas (20)
- Fruto no maduro: número de lenticelas (21)
- Sobrecolor en plena madurez (22)
- Simetría en posición A (23)
- Forma del ápice en posición A (24)
- Protuberancia (25)
- Forma de la base en posición A (26)
- Pruína de la superficie (27)

3.6.3. Tratamiento estadístico

Para poder averiguar si el cuajado de frutos depende de la ubicación de los botones florales, así como si existen diferencias significativas entre los caracteres morfométricos de los distintos cultivares, se ha empleado como herramienta de trabajo el programa informático STATGRAPHICS CENTURION XVI.II.

Se han realizado los correspondientes análisis de varianza (ANOVA), utilizando como variables dependientes, por un lado, los puntos cardinales y, por otro, cada uno de los caracteres morfométricos analizados, y como factor el cultivar.

En los casos en que la diferencia haya resultado significativa, se han mediante el test de Fisher (LSD), con un nivel de confianza del 95% para la media de cada cultivar (resulta significativo asumiendo un riesgo de primera especie del 5%, cuando el p-Valor $< 0,05$). La diferencia entre las medias de los distintos cultivares para un carácter morfométrico realizado será significativa si sus correspondientes intervalos LSD no se solapan.

También se efectúa un análisis multivariado que muestra correlaciones entre cada par de variables estudiadas.

Capítulo 4: Resultados y discusión

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO MEDIANTE NORMA UPOV

Se adjunta a continuación toda la caracterización UPOV de los frutos de los diferentes cultivares estudiados exponiendo las tablas (desde 4.1 a 4.5) a modo de resumen donde se recopilan las características del fruto atendiendo a la norma UPOV (TG/99/4).

Tabla 4.1. Ficha del cultivar “Arbequina” para la caracterización del fruto.

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO “ARBEQUINA”		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	1 (Muy corto)
Anchura en posición B	15	3 (Estrecho)
Peso	16	3 (Bajo)
Forma en posición A	17	5 (Circular)
Relación longitud / anchura en posición A	18	3 (Ligeramente alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	1 (Claro)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	1 (Pequeñas)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1 (Escaso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	1 (Simétrico)
Forma del ápice en posición A	24	3 (Redondeado)
Protuberancia	25	1 (Ausente o ligera)
Forma de la base en posición A	26	3 (Truncada)
Pruina de la superficie	27	3 (Leve)

Tabla 4.2. Ficha del cultivar “Farga” para la caracterización del fruto

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO “FARGA”		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	5 (Medio)
Anchura en posición B	15	5 (Medio)
Peso	16	5 (Medio)
Forma en posición A	17	1 (Ovado)
Relación longitud / anchura en posición A	18	5 (Moderadamente alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	2 (Medio)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	1 (Pequeñas)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1 (Escaso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	2 (Ligeramente asimétrico)
Forma del ápice en posición A	24	1 (Aguda)
Protuberancia	25	1 (Ausente o ligera)
Forma de la base en posición A	26	3 (Truncada)
Pruina de la superficie	27	5 (Media)

Tabla 4.3. Ficha del cultivar “Llumero” para la caracterización del fruto

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO “LLUMERO”		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	5 (Medio)
Anchura en posición B	15	5 (Medio)
Peso	16	7 (Elevado)
Forma en posición A	17	1 (Ovado)
Relación longitud / anchura en posición A	18	5 (Moderadamente alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	2 (Medio)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	1 (Pequeñas)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1 (Escaso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	2 (Ligeramente asimétrico)
Forma del ápice en posición A	24	3 (Redondeado)
Protuberancia	25	1 (Ausente o ligera)
Forma de la base en posición A	26	1 (Redondeada)
Pruina de la superficie	27	5 (Media)

Tabla 4.4. Ficha del cultivar “Nana” para la caracterización del fruto

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO “NANA”		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	7 (Largo)
Anchura en posición B	15	5 (Medio)
Peso	16	7 (Elevado)
Forma en posición A	17	4 (Elíptico medio)
Relación longitud / anchura en posición A	18	7 (Muy alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	1 (Claro)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	3 (Grandes)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	3 (Numeroso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	3 (Fuertemente asimétrico)
Forma del ápice en posición A	24	1 (Aguda)
Protuberancia	25	3 (Fuerte)
Forma de la base en posición A	26	3 (Truncada)
Pruina de la superficie	27	5 (Media)

Tabla 4.5. Ficha del cultivar “Villalonga” para la caracterización del fruto

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO “LLUMERO”		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	5 (Medio)
Anchura en posición B	15	7 (Ancha)
Peso	16	7 (Elevado)
Forma en posición A	17	5 (Circular)
Relación longitud / anchura en posición A	18	3 (Ligeramente alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	2 (Medio)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	1 (Pequeñas)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1 (Escaso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	1 (Simétrico)
Forma del ápice en posición A	24	3 (Redondeado)
Protuberancia	25	2 (Moderada)
Forma de la base en posición A	26	3 (Truncada)
Pruina de la superficie	27	5 (Media)

4.2. EVOLUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE FRUTOS

Se analizan tanto la evolución que tuvo el peso del fruto como el peso del endocarpio durante los diferentes muestreos realizados para cada cultivar.

4.2.1. Evolución del peso del fruto

La figura 4.1 que aparece a continuación muestra la evolución del peso del fruto de cada uno de los cultivares estudiados desde el primer muestreo, que se realizó el 25 de octubre de 2014, hasta el último, con fecha 22 de diciembre de 2014.

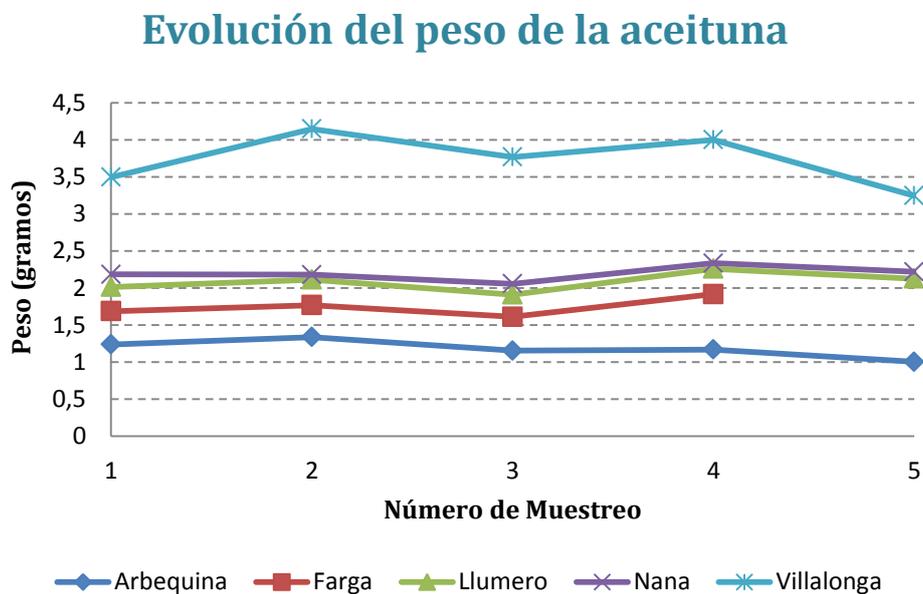


Figura 4.1. Evolución del peso en gramos del fruto

Como se puede observar, el peso del fruto del cultivar “Villalonga” destaca por encima del resto, llegando a más de 4 gramos cuando está en óptimos de maduración. También llama la atención el descenso que sufre el peso de este cultivar, mucho más marcado que los demás cultivares, posiblemente debido a que este cultivar no es autóctono de la zona, y en principio está menos adaptado a las condiciones ecoambientales de la zona de estudio, especialmente su adaptación a condiciones hídricas limitantes. Además, el cultivar “Villalonga” tiene una resistencia baja a sequía

(Íñiguez *et al*, 2001), con lo cual puede ser otro motivo de que el peso no se mantiene constante después del momento óptimo de recolección.

Los cultivares “Farga”, “Llumero” y “Nana” mantienen una evolución muy similar en cuanto al peso del fruto. El gráfico muestra como el máximo peso se produce en el cuarto muestreo, lo cual indica que son cultivares de maduración tardía, tal y como aparece en MAGRAMA (2015). También en estos cultivares, a excepción de “Farga” que no se pudo completar el quinto muestreo, se distingue una bajada menor del peso del fruto respecto a los dos cultivares foráneos (“Villalonga” y “Arbequina”), a consecuencia de una mayor adaptación a las condiciones de la zona de estudio.

Finalmente el peso del fruto del cultivar “Arbequina” es el menor de los cinco cultivares, llegando a un máximo de 1,33 gramos en el segundo muestreo. La maduración de frutos de “Arbequina” es temprana tal y como aparece en MAGRAMA (2015), con lo cual coincide con los datos obtenidos en este estudio. Por otra parte hay que señalar el descenso del peso desde el óptimo de maduración, a consecuencia de que “Arbequina”, como “Villalonga”, es un cultivar no autóctono de la zona como ya se ha comentado, si bien es cierto que ese descenso no es tan pronunciado, debido al carácter rústico de este cultivar.

4.2.2. Evolución del peso del endocarpio

En cuanto a la evolución del peso del endocarpio, cabe destacar que en la época que se inicia el muestreo de frutos la aceituna ya está en el estado fenológico 80 en la escala BBCH, en la cual el endocarpio se ha formado ya por completo y solamente falta terminarse la maduración del mismo.

Sin embargo, tal y como demuestran Mahhou *et al* (2012), el peso final del endocarpio no solamente es un carácter ligado a la variedad, sino también variable en función de las condiciones del medio y de los cuidados recibidos.

Evolución del peso del endocarpio

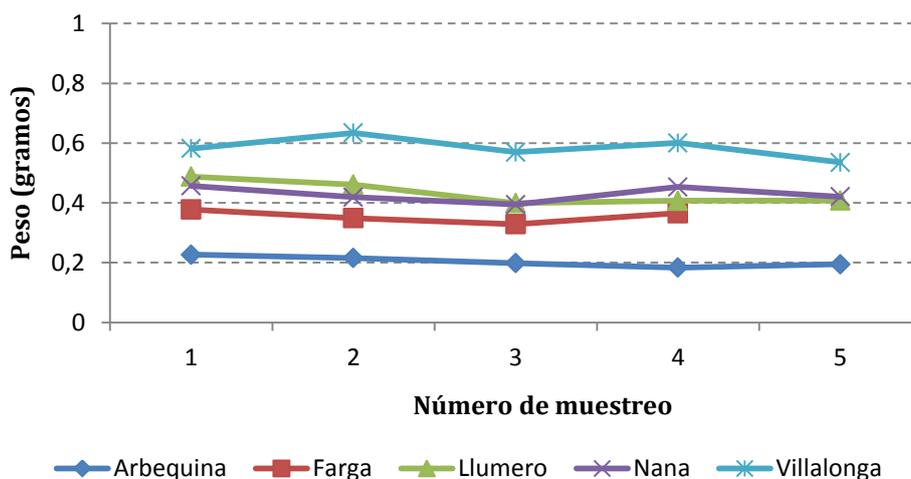


Figura 4.2. Evolución del peso en gramos del endocarpio

Como se indica en la figura 4.2, el peso del endocarpio del cultivar “Villalonga” es el mayor de todos los cultivares estudiados, y supone alrededor de un 15% del peso total del fruto. Tal y como se constata en la figura de la evolución del peso del fruto, el peso del endocarpio también sufre pequeñas variaciones, posiblemente por las mismas causas que el fruto.

Por otro lado, el material vegetal cuyo peso del endocarpio es menor es del cultivar “Arbequina”, y tiene una evolución muy regular.

Finalmente encontramos un grupo de cultivares autóctonos de la zona de estudio que sufren cambios de evolución similares. Estos cultivares experimentan un descenso del peso del endocarpio hasta el cuarto muestreo, a partir del cual se percibe un aumento del peso, quizás a causa de condiciones ambientales propicias, por ejemplo lluvias.

Otro dato a tener en cuenta es el final descenso del peso en los cultivares “Nana” y “Villalonga”. Tal y como explican MAGRAMA (2015) e Íñiguez *et al* (1999), estos dos cultivares presentan una baja resistencia al desprendimiento, posible razón para muestrear frutos de menor peso.

4.2.3. Caracterización del fruto en maduración

Con la finalidad de determinar si las variables peso del fruto, peso de la pulpa, peso del endocarpio, longitud del fruto, ancho A del fruto y ancho B del fruto pueden ser consideradas caracteres propios de cada uno de los cultivares analizados se elaboró un análisis de la varianza de todas las variables nombradas.

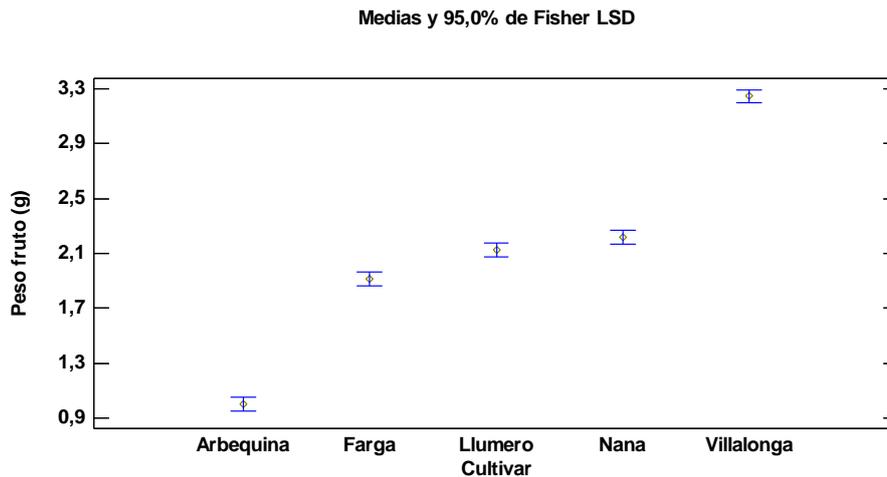


Figura 4.3. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable peso fruto

Tabla 4.6. Valor medio del peso (en gramos) de los frutos de cada cultivar

Cultivar	Media	Mínimo	Máximo
Arbequina	1,00 ± 0,18	0,76	1,73
Farga	1,92 ± 0,19	1,45	2,55
Llumero	2,12 ± 0,35	1,53	2,98
Nana	2,22 ± 0,33	1,33	3,15
Villalonga	3,24 ± 0,55	2,21	5,06

Como se puede observar en la figura 4.3, el cultivar con un mayor peso medio de fruto es el cultivar “Villalonga”, seguido por “Nana”, “Llumero”, “Farga” y finalmente, “Arbequina”.

En referencia con lo que han estudiado otros autores, Rallo (2005) y MAGRAMA (2015) clasifican el peso del fruto de “Arbequina” como bajo (< 2 g), pero no especifican que

valor medio alcanzaron sus estudios, mientras que López y Salazar (2006) obtuvieron un valor medio de 1,51 g. Esta diferencia de resultado puede ser debida a la diferente localización de la zona de origen de la muestra, ya que éstos muestrearon en zonas con condiciones del medio diferentes. El valor medio del peso del fruto para “Farga” en Íñiguez *et al* (1999) fue de 2,4 g mientras que en López y Salazar (2006) el valor fue de 1,47 g, por lo tanto observamos disparidad de valores comparando nuestro resultado con otros ensayos. Tanto los valores medios del cultivar “Llumero” (1,93 g) como “Nana” (2,3 g) y “Villalonga” (3,24 g) de López y Salazar (2006) son similares a los alcanzados en este ensayo (Tabla 4.6).

El resultado del valor-P del análisis es menor que 0,05, es decir, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del peso del fruto entre cultivar y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 4.7. Prueba de múltiples rangos para la variable peso del fruto

Cultivar	Grupos homogéneos
Arbequina	X
Farga	X
Llumero	X
Nana	X
Villalonga	X

Para saber si hay diferencias significativas entre cada cultivar, atendemos a la prueba de múltiples rangos (Tabla 4.7) para la variable peso del fruto. La prueba da como resultado diferencias significativas entre todos los cultivares, a excepción de los cultivares “Llumero” y “Nana”, que no tienen una diferencia significativa entre sí.

Por lo tanto se puede afirmar que existen cuatro grupos homogéneos distintos. Así pues, la característica morfométrica del peso del fruto es interesante para diferenciar los distintos cultivares estudiados, excepto los cultivares “Llumero” y “Nana”.

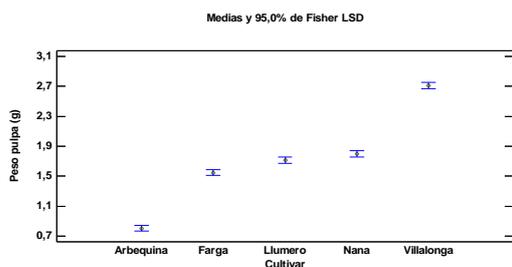


Figura 4.4. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable peso pulpa

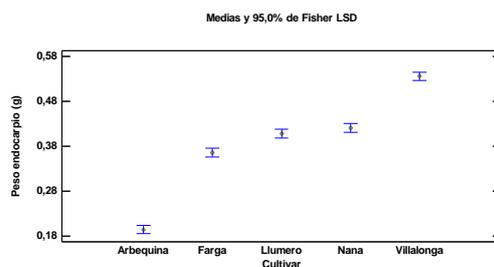


Figura 4.5. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable peso endocarpio

Tabla 4.8. Valor medio del peso (en gramos) de la pulpa en cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	0,81 ± 0,13	0,58	1,39
Farga	1,55 ± 0,17	1,18	2,1
Llumero	1,72 ± 0,30	1,21	2,45
Nana	1,80 ± 0,27	1,05	2,63
Villalonga	2,71 ± 0,47	1,76	4,3

Tabla 4.9. Valor medio del peso (en gramos) del endocarpio en cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	0,19 ± 0,06	0,12	0,47
Farga	0,37 ± 0,04	0,27	0,46
Llumero	0,41 ± 0,07	0,29	0,7
Nana	0,42 ± 0,08	0,2	0,67
Villalonga	0,54 ± 0,09	0,31	0,8

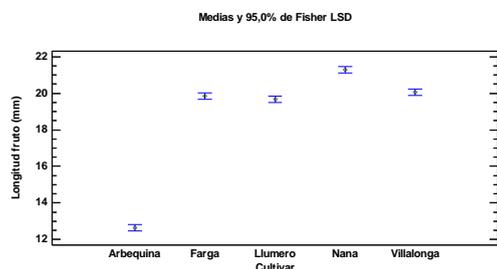


Figura 4.6. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable longitud del fruto

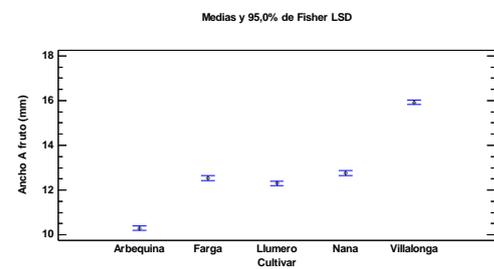


Figura 4.7. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable ancho A del fruto

Tabla 4.10. Valor medio de la longitud del fruto (en mm) de cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	12,65 ± 0,9	10,36	14,55
Farga	19,84 ± 1,2	11,25	22,32
Llumero	19,68 ± 1,4	13,25	22,98
Nana	21,31 ± 1,3	16,91	24,59
Villalonga	20,05 ± 1,5	16,81	24,9

Tabla 4.11. Valor medio del ancho A del fruto (en mm) de cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	10,30 ± 0,8	8,6	12,75
Farga	12,54 ± 0,55	11,22	13,94
Llumero	12,30 ± 0,86	10,27	14,48
Nana	12,76 ± 0,68	10,77	14,91
Villalonga	15,92 ± 0,93	13,54	18,77

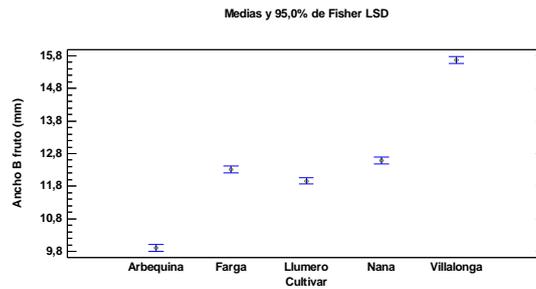


Figura 4.8. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable ancho B del fruto

Tabla 4.12. Valor medio del ancho B del fruto (en mm) de cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	9,92 ± 0,75	8,07	12,07
Farga	12,32 ± 0,52	11,04	13,75
Llumero	11,97 ± 0,85	9,94	13,98
Nana	12,59 ± 0,67	10,77	14,87
Villalonga	15,68 ± 0,92	13,34	18,4

El análisis de la varianza para la variable peso de la pulpa sigue el mismo patrón que el análisis realizado anteriormente para el peso del fruto (Figura 4.4).

El cultivar “Villalonga” es, con 2,71 gramos de pulpa, el cultivar que produce unas aceitunas con mayor peso de pulpa. Le sigue el cultivar “Nana” con 1,80 g, “Llumero” con 1,72 g, “Farga” con 1,55 g y finalmente, el cultivar “Arbequina”, con una media de pulpa de menos de 1 g.

En cuanto al valor-P del análisis, es menor de 0,05, por lo tanto hay diferencias significativas entre los distintos cultivares analizados. Para ver cuáles medias son significativamente diferentes de otras se realiza la prueba de Múltiples rangos, con el resultado de 4 grupos homogéneos. Por lo tanto la variable peso pulpa es un parámetro que se puede tener en cuenta a la hora de diferenciar los cultivares estudiados, pero no para diferenciar los cultivares “Nana” y “Llumero”, ya que no existen diferencias significativas.

En cuanto al peso del endocarpio (Tabla 4.9), el cultivar “Arbequina” presenta el peso medio de endocarpio más pequeño. Sin embargo los cultivares “Nana” y “Llumero”,

presentan medias muy parecidas. Dada esta semejanza, cobra mucho interés el realizar el análisis de la varianza, para demostrar si existen diferencias significativas entre ambos cultivares.

Comparando resultados con otros estudios, según Rallo (2005) el peso del endocarpio de “Arbequina” es bajo ($< 0,3$ g), con lo cual se asemeja a nuestro resultado. También los resultados de los cultivares “Farga”, “Llumero” y “Nana” concuerdan con lo que establecen Rallo (2005) y López y Salazar (2006). El peso del endocarpio en el primero es medio (entre 0,3 y 0,45 g), mientras que en los segundos el peso de endocarpio de “Farga” es 0,36 g, el de “Llumero” de 0,39 g y el de “Nana” de 0,41 g. Por último también tienen concordancia con el peso de “Villalonga”, puesto que está catalogada como peso de endocarpio elevado (0,45 g – 0,70 g) según MAGRAMA (2015) y López y Salazar (2006) obtuvieron un peso medio de 0,46 g.

El valor-P es menor de 0,05, por lo tanto si hay diferencias significativas entre la media del parámetro peso del endocarpio entre un cultivar y otro (Figura 4.5). Acerca de los pares de variables, si existen diferencias significativas entre los cultivares “Arbequina”, “Farga” y “Villalonga”, mientras que “Llumero” y “Nana” pertenecen a un mismo grupo homogéneo, con lo cual estas dos últimas no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellas en cuanto a este parámetro de caracterización. En consecuencia, los cultivares estudiados se podrán diferenciar por el peso del endocarpio, a excepción de los cultivares “Llumero” y “Nana”, que no se podrá usar este carácter para su diferenciación.

En el análisis de la varianza para el carácter longitud del fruto se ha demostrado que hay diferencias estadísticamente significativas entre los distintos cultivares del estudio (Figura 4.6).

La prueba de múltiple rango demuestra que en todos los pares de cultivares hay diferencias significativas entre sí, a excepción de “Farga” – “Villalonga” y “Farga” – “Llumero”.

Estadísticamente, en cuanto al parámetro ancho A del fruto de los cinco cultivares estudiados, el cultivar “Villalonga” tiene la media de anchura más elevada con 15,92

milímetros. Por otro lado, el cultivar “Arbequina” es el de menor media con 10,30 mm (Tabla 4.11).

Como en los demás análisis hay diferencias significativas entre los distintos cultivares, ya que el valor-P es menor de 0,05 (Figura 4.7). Finalmente presenta diferencias significativas entre todos los cultivares, con lo cual sí podríamos usar este carácter para diferenciar entre los cultivares.

Mediante el análisis estadístico de la variable Ancho B del fruto (Tabla 4.12) se observa la misma pauta que con la variable Ancho A del fruto, siendo el cultivar “Villalonga” el de mayor media, seguido por “Nana”, “Farga”, “Llumero”, y como media más pequeña la del cultivar “Arbequina”.

Referente al valor-P, es menor que el valor 0,05, por lo tanto si hay diferencias significativas entre cada uno de los cultivares (Figura 4.8). Al igual que el carácter Ancho A del fruto, en Ancho B del fruto hay cinco grupos homogéneos, así pues existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los cultivares. En consecuencia también se podría usar este parámetro para diferenciar los cultivares del estudio, dado que existen diferencias significativas entre todos ellos.

Finalmente, para comparar el resultado de nuestros análisis de longitud del fruto y ancho del mismo, la bibliografía usa el término “forma”, que relaciona la longitud y la anchura (en posición A). Rallo (2005) clasifica la forma del fruto en esférica ($L/A < 1,25$), ovoidal ($1,25 < L/A < 1,45$) y alargada ($L/A > 1,45$). Así pues, la relación L/A en este ensayo del cultivar “Arbequina” es de 1,22, coincidiendo con la forma que aparece en López y Salazar (2006). Tanto los frutos de “Farga” como “Nana” y “Llumero” tienen una L/A superior a 1,45 en este estudio, también coincidiendo con las anotaciones de Rallo (2005) y López y Salazar (2006). Por último, “Villalonga” tiene una L/A de 1,26, valor muy próximo al que aportan López y Salazar (2006) de 1,24.

4.2.4. Análisis multivariado. Matrices de correlación

A continuación se presenta una correlación entre las diferentes variables estudiadas para cada uno de los cultivares de olivo, con el objetivo de reducir una serie de

variables a un conjunto menor de factores que contienen la mayor parte de la información.

Las siguientes tablas muestran las correlaciones momento producto de Pearson, entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables.

Todos los pares de variables tuvieron un valor-P por debajo de 0,05, indicando correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0%.

4.2.4.1. Matriz de correlación del cultivar “Arbequina”

Tabla 4.13. Matriz de correlación del cultivar “Arbequina”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9940	0,8190	0,8681	0,8688	0,8716
Peso pulpa (g)			0,7513	0,8494	0,8687	0,8768
Peso endocarpio (g)				0,7817	0,6850	0,6591
Longitud fruto (mm)					0,6518	0,6429
Ancho A fruto (mm)						0,9549
Ancho B fruto (mm)						

En la tabla 4.13 observamos que el valor que está más relacionado con el peso del fruto es el peso de la pulpa, con un coeficiente de correlación de 0,9940. Esta relación nos indica que aumentarán simultáneamente tanto la variable “peso fruto” como “peso pulpa”.

En cuanto al peso de la pulpa y del endocarpio, la variable “peso pulpa” tiene una correlación similar positiva con la anchura del fruto y con la longitud del mismo, al contrario que el peso del endocarpio, que está más correlacionado positivamente con la longitud del mismo.

Las correlaciones positivas más bajas en este análisis multivariado se han dado entre la longitud del fruto y la anchura del fruto, tanto A como B, siendo valores cercanos al 65%.

Finalmente destacar que la variable “Ancho A del fruto” esta correlacionada positivamente con la variable “Ancho B del fruto”, con lo cual se puede afirmar a medida que el ancho A del fruto aumenta, también lo hace el ancho B.

4.2.4.2. Matriz de correlación del cultivar “Farga”

Tabla 4.14. Matriz de correlación del cultivar “Farga”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9855	0,7249	0,6237	0,8657	0,8555
Peso pulpa (g)			0,5977	0,6044	0,8482	0,8404
Peso endocarpio (g)				0,4940	0,6480	0,6311
Longitud fruto (mm)					0,4358	0,4009
Ancho A fruto (mm)						0,9371
Ancho B fruto (mm)						

La matriz de correlaciones del cultivar “Farga” (Tabla 4.14) indica que el parámetro que mejor explica el peso del fruto es el peso de la pulpa, con una correlación del 98,55%.

Tanto el peso del fruto como el de la pulpa están correlacionados positivamente tanto por la longitud como por la anchura. Sin embargo, la variable anchura, en especial la anchura A del fruto, tiene mayor relación lineal con el peso del fruto y el de la pulpa.

No existe una relación lineal fuerte entre la variable “peso endocarpio” y las variables “longitud fruto” y “anchos A y B del fruto”. Los valores más bajos de este análisis, alrededor del 40% de correlación, explican que la correlación existente es de tipo lineal débil entre la longitud del fruto y la anchura del mismo.

Por lo que respecta a la relación entre ambas anchuras, éstas están correlacionadas positivamente.

4.2.4.3. Matriz de correlación del cultivar “Llumero”

Tabla 4.15. Matriz de correlación del cultivar “Llumero”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9899	0,7678	0,6416	0,6628	0,6859
Peso pulpa (g)			0,6695	0,6098	0,6567	0,6836
Peso endocarpio (g)				0,6079	0,5062	0,5058
Longitud fruto (mm)					0,5415	0,5416
Ancho A fruto (mm)						0,9571
Ancho B fruto (mm)						

El coeficiente de correlación que muestra la tabla 4.15 en este cultivar entre el peso del fruto y el peso de la pulpa es de 0,9899, por lo tanto existe, entre ambos, una fuerte relación lineal.

Pese a que, en los casos anteriores, el peso del fruto tenía una correlación elevada tanto para las variables ancho A y ancho B, en el cultivar “Llumero” la correlación

disminuye un 20% respecto a los cultivares analizados anteriormente. Al igual que los análisis anteriores, las variables longitud fruto como las anchuras no muestran una relación lineal fuerte.

Del mismo modo que ocurre con los otros cultivares, existe relación lineal fuerte entre ambas anchuras del fruto.

4.2.4.4. Matriz de correlación del cultivar “Nana”

Tabla 4.16. Matriz de correlación del cultivar “Nana”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9872	0,8073	0,7724	0,8798	0,8648
Peso pulpa (g)			0,7027	0,7123	0,8817	0,8614
Peso endocarpio (g)				0,8090	0,6612	0,6699
Longitud fruto (mm)					0,5677	0,5660
Ancho A fruto (mm)						0,9724
Ancho B fruto (mm)						

La variable que mayor correlación tiene con el peso del fruto es, también en el cultivar “Nana”, el peso de la pulpa con un coeficiente de correlación de 0,9872, pero hay que destacar que las demás variables también tienen una correlación positiva fuerte.

Tanto el peso del fruto como el peso de la pulpa muestran valores similares de correlación, ambos tienen una relación lineal fuerte, tanto para las variables ancho A y ancho B del fruto, siendo el ancho A del fruto relativamente más importante.

En cuanto al peso del endocarpio, está correlacionado positivamente con la longitud del fruto y la anchura, pero mientras con la variable de longitud del fruto presenta una relación lineal fuerte, no sucede lo mismo con las anchuras, mostrando una relación más débil.

Como sucedía con los otros cultivares, el ancho A y el ancho B del fruto están correlacionados positivamente.

4.2.4.5. Matriz de correlación del cultivar “Villalonga”

Tabla 4.17. Matriz de correlación del cultivar “Villalonga”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9940	0,8190	0,8681	0,8688	0,8716
Peso pulpa (g)			0,7513	0,8494	0,8687	0,8768
Peso endocarpio (g)				0,7817	0,6850	0,6591
Longitud fruto (mm)					0,6518	0,6429
Ancho A fruto (mm)						0,9549
Ancho B fruto (mm)						

El cultivar “Villalonga” presenta una similitud respecto al cultivar “Arbequina”, dado que el aumento de peso del fruto esta correlacionado positivamente con las demás variables estudiadas. Hay que señalar que la correlación menor es del 80%.

Las demás correlaciones del cultivar también presentan significancia estadística de las correlaciones estimadas, y tienen semejanzas respecto a los demás cultivares.

Tanto el peso del fruto como el peso de la pulpa tienen correlaciones positivas fuertes con la longitud y la anchura del fruto, pero la anchura del fruto tiene más importancia. Además, el peso del endocarpio sufre el fenómeno contrario, y la longitud del fruto tiene mayor relación lineal que las anchuras.

También destacar la relación lineal moderada que tiene la variable longitud del fruto con la anchura del fruto, por lo que se puede afirmar que al aumentar la longitud del fruto, la anchura del mismo no aumenta de la misma forma en el cultivar “Villalonga”.

4.3. EVOLUCIÓN DEL COLOR EN LOS FRUTOS

4.3.1. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Arbequina”

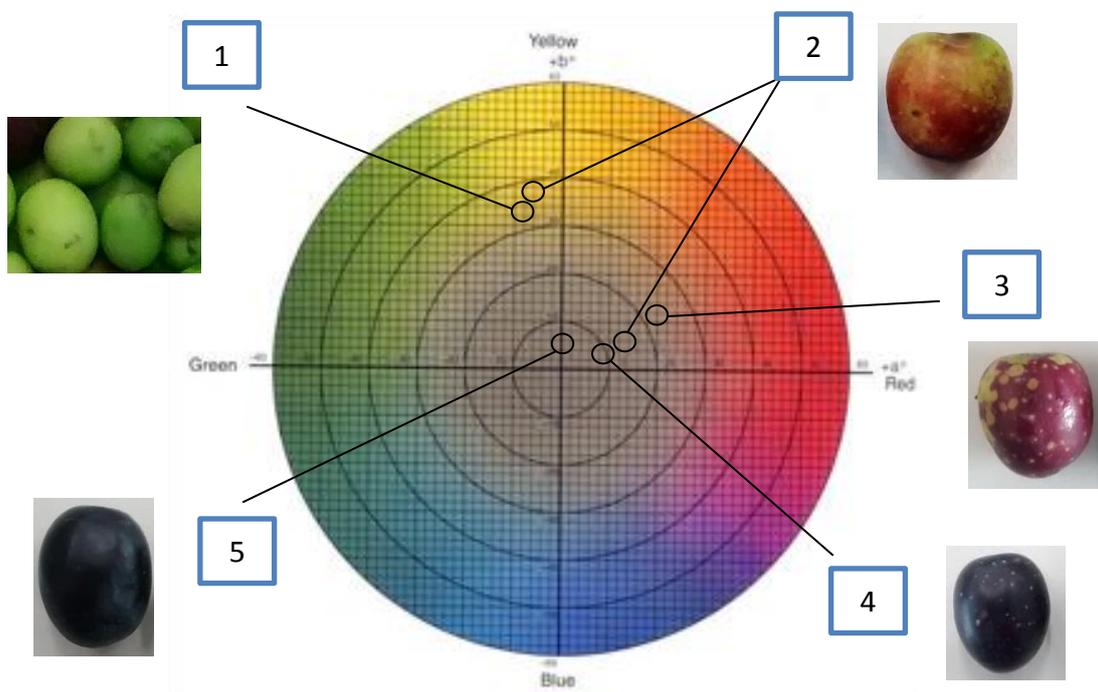


Figura 4.9. Espacio de color del cultivar “Arbequina”

Tabla 4.18. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Arbequina”

Muestreo	Zona verde			Zona oscura		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	58,78 ± 2,78	-9,64 ± 4,5	33,7 ± 5,67			
2	57,5 ± 4,83	-8,67 ± 5,4	34,18 ± 6,22	30,68 ± 4,73	12 ± 3,95	4,61 ± 3,59
3				97,6 ± 1,37	20,2 ± 8	13,26 ± 5,04
4				97,96 ± 1,52	5 ± 6,48	3,62 ± 1,35
5				98,88 ± 0,75	0,2 ± 2,2	2,59 ± 0,88

La determinación de las coordenadas del método CIE Lab, L^* , a^* y b^* permitirá establecer unos índices objetivos de color cultivar a cultivar, que puede ser utilizado como base para el cálculo del momento óptimo de maduración.

En el primer muestreo se distingue un valor negativo de a^* , indicando, como se aprecia en la Fotografía correspondiente, el color verde, mientras tanto el valor positivo de b^* indica colores amarillos (Tabla 4.18).

Tal y como se desarrolla la aceituna, en el segundo muestreo aparece una zona oscura en la parte inferior de esta. Esta zona tiene un carácter más oscuro respecto a la luminosidad, y los valores de a^* y b^* se aproximan a colores negros. En cuanto a la zona verde, la epidermis se vuelve menos luminosa y tanto Δa^* como Δb^* son positivas, con lo cual el color está cambiado a colores más rojos y amarillos, respectivamente.

Ya tanto en el tercer muestreo como posteriores desaparece la zona verde, y hay un salto cuantitativo importante respecto a la luminosidad, mucho más elevada. Además en el tercero se identifica más color rojo y azul respecto al anterior.

Finalmente el cuarto muestreo presenta el color que indica que la aceituna del cultivar "Arbequina" está en sobremaduración. Los valores, tanto de a^* como de b^* , son próximos a cero, con lo cual confirman dicho estado. En el quinto muestreo se hace más patente el color negro al descender los valores de a^* y b^* .

color amarillo ($b^* > 0$) y el color verde ($a^* < 0$), pero con el desarrollo de la maduración el valor b^* disminuye y el de a^* aumenta. Sin embargo, como podemos apreciar en la Fotografía correspondiente, el color presente sigue siendo el verde. En cuanto a las zonas oscuras, desde el primer muestreo la luminosidad ya adquiere valores cercanos al 100, confirmando la brillantez de las aceitunas. Finalmente los valores de a^* y b^* muestran un descenso paulatino e uniforme a lo largo de las semanas hacia el valor cero.

Destacar que la zona de la aceituna donde empieza la maduración es la zona estilar, y a medida que ésta madura el porcentaje de zona coloreada aumenta. Además, como se deduce de la tabla, los frutos del cultivar “Farga” alcanzaron, en las condiciones de cultivo de la zona de ensayo, la madurez en el tercer muestreo, correspondiente al muestreo realizado el 22 de noviembre de 2014.

4.3.3. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Llumero”

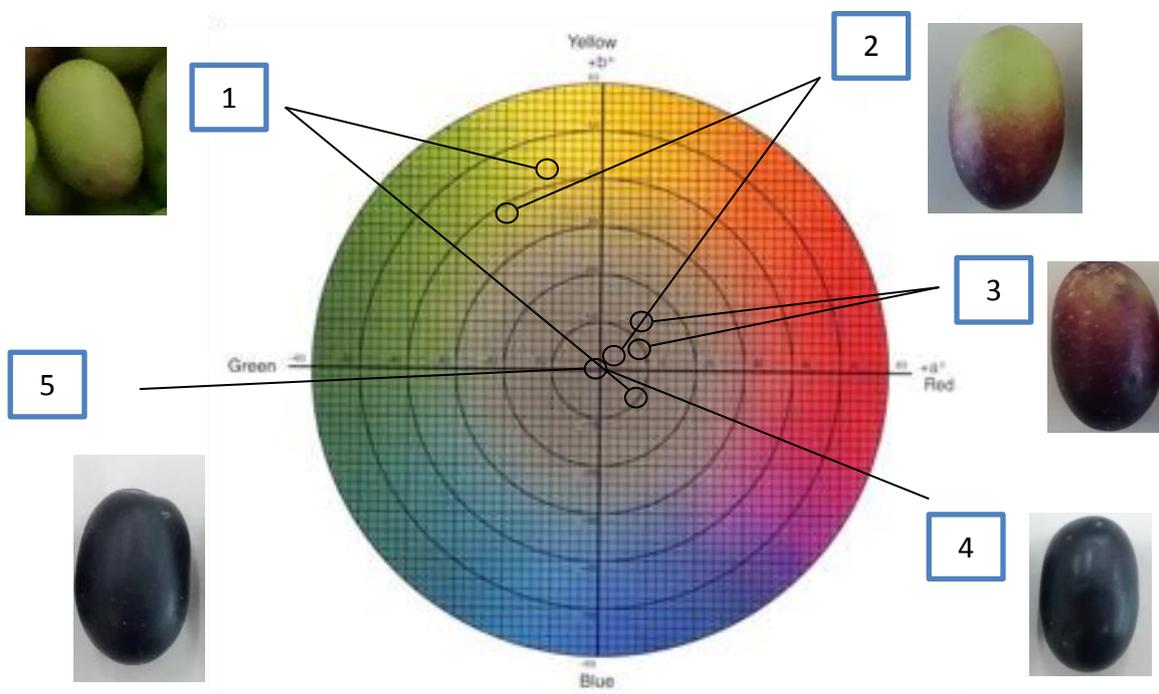


Figura 4.11. Espacio de color del cultivar “Llumero”

Tabla 4.20. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Llumero”

Muestreo	Zona verde			Zona oscura		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	48,21 ± 3,64	-11,9 ± 2,5	41,82 ± 2,13	97,16 ± 4,07	8,3 ± 2,8	-6,21 ± 2,99
2	59,45 ± 2,5	-21,2 ± 2,1	39,45 ± 3,01	97,95 ± 1,5	4,4 ± 2,2	0,58 ± 0,95
3	38,99 ± 6,64	9,9 ± 4,24	11,72 ± 5,77	97,72 ± 1,5	8,9 ± 8,1	7,1 ± 4,17
4				96,46 ± 1,95	-0,2 ± 2,3	2,48 ± 0,4
				97,8 ± 1,42	-1,2 ± 2,1	2,17 ± 0,33

El análisis colorimétrico de las aceitunas del cultivar “Llumero” confirma la maduración tardía que tiene el cultivar, tal y como se afirman Iñiguez *et al*, en 2001. La maduración completa de la epidermis de la aceituna se completa en el cuarto muestreo, a fecha 8 de diciembre del 2014, cuando solamente había zona coloreada, la luminosidad se acerca al 100 y tanto los valores a* y b* están muy cercanos a cero.

En cuanto a la zona verde de la epidermis de la aceituna, la luminosidad de sitúa en torno al 50% con pequeñas variaciones entre muestreo. El valor a* empieza con un valor de -11,9 (color verde) y con el transcurso de las semanas acaba en 9,9 (color rojo), mientras que el valor b* sigue estando en el color amarillo, pero su valor baja de 41,82 a 11,72.

La zona coloreada, desde el principio, mantiene una regularidad en los tres parámetros.

4.3.4. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Nana”

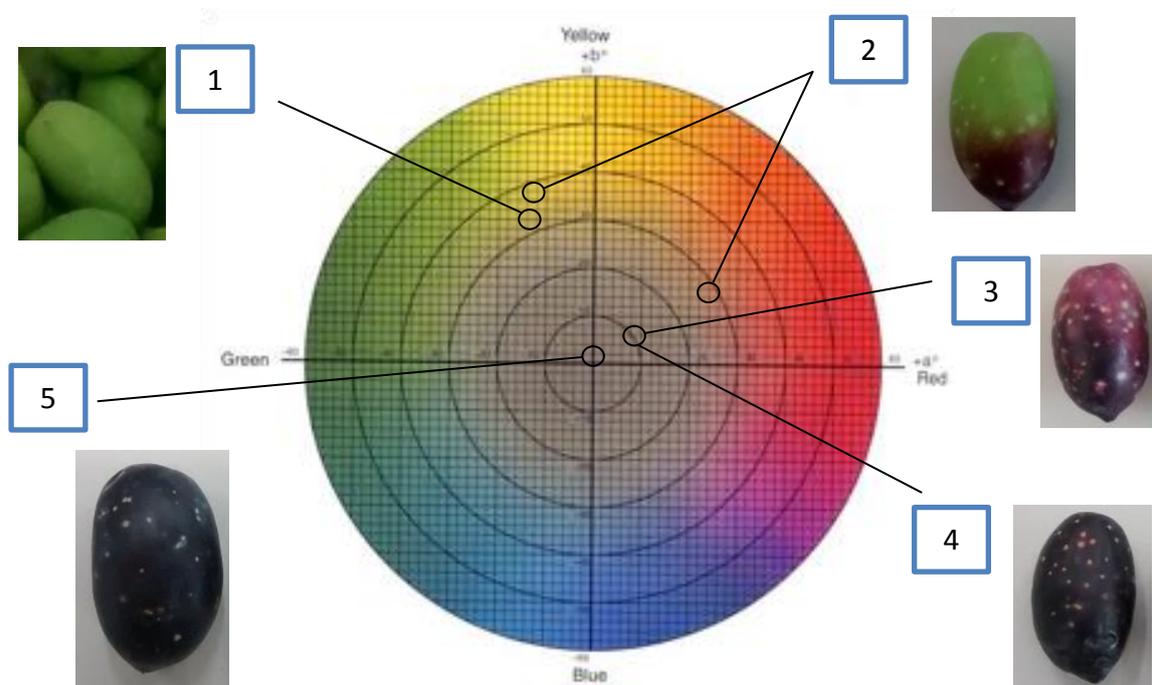


Figura 4.12. Espacio de color del cultivar “Nana”

Tabla 4.21. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Nana”

Muestreo	Zona verde			Zona oscura		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	55,9 ± 5,87	-15,5 ± 7,4	30,81 ± 6,19			
2	58,11 ± 4,95	-12,57 ± 6	35,41 ± 6,49	30,79 ± 4,0	26,8 ± 5,8	13,51 ± 4,17
3				88,67 ± 2,2	9,4 ± 2,99	5,44 ± 3,57
4				97,96 ± 1,7	9,12 ± 2,8	4,59 ± 1,60
5				98,99 ± 0,8	0,83 ± 2,1	3,05 ± 0,93

El cultivar “Nana” presenta maduración tardía (MAGRAMA, 2015), y tal y como queda reflejado en la tabla con los valores muy próximos a cero de a* y b*, que la madurez de la epidermis de la aceituna se completa en el último muestreo, realizado el 22 de diciembre de 2014. Es por tanto el cultivar de maduración más tardía de los cinco estudiados.

El primer muestreo pone de manifiesto, como en los otros cultivares, un valor negativo de a^* que corresponde al color verde, y un valor elevado positivo de b^* (color amarillo). Al siguiente muestreo, dos semanas después, hay pequeñas variaciones en cuanto a estos dos parámetros: Δa^* es positiva, con lo cual da lugar a más color rojo, mientras que Δb^* también es positiva, dando lugar a un color amarillo.

Respecto a la zona oscura, la luminosidad (L) experimenta un cambio importante, desde el segundo muestreo que la aceituna tiene tonalidad mate, hasta que en el último muestreo la epidermis tiene mucho más brillo. El valor a^* baja de 26,8 (rojo) a 0,83 (negro), al igual que el valor b^* que baja de 13,51 (amarillo) a 3,05 (negro).

4.3.5. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar "Villalonga"

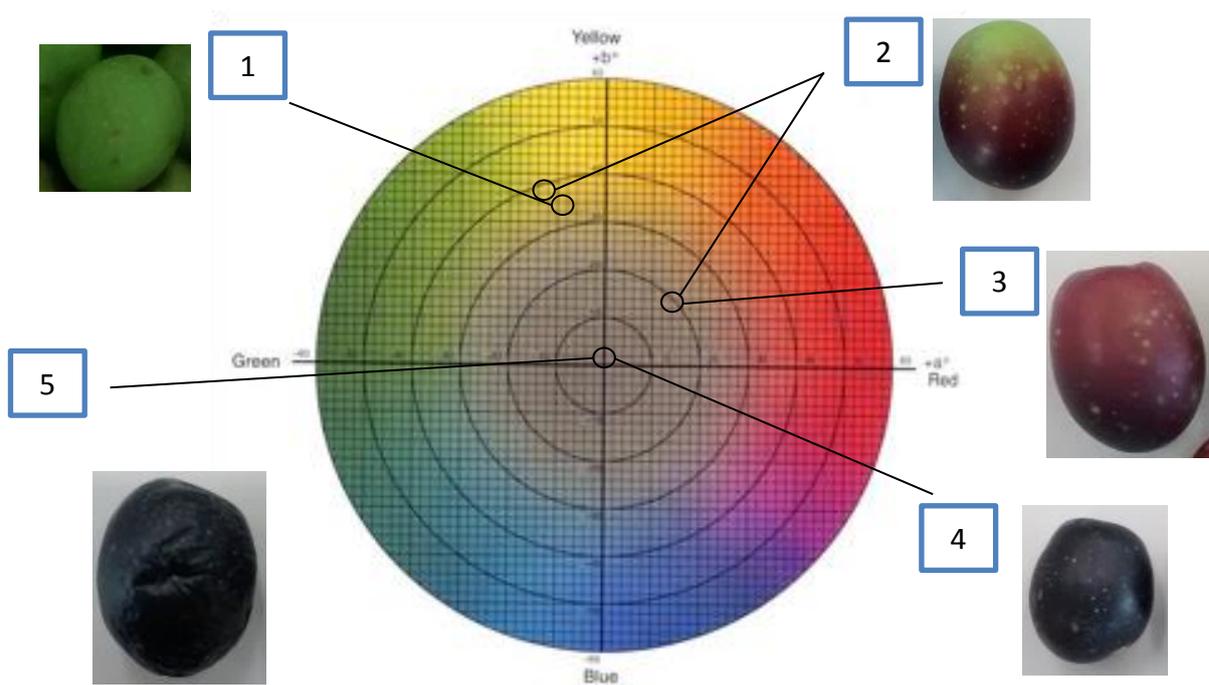


Figura 4.13. Espacio de color del cultivar "Villalonga"

Tabla 4.22. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Villalonga”

Muestreo	Zona verde			Zona oscura		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	48,82 ± 2,08	-11,4 ± 3,7	35,86 ± 3,36			
2	52,81 ± 2,35	-14 ± 4,83	35 ± 3,6	27,8 ± 2,53	15,5 ± 4,8	12 ± 1,69
3				88,9 ± 2,26	17,4 ± 6,4	12,08 ± 3,84
4				94,03 ± 0,9	-0,58 ± 3,1	2,87 ± 0,58
5				98,64 ± 1,3	-1,26 ± 1,4	2,78 ± 0,49

En la tabla 4.22 podemos apreciar que la epidermis llega a la maduración en el cuarto muestreo, como las aceitunas del cultivar “Llúmero”. Sin embargo, según Iñiguez *et al* (1999) y MAGRAMA (2015), la maduración del cultivar “Villalonga” es temprana. Este hecho puede ser debido a que el cultivar “Villalonga” es un cultivar foráneo y por lo tanto no está adaptado a las condiciones de cultivo de la zona de estudio.

En la zona verde la variación de color es casi inexistente como podemos observar en la tabla, y es que el color verde de las imágenes correspondientes a aceitunas analizadas corresponde con los valores obtenidos en el análisis (a* negativo indica color verde y b* positiva indica color amarillo).

En cuanto a la zona oscura, encontramos muchas similitudes con lo que sucede con el cultivar “Nana”. En el segundo muestreo la luminosidad es oscura y en el quinto llega casi al 100, dando valores mucho más brillantes. En cuanto al valor a*, éste evoluciona de un color rojo a un color negro, mientras que el valor b* evoluciona también de amarillo a negro. Estos dos últimos parámetros nos muestran una maduración muy rápida de los frutos de este cultivar.

4.4. ESTUDIO DEL CUAJADO DE FLORES Y FASES INICIALES DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO

En este apartado se analiza y compara el resultado del cuajado de frutos en los cultivares “Farga”, “Llumero”, “Nana” y “Villalonga” atendiendo a diferentes tipos de polinización: autopolinización, polinización libre cruzada y polinización dirigida mediante polen del cultivar “Arbequina”. También se ha realizado un estudio más detallado de esta capacidad y evolución del cuajado en las diferentes orientaciones de los olivos.

4.4.1. Estudio del cuajado de flores en los cultivares estudiados

En las figuras 4.14 hasta la figura 4.17 se observa la evolución de los botones florales en los ramos embolsados y en formaciones similares en los diferentes tipos de polinización estudiados. La apertura de las bolsas se realizó cuando los frutos estaban al 50% de calibre final, a fecha 20 de junio de 2015.

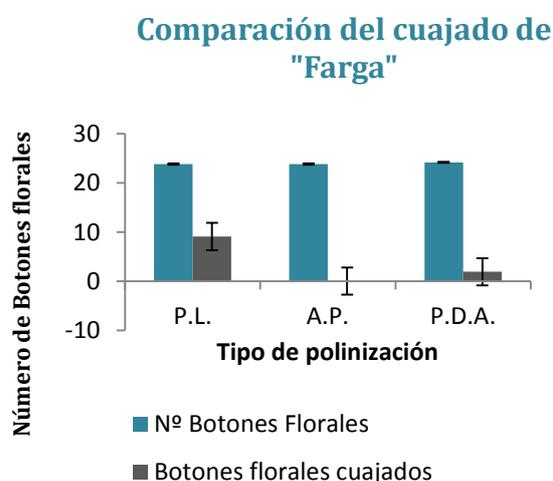


Figura 4.14. Cuajado y nº medio de botones florales en “Farga”. en los distintos tipos de polinización (PL = Polinización Libre Cruzada; AP = Autopolinización; PDA = Polinización dirigida mediante “Arbequina”)

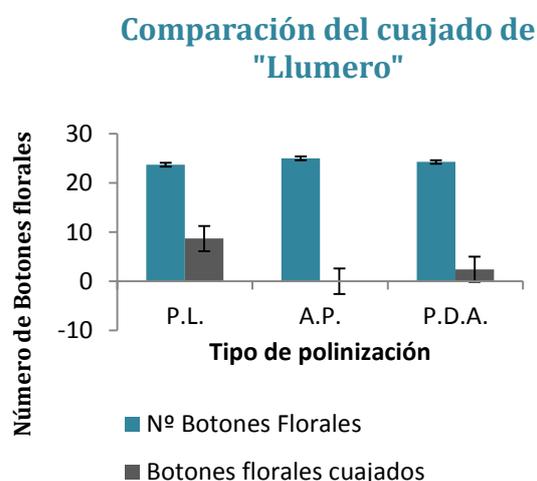


Figura 4.15. Cuajado y nº medio de botones florales en “Llumero” en los distintos tipos de polinización

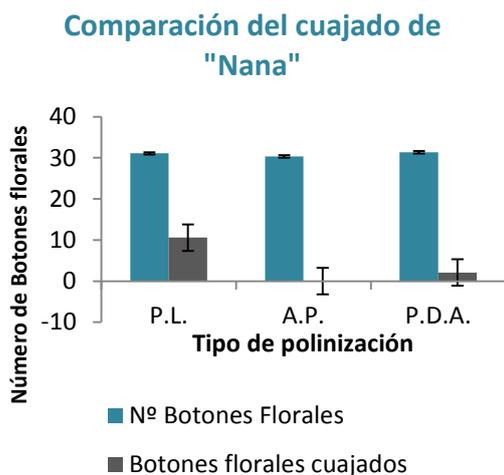


Figura 4.16. Cuajado y nº medio de botones florales en "Nana" en los distintos tipos de polinización

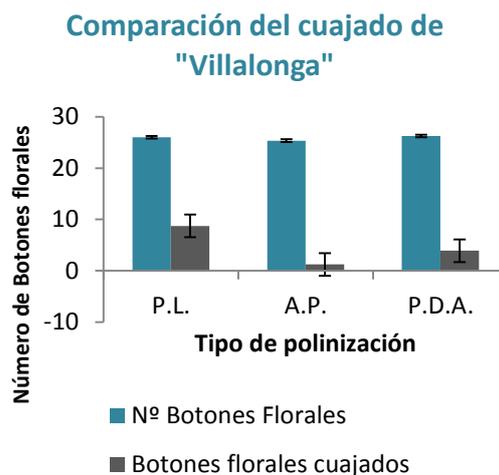


Figura 4.17. Cuajado y nº medio de botones florales en "Villalonga" en los distintos tipos de polinización

Para dotar al estudio de uniformidad, se eligió una inflorescencia al azar por tipo de polinización y en cada orientación. Se embolsaron formaciones de las que previamente fue evaluado el número de botones por inflorescencia, cuyo valor medio se indica a continuación: 23,94 en el cultivar "Farga", 24,33 en "Llumero", 30,92 en "Nana" y 25,86 en "Villalonga". Este número de botones concuerda básicamente con las mediciones que realizaron López y Salazar (2006) contando 21,33 botones florales por inflorescencia en "Farga", 24,27 en "Llumero", 30,76 en "Nana" y 26,27 en "Villalonga".

Se eligió el cultivar "Arbequina" como parental para la polinización dirigida debido a que, como comenta Rallo (2005), es un cultivar que produce mucho polen y la viabilidad del mismo es de un 55,4%, clasificando la viabilidad del polen en alta dentro de una clasificación de alta, media y baja.

CULTIVARES "FARGA", "LLUMERO" Y "NANA"

Los cultivares autóctonos "Farga", "Llumero" y "Nana" siguen una misma pauta para los diferentes tipos de polinización. El mayor cuajado se produjo en polinización libre cruzada, siendo el cultivar "Nana" el mayor con una media de 11 frutos por inflorescencia, resultando en total 9 frutos de "Llumero" y "Farga", todo ello antes de

las caídas de verano. También mostraron ser cultivares autoincompatibles por no obtener frutos bajo autopolinización. Rallo (2005) en sus estudios ya comenta que tanto de “Llumero” como de “Farga” no se obtienen niveles altos en autopolinización y Rovira (2010) pone de manifiesto que “Llumero”, “Farga” y “Nana” poseen relativamente menor cantidad de polen.

La polinización mediante “Arbequina” resultó baja, dando lugar a una media de 0,08 frutos por botón floral en “Llumero” y “Farga” y 0,06 en “Nana”.

CULTIVAR “VILLALONGA”

En cuanto al cultivar “Villalonga”, se dio una media de cuajado en polinización cruzada de 8,75 frutos por inflorescencia, lo que supone 0,34 frutos por botón floral. Rallo (2005) calculó dicha relación y obtuvo 0,33 frutos por botón floral, un valor bajo debido al gran tamaño de los frutos.

Con respecto al estudio de la autopolinización, el cultivar “Villalonga” se diferencia del resto dado que se presenta un nivel, aunque bajo, de autopolinización, en concreto una media de 1,25 frutos por inflorescencia. Cuevas y Polito (1997) hicieron ensayos para determinar la autocompatibilidad del cultivar “Villalonga” y obtuvieron un índice de autocompatibilidad (relación entre número de frutos cuajados por autopolinización y número de frutos obtenidos por polinización cruzada) de 0,22 a 0,24.

En este estudio se ha dado un índice de autocompatibilidad de 0,14. Según Rallo (2005) también afirma que el cultivar “Villalonga” tiene polen viable, con lo cual da lugar a pensar que el cultivar no es autoincompatible.

En lo referente a la polinización con “Arbequina”, se cuajaron una media de 4 frutos por inflorescencia, es decir el doble de frutos que en los otros cultivares. Moutier (2002) afirma en sus estudios que el comportamiento de “Arbequina” como polinizador de “Villalonga” ha dado resultados aceptables, tal y como se han alcanzado en este Trabajo Fin de Master.

Finalmente la figura 4.18 nos muestra que si hubo diferencias significativas, estadísticamente hablando, entre la relación de cuajados y número de botones florales de los diferentes cultivares estudiados, bajo la polinización dirigida mediante “Arbequina”.

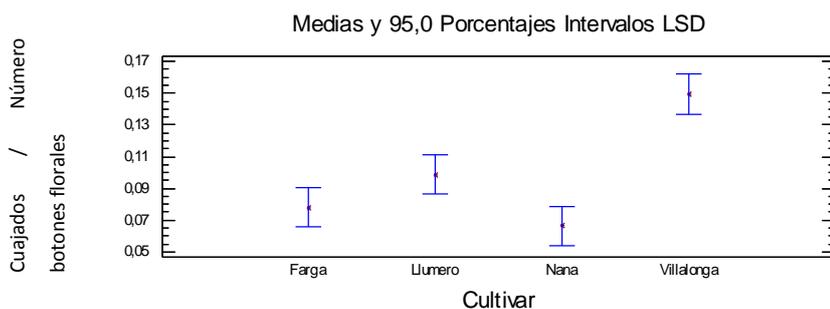


Figura 4.18. Gráfico de medias e intervalos LSD (Valor-P < 0,05) de la relación frutos cuajados y número de botones florales en polinización dirigida mediante “Arbequina”

Hay que destacar que tras retirar las bolsas de los ramos destinados al estudio de la autopolinización, en los cultivares “Farga”, “Llumero” y “Villalonga” aparecieron azofairones (Fotografía 4.1). Los azofairones son frutos partenocárpicos que pueden formarse sin que haya polinización y fecundación previa.



Fotografía 4.1. Frutos procedentes de la polinización cruzada y azofairones del cultivar “Villalonga”

4.4.2. Análisis de la influencia de la orientación en el cuajado

Con el objetivo de evaluar la influencia de la orientación en el cuajado de frutos, se ha realizado el análisis de la varianza para cada cultivar y tipo de polinización.

Para ello se ha elegido como variable la relación número de frutos cuajados entre el número de botones florales embolsados (Tablas 4.23 a 4.26).

Tabla 4.23. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “FARGA” según tipo de polinización y orientación

“FARGA”					
Tipo de polinización	Orientación	Media	Máximo	Mínimo	Valor-P
Polinización Libre Cruzada	NORTE	0,37 ± 0,03	0,39	0,33	0,2382
	OESTE	0,36 ± 0,04	0,40	0,33	
	SUR	0,38 ± 0,04	0,42	0,36	
	ESTE	0,42 ± 0,02	0,43	0,4	
Polinización Dirigida	NORTE	0,06 ± 0,02	0,08	0,04	0,8973
	OESTE	0,08 ± 0,01	0,09	0,08	
	SUR	0,08 ± 0,07	0,125	0	
	ESTE	0,09 ± 0,04	0,125	0,05	

Tabla 4.24. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “LUMERO” según tipo de polinización y orientación

“LUMERO”					
Tipo de polinización	Orientación	Media	Máximo	Mínimo	Valor-P
Polinización Libre Cruzada	NORTE	0,37 ± 0,03	0,39	0,33	0,7139
	OESTE	0,36 ± 0,04	0,40	0,33	
	SUR	0,38 ± 0,04	0,42	0,36	
	ESTE	0,42 ± 0,02	0,43	0,4	
Polinización Dirigida	NORTE	0,11 ± 0,02	0,13	0,09	0,6914
	OESTE	0,08 ± 0,06	0,15	0,04	
	SUR	0,11 ± 0,03	0,15	0,08	
	ESTE	0,10 ± 0,02	0,12	0,08	

Tabla 4.25. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “Nana” según tipo de polinización y orientación

“NANA”					
Tipo de polinización	Orientación	Media	Máximo	Mínimo	Valor-P
Polinización Libre Cruzada	NORTE	0,33 ± 0,04	0,38	0,31	0,5647
	OESTE	0,32 ± 0,05	0,36	0,27	
	SUR	0,37 ± 0,04	0,42	0,32	
	ESTE	0,34 ± 0,02	0,35	0,31	
Polinización Dirigida	NORTE	0,07 ± 0,03	0,1	0,03	0,8357
	OESTE	0,07 ± 0,02	0,09	0,06	
	SUR	0,06 ± 0,01	0,08	0,05	
	ESTE	0,06 ± 0,02	0,07	0,03	

Tabla 4.26. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “Villalonga” según tipo de polinización y orientación

“VILLALONGA”					
Tipo de polinización	Orientación	Media	Máximo	Mínimo	Valor-P
Polinización Libre Cruzada	NORTE	0,32 ± 0,05	0,37	0,27	0,1303
	OESTE	0,31 ± 0,01	0,32	0,30	
	SUR	0,37 ± 0,03	0,40	0,35	
	ESTE	0,35 ± 0,03	0,38	0,32	
Autopolinización	NORTE	0,05 ± 0,02	0,07	0,04	0,9348
	OESTE	0,05 ± 0,02	0,08	0,04	
	SUR	0,04 ± 0,04	0,08	0	
	ESTE	0,06 ± 0,03	0,09	0,03	
Polinización Dirigida	NORTE	0,13 ± 0,04	0,17	0,10	0,5618
	OESTE	0,16 ± 0,02	0,17	0,14	
	SUR	0,16 ± 0,03	0,19	0,13	
	ESTE	0,15 ± 0,02	0,17	0,12	

El Valor-P mostrado en la tabla 4.23 del cultivar “Farga” es 0,2383. Puesto que este valor es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de la relación número de frutos cuajados y el número de botones florales embolsados entre las diferentes orientaciones, con un nivel del 95,0% de confianza. El valor-P también fue superior a 0,5 en cuanto a la polinización dirigida, por lo tanto podemos afirmar que no hay diferencias significativas entre las orientaciones del árbol.

En las demás tablas correspondientes a los cultivares “Llumero”, “Nana” y “Villalonga” todos los valores-P son superiores a 0,5, con lo cual, al igual que en “Farga”, no hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos en las diferentes orientaciones, por tanto el cuajado de frutos, indiferentemente del tipo de polinización que se realice, no dependerá de la orientación.

Capítulo 5: Conclusiones

5.1. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se extraen de este trabajo se exponen a continuación, teniendo en cuenta que están basadas en las condiciones de cultivo propias de la zona estudiada:

1. En cuanto al análisis pomológico de los frutos en ensayo:

- Se realizaron fichas pomológicas de frutos, de acuerdo a la norma UPOV TG/99/4, para los cultivares “Arbequina”, “Farga”, “Llumero”, “Nana” y “Villalonga”.

- Los frutos de los cultivares “Farga”, “Nana” y “Llumero” son los que menor variación de peso de fruto y endocarpio tienen. “Villalonga” si presenta variaciones importantes de peso, mientras las variaciones de “Arbequina” son menores debido a su bajo peso.

- El análisis de la varianza concluyó que podemos usar las variables peso fruto, peso pulpa y peso endocarpio como forma de diferenciar los cultivares estudiados entre sí a excepción de “Llumero” de “Nana”, no obteniendo diferencias estadísticamente significativas en este caso. También se podría usar la longitud del fruto para diferenciar todos los cultivares excepto los pares “Farga-Villalonga” y “Farga-Llumero”. Finalmente las variables ancho A y ancho B del fruto presentan gran utilidad en cuando a identificación de estos cultivares, ya que dieron diferencias significativas en todos ellos.

- La variable que mayor correlación lineal tiene con el peso del fruto es el peso de la pulpa. La correlación lineal entre la longitud y la anchura del fruto es positiva pero débil debido a la incidencia de la forma del fruto en este estudio.

2. La evolución del color de la epidermis de los frutos en condiciones de la zona indica que en el caso de los cultivares “Arbequina”, “Llumero”, “Nana” y “Villalonga”, a partir del muestreo 3 la aceituna está lista para su recolección, dado que la luminosidad es muy alta, y la coordenada a^* pasa a alcanzar valores positivos. Por lo que, ese momento se considera óptimo comparativamente con los índices actualmente manejados que son aparentes.

En el caso del cultivar “Farga” este punto de óptimo de maduración, en nuestras condiciones de trabajo, se encontraría entre el muestreo 2 y 3.

3. Sobre la evolución del poder de cuajado en diferentes tipos de polinización: análisis pomológico de los frutos en ensayo

- En polinización libre cruzada el cultivar que dio un mayor número de frutos cuajados fue el cultivar “Nana” con aproximadamente 11 frutos por inflorescencia, seguida de los cultivares “Farga” y “Llumero”. El cultivar “Villalonga” fue el que menor poder de cuajado ofreció, todo ello antes de las caídas de fruto del verano.

- Se confirmó que los cultivares “Farga”, “Llumero” y “Nana” son autoincompatibles, mientras que el cultivar “Villalonga” se puede considerar como parcialmente autocompatible.

- El cultivar “Arbequina” resultó ser un buen polinizador para “Villalonga” con un mayor número de frutos cuajados. Sin embargo, los resultados con “Nana”, “Llumero” y “Farga” fueron menores, pero si fueron estadísticamente diferentes entre todos los cultivares.

- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el cuajado en las distintas orientaciones.

Capítulo 6: Bibliografía

- AGUSTÍ, M. (2010). *Fruticultura*. Madrid: Mundi-Prensa.
- AICA (2015). *Producción de aceite de oliva*, visto el 28 de abril de 2015 http://aplicaciones.magrama.es/pwAgenciaAO/InfMercadosAceite.aao?dato_de=PRODUCCION&opcion_seleccionada=4120&control_acceso=S&idioma=ESP
- BARRANCO, D. (1997). Las principales variedades de olivo en España. *Vida rural*, 55: 32-34.
- BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. Y RALLO, L. (2008). *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- BESNARD, G.; GARCÍA-VERDUGO, C.; RUBIO DE CASAS, R.; TREIER, U.A.; GALLAN, N. & VARGAS, P. (2008). Polyploidy in the Olive Complex (*Olea europaea*): Evidence from Flow Cytometry and Nuclear Microsatellite Analyses. *Annals of Botany*, 101: 25-30.
- BESNARD, G.; GREEN, P.S. & BERVILLÉ, A. (2002). The genus *Olea*: molecular approaches of its structure and relationships to other Oleaceae. *Acta Botanica Gallica*, 149: 49-66.
- CAJAMAR (2013). *El cultivo del olivo*, visto el 29 de abril de 2015 <http://www.fundacioncajamarvalencia.es/es/pdf/curso-nuevas-tecnicas-vinedo-olivo/olivo.pdf>
- CARRASCO, P. (2004). *Caracterización pomológica y de sus aceites de cultivares de olivo*. Proyecto Final de Carrera en Ingeniería Agrónoma. Universitat Politècnica de Valencia.
- CONSEJO OLEÍCOLA INTERNACIONAL (COI) (2015). *The olive tree*, visto el 27 de abril de 2015 <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/76-the-olive-tree>
- CRISTÓBAL, J.A. Y LÓPEZ-CARVANAL, A. (2013). Cuajado de frutos y partenocarpia en olivo “Manzanillo” con polinización cruzada. *Agronomía mesoamericana*, 24: 393-400.

- CUEVAS, J. & POLITO, V. (1997). Compatibility relationships in “Manzanillo” Olive. *HortScience*, 32: 1056-1058.
- DOP ACEITE DE LA COMUNITAT VALENCIANA (2015). *El aceite de oliva*, visto el 29 de abril de 2015. <http://www.doaceitecomunitatvalenciana.com/>
- ESYRCE (2013). *Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos en España: Análisis de las plantaciones de olivar en España*, visto el 29 de abril de 2015 http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/novedades/Olivar2012_tcm7-262578.pdf
- FABRA, J.L. (2013). *Informe de sostenibilidad ambiental. Versión preliminar del Plan General de Ordenación Urbana de Traiguera*, visto el 20 de mayo de 2015 <http://www.traiguera.es/files/archivos/201307/memoria.pdf>
- FAOSTAT. (2015). *Production crop*, visto el 27 de abril de 2015. <http://faostat3.fao.org/>
- FERNÁNDEZ, J.E.; MORENO, F.; CABRERA, F.; ARRUE, J.L. & MARTÍN-ARANDA, J. (1991). Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of olive tree”. *Plant and Soil*, vol 133, issue 5: 239-251.
- GÓMEZ DEL CAMPO, M. Y RAPOPORT, H. (2008). Descripción de la iniciación floral, floración, cuajado, caída de frutos y endurecimiento del hueso. *Agricultura*, 400-406.
- GOOGLE MAPS (2015), visto el 10 de mayo de 2015. <https://www.google.es/maps>>
- GREEN, P.S. & WICKENS, G.E. The *Olea europaea* complex. *Edinburgh University Press*, 287–299.
- GVA (2013). *Superficies de cultivo de olivo por municipios*, visto el 29 de abril de 2015 http://www.agricultura.gva.es/documents/170659/179647/Resumen_Castellon_tr.pdf/a8141303-bab1-4bb9-a9de-8acb0b77e909
- GVA (2014). *Superficies y producciones de los principales cultivos en la Comunidad Valenciana*, visto el 29 de abril de 2015.

<http://www.agricultura.gva.es/documents/170659/179647/Superficies+y+Producciones+2013.pdf/246bac37-0978-4bb8-b81c-947a499e3ce6>

HUNTER ASSOCIATES LABORATORY, INC. (2012). *Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*a*b*, visto el 16 de junio de 2015
<http://www.hunterlab.com/an-1005b.pdf>

ÍÑIGUEZ, A.; PAZ, S. Y ILLA, F.J. (2001). *Variedades de olivo cultivadas en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació.

ÍÑIGUEZ, A.; PAZ, S. Y SÁNCHEZ, L. (1999). *Variedades de olivo en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació.

LAVEE, S.; RALLO, L.; RAPOPORT, H.F. & TRONCO, A. (1996). The floral biology of the olive: effect of flower number, type and distribution on fruitset. *Scientia Horticulturae*, 66: 149-158.

LÓPEZ-CORTÉS, I. Y SALAZAR, D. (2006). *Variedades de olivo y composición de sus aceites en el oeste del mediterráneo*. Valencia: Phytoma.

MAGRAMA (2015). *Material vegetal*, visto el 6 de mayo de 2015
<http://www.magrama.gob.es/app/materialVegetal/resultadosMaterialVegetal.aspx?lng=es>

MAGRAMA (2015). *Producciones agrícolas: aceite de oliva y aceituna de mesa*, visto el 28 de abril de 2015.
<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/aceite-oliva-y-aceituna-mesa/aceite.aspx>

MAHOU, A.; NABIL, Y.; HADIDDOU, A.; OUKABLI, A Y MAMOUNI, A. (2012). Comportamiento de las variedades de olivo Arbequina, Haouzia y Menara en régimen de secano en la región marroquí de Mequínez. *OLIVÆ*, 118: 3-18.

MALIK, N. & BRADFORD, J. (2006). Changes in oleuropein levels during differentiation and development of floral buds in "Arbequina" olives. *Scientia Horticulturae*, 110: 274-278.

- MESEGUER, J. (1988). El aceite de oliva de El Maestrat y las nuevas técnicas para su obtención. *Boletín del Centro de Estudios del Maestratgo*, 22: 25-41.
- MÍČEK, T. Y MÍČEK, M. (2012). *Olea europaea "Farga"*. Benicarló: Onada edicions.
- MONTORO, C. (2000). Aceite de oliva en la Comunidad Valenciana: futuro dorado. *Comunidad Valenciana Agraria: revista técnica*, 15: 43-45.
- MOUTIER, N. (2002). Self-Fertility and Inter-Compatibilities of sixteen olive varieties. *Acta Hort.*, 586:209-212.
- RALLO, L. (1994). Fructificación y producción en olivo. *Agricultura*, 746: 13-16.
- RALLO, L. (2005). *Variedades de Olivo en España*. Junta de Andalucía: Mundi-Prensa.
- RAPOPORT, H.F.; PÉREZ-LÓPEZ, D.; HAMMAMI, S.B.M.; AGÜERA, J. Y MORIANA, A. (2013). Fruit pit hardening: physical measurement during olive fruit growth. *Ann Appl Biol*, 163: 200–208.
- RODRÍGUEZ DE LA BORBOLLA, J.; FERNÁNDEZ, J. Y GONZÁLEZ, F. (1995). Cambios en la composición de la aceituna durante su desarrollo. *Grasas y aceites*, 6: 5-22.
- ROVIRA, M. (2010). *Pol·linització de l'olivera*, visto el 22 de junio de 2015 http://www.ruralcat.net/c/document_library/get_file?uuid=88da8a57-ca82-4f9c-99e0-cadb2efbc1b8&groupId=10136
- SIGPAC (2015). *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas*, visto el 10 de mayo de 2015. sigpac.mapa.es/fega/visor/
- UPOV (2011). Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales: *Directrices para la ejecución del examen de distinción, la homogeneidad y la estabilidad. TG/99/4*, visto el 12 de mayo de 2015. <http://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg099.pdf>
- WEILAND, C. M^a.; GARCÍA, J.M^a. Y JOUSFI, K. (2012). Autopolinización y polinización libre en cinco variedades de olivo (*Olea europea* L.) de molino. *Revista de Fruticultura: especial Olivicultura*, 24: 30-35.

WESTWOOD, N.M. (1982). *Fruticultura de zonas templadas*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Capítulo 1: Introducción

1.1. BOTÁNICA Y FISIOLOGÍA DEL OLIVO

Como especie botánica, el olivo cultivado (*Olea europaea* subsp. *europaea*) pertenece a la familia botánica *Oleaceae*, que se engloba dentro del orden *Lamiales*, clase *Magnoliopsida* y división *Magnoliophyta*.

El género *Olea* contiene aproximadamente 40 especies y sub-especies extendidas a lo largo de África, Europa, Asia y Oceanía (Besnard *et al*, 2002). Además del olivo *Olea europaea* subsp. *europaea*, que es uno de los cultivos más importantes en toda la Cuenca Mediterránea, existen otras cinco sub-especies no mediterráneas: subsp. *laperrinei* distribuida por los macizos del Sáhara; subsp. *cuspidata* desde Sudáfrica hasta el sur de Egipto y desde Arabia hasta el norte de India; subsp. *guanchica* en las Islas Canarias; subsp. *maroccana* en Agadir (Marruecos); y la subsp. *cerasiformis* en la isla de Madeira (Green & Wickens, 1989).

Recientes estudios de citometría de flujo y análisis con microsatélites nucleares demuestran que las subespecies *europaea*, *laperrinei*, *cuspidata* y *guanchica* son diploides, mientras que la subsp. *maroccana* es hexaploide y la subsp. *cerasiformis* tetraploide (Besnard *et al*, 2008).

Barranco *et al* (2008) describen el olivo cultivado como un árbol de tamaño mediano, que puede alcanzar grandes alturas según el cultivar, aunque raramente supera los cuatro metros. Puede permanecer vivo y productivo durante cientos de años. Es un árbol polimórfico, con fases juvenil y adulta. Se diferencian estas fases según la capacidad reproductora (en fase adulta), en el potencial de enraizamiento (mayor en fase juvenil) y en diferencias morfológicas específicas en hojas y ramos.

El olivo es una planta que se caracteriza por su resistencia a la sequía. Se han estudiado sus causas y se ha demostrado que los estomas de las hojas se abren y cierran mejor que otras plantas y, por lo tanto, disminuye su transpiración porque cierran mejor sus estomas en las horas del día de máxima insolación. Esta situación hace que el olivo tenga una gran capacidad para absorber agua útil del suelo (Carrasco, 2004).

La profundidad y la extensión lateral del sistema radical y el grado de ramificación dependen del tipo y profundidad del suelo, de la aireación y del contenido de agua del mismo (Fernández *et al*, 1991).

1.2. ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL CULTIVO DEL OLIVO

El origen del olivo silvestre se sitúa en Asia Menor (Figura 1.1), donde es muy abundante, formando verdaderos bosques. Parece haberse extendido desde Siria hacia Grecia, a través de Anatolia, aunque otras hipótesis lo sitúan en el Bajo Egipto, en Nubia, en Etiopía, en las montañas del Atlas o en determinadas regiones de Europa. Se considera autóctono de toda la Cuenca Mediterránea y se ubica el origen del olivo cultivado en Asia Menor hace unos seis milenios. De los pueblos antiguos de la zona, únicamente los asirios y los babilonios no lo conocían (COI, 2015).

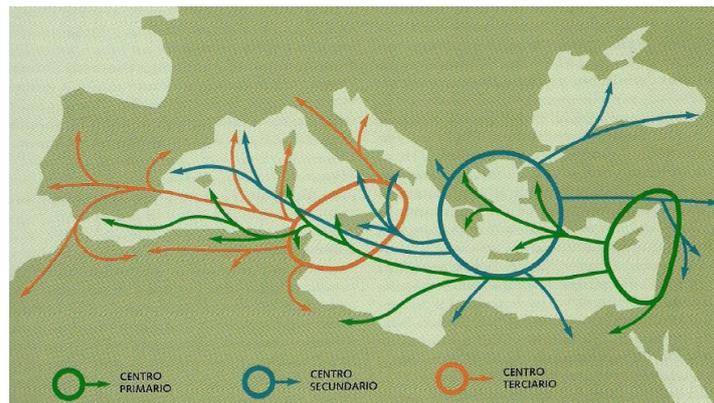


Figura 1.1. Difusión del cultivo del olivo en la Cuenca del Mediterráneo (Rallo, 2005)

Desde el siglo VI a.C. se propagó por toda la Cuenca del Mediterráneo pasando a Trípoli, a Túnez, a la isla de Sicilia, y desde allí a la Italia Meridional. Los romanos prosiguen la expansión del olivo por los países costeros del Mediterráneo como arma pacífica en sus conquistas para el asentamiento de poblaciones (COI, 2015).

El olivo, que se había introducido en España durante la dominación marítima de los fenicios (1050 a.C), no alcanzó notable desarrollo hasta la llegada de Escipión (212 a.C) y la dominación de Roma (45 a.C). Después de la tercera guerra púnica, el olivar ocupaba una vasta extensión en la Bética y se expandió hacia el centro y el litoral

mediterráneo de la Península Ibérica. Los árabes introdujeron sus cultivares en el sur español e influyeron en la difusión del cultivo hasta el punto de que muchos términos españoles referidos a aceituna, aceite o acebuche o los vocablos en portugués para aceituna (azeitona) y aceite de oliva (azeite) tienen raíz árabe (COI, 2015).

En la actualidad, el cultivo del olivo está en fase expansiva, sobre todo con la aparición de plantaciones intensivas en regadío, a las que se aplican técnicas de olivicultura avanzada y con las que se obtienen altos rendimientos productivos. Según FAOSTAT (2015), en 2013 se cultivan 10.201.775 hectáreas en el mundo con una producción de 16.558.175 toneladas de aceituna repartidas en 41 países pero los productores mayoritarios son los países de la Cuenca del Mediterráneo.

1.3. EL CULTIVO DEL OLIVO

1.3.1. El olivo en España

1.3.1.1. Importancia del cultivo del olivo

España es el mayor productor de olivos del mundo. En 2013 se llegaron a producir 7,87 toneladas de aceitunas en un área de 2,5 millones de hectáreas (Figura 1.2). La producción española representa aproximadamente el 60% de la producción de la UE y el 45% de la mundial (MAGRAMA, 2015). Además es el mayor exportador tanto de aceituna de mesa como de aceite de oliva del mundo, siendo el producto más valorado de todas las exportaciones con un valor de 3.042,52 \$/tonelada (FAOSTAT, 2015).



Figura 1.2. Producción, en toneladas, de aceituna por los países más productores de aceite en 2013 (FAOSTAT)

En cuanto a la superficie dedicada al olivo en España, la superficie total en el año 2012 es de 2.584.564 ha, de las cuales el 94,4% (2.439.660 ha) son de olivar de almazara, el 3% (77.734 ha) son olivar de mesa y el 2,6% (67.170 ha) son de olivar de doble aptitud (ESYRCE, 2013).

La distribución de olivar por Comunidades Autónomas se concentra sobre todo en el Este, Sur y Suroeste peninsular. Destaca por su importancia Andalucía donde se concentra el 60,2% de la superficie nacional. Le siguen en importancia Castilla la Mancha (15,7%) y Extremadura (10,4%). El resto de Comunidades Autónomas suman el 13,7% de la superficie nacional de olivar (ESYRCE, 2013).

Finalmente cabe destacar que a pesar de los avances en medidas de cultivo y prácticas para disminuir el impacto que produce la vecería en el olivar español, sigue habiendo una tendencia por alternar años con producciones elevadas con años donde la producción disminuye considerablemente (Tabla 1.1) (AICA, 2015).

Tabla 1.1. Tabla de toneladas de aceitunas producidas en España por meses (AICA, 2015)

	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015
Octubre	6,3	18,6	6,6	8,8	30,2
Noviembre	97,8	170,2	87,7	169,7	156,6
Diciembre	431,3	655,4	296,3	592,2	426,2
Enero	548,4	577,8	158,9	483,0	159,5
Febrero	255,8	149,4	49,1	300,1	37,3
Marzo	44,0	33,9	10,3	207,9	
Abril	3,6	4,4	5,1	14,5	
Mayo	4,7	5,3	4,2	5,3	
Junio	0,0	0,0	0,0	0,0	
Julio	0,0	0,0	0,0	0,0	
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	
Septiembre	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	1.391,9	1.615	618,2	1.781,5	809,8

1.3.1.2. Cultivares de olivo en España

El material vegetal cultivado en España está constituido por un gran número de cultivares que, al igual que en otros países olivareros, son antiguos y su difusión está restringida en torno a su posible lugar de origen. Cabe añadir que existe la problemática acerca de las denominaciones, ya que es posible que aparezcan cultivares con denominaciones diferentes dependiendo del lugar de cultivo e, incluso, se aplica la misma denominación a cultivares diferentes (Barranco, 1997).

En el conjunto de cultivares de olivo cultivados en España se pueden destacar tres características: son muy antiguos, han tenido poca difusión fuera de sus zonas de origen y, en general, están cultivados en sus propias raíces (Barranco, 1997).

La antigüedad de los actuales cultivares de olivo es un hecho comprobado y, de algunas, se tiene referencias de que ya se cultivaban hace más de 500 años. La localización de los diferentes cultivares alrededor de sus probables zonas de origen se debe, en parte, al desconocimiento aún presente sobre el comportamiento de los distintos cultivares en otras zonas de cultivo. Y finalmente la ausencia de patrones se debe a la facilidad de enraizamiento de la mayoría de cultivares de olivo y a la gran rusticidad de la especie (Barranco, 1997).

En total se han encontrado 272 cultivares de olivo en España. Esta diversidad se debe probablemente al origen autóctono de éstos, surgida de la probable selección por parte del agricultor de materiales diferentes en cada zona y de su restringida difusión en torno a la misma (Rallo, 2005).

1.3.2. El olivo en la Comunidad Valenciana

1.3.2.1. Importancia del cultivo del olivo en la Comunidad Valenciana

El olivo se encuentra extendido por toda la Comunidad Valenciana y hasta los años 1940-1950 era uno de los cultivos que ocupaba una mayor superficie. Es por ello un cultivo importante, tanto desde el punto de vista económico como social, por la gran cantidad de mano de obra que ocupa, especialmente en algunas comarcas del interior,

donde entre el 50-90% de la superficie cultivada está ocupada por el olivar (Iñiguez *et al*, 2001).

Según datos estadísticos de G.V.A. de 2013, el olivar es el tercer cultivo leñoso más extendido en la Comunidad Valenciana con 92.087 hectáreas. De toda esa superficie dedicada, es Castellón la provincia que más superficie dedica con 33.347 hectáreas, seguida de Valencia con 31.143 ha y finalmente Alicante con 27.597 ha.

En la Comunidad Valenciana se dedican a la olivicultura más de 63.000 olivicultores. Estos olivares, de tipo tradicional, son en un 95% de secano y con una baja densidad de plantación. Además, generalmente se invierte más tiempo que dinero en la olivicultura (CAJAMAR, 2013).

El olivar se cultiva por inercia o tradición. La mayoría de olivicultores tienen una renta que proviene del olivo y es prácticamente nula, con lo cual cobra importancia las subvenciones que reciben del Estado y de la Comunidad. También encontramos olivicultores que viven del olivar gracias a que también llevan a cabo la elaboración del aceite, y en muy pocos casos de dedicación exclusiva al cultivo (CAJAMAR, 2013).

La problemática de esta olivicultura anticuada que vive la Comunidad Valenciana viene por un exagerado minifundismo, la parcelación (con campos pequeños y diseminados), fuertes pendientes y acceso difícil que complican la mecanización, la escasa densidad de árboles por superficie, la diversidad varietal dispersa y la baja producción media y la vecería o alternancia que, a pesar de haber mecanismos para disminuir su efecto, sigue siendo muy patente (CAJAMAR, 2013).

En la Comunidad se producen unos 25.000 toneladas de aceite de oliva (GVA, 2014). Asimismo hay repartidas 131 almazaras entre 108 cooperativas y 23 industrias y cuenta con 97 envasadoras. La olivicultura actual está creciendo en calidad y cuenta con cultivares tradicionales perfectamente adaptables al clima y suelo. El carácter permanente de este cultivo ha permitido la fijación de la población rural de las áreas olivareras (López y Salazar, 2006), con lo cual ha permitido el desarrollo económico y agroindustrial de estas zonas.

1.3.2.2. Estructura varietal en la Comunidad Valenciana

El material vegetal autóctono es importante y ocupa un destacado lugar en el panorama nacional. De los 23 cultivares principales cultivados en España, 6 son valencianos (“Villalonga”, “Blanqueta”, “Farga”, “Serrana”, “Changlot Real” y “Alfafara”) (Íñiguez *et al*, 1999).

Cabe destacar que existen 7 zonas productoras de aceituna diferenciadas en la Comunidad Valenciana, de las cuales 66.947 hectáreas de las 92.087 totales pertenecen a estas, es decir, casi un 73% de toda la superficie dedicada pertenece a esas zonas (Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Caracterización de zonas olivereras en la Comunidad Valenciana (Montoro, 2000). Datos de GVA (2013)

ZONA	CULTIVARES	SECTOR	ACEITE	SUP. (ha)
Alto Palancia – Sierra de Espadán	Serrana de Espadán y Villalonga	Agricultura tradicional	Baja acidez, sabor propio, color amarillo-oro brillante, con extracto, suave y afrutado	7.756
Maestrazgo	Farga, Morruda, Nana y Llumero	Agricultura tradicional en terrazas	Con cuerpo, sabor y olor afrutado, brillante transparente y limpio	18.665
La Serranía	Villalonga, Serrana de Espadán y Manzanilla	Agricultura tradicional, almazaras medias	Amarillo-verdoso, acidez medio-baja, cuerpo suave, picante y armonioso	3.456
Enguera – Canal de Navarrés	Manzanilla, Alfalareña y Blanqueta	Agricultura tradicional, almazaras medias	Amarillo-verdoso, afrutado, con extracto y gran paladar	9.120

ZONA	CULTIVARES	SECTOR	ACEITE	SUP. (ha)
Venta del Moro – Utiel/Requena – Ayora	Cornicabra, Villalonga, Piñón, Manzanilla y Asperilla	Agricultura tradicional, almazaras medias	Color dorado-verdoso, armoniosos, suaves, penetrantes y personales	5.050
La Montaña de Alicante	Cuquillo, Blanqueta, Gordal y Manzanilla	Agricultura tradicional, almazaras medias, cooperativas de 2º grado	Amarillo-claro-dorado, dulces, olor agradable, sabor afrutado y perfumado	16.900
Vinalopó	Alfaloreña, Gordal, Manzanilla y Cuquillo	Agricultura tradicional, almazaras pequeñas	Amarillo dorado, denso, dulce y armonioso	2.340

Tal y como se especifica en el apartado de “Cultivares de olivo en España” la clasificación de cultivares de olivo en la Comunidad Valenciana siguen la misma clasificación según su importancia relativa y su difusión: principales, secundarios, difundidos y locales. Esta clasificación hace referencia a su cultivo en la Comunidad Valenciana, por lo tanto su inclusión en las distintas clasificaciones dependerá de su importancia y difusión en la Comunidad Valenciana con independencia de que sean autóctonos de otras regiones españolas en donde tendrán una importancia distinta. Así cultivares que en el ámbito estatal se consideran principales como Picual o Arbequina, aquí se consideren secundarios o incluso como en el caso de la Hojiblanca, como difundido (Íñiguez *et al*, 2001).

Se podría hacer una última categoría de “otras denominaciones” en donde se incluyen todos aquellos cultivares diferentes, pero que son mal conocidas incluso localmente, que a veces corresponden a un solo árbol, y que no se identifican con ninguno de las cultivares anteriormente reseñados (Íñiguez *et al*, 2001).

Este ensayo se centra en el estudio de los cultivares principales “Farga” y “Villalonga”, así como los cultivares secundarios “Nana”, “Arbequina” y “Llumero”.

En el mapa varietal adjunto (Figura 1.3) muestra cómo están distribuidos los cultivares:

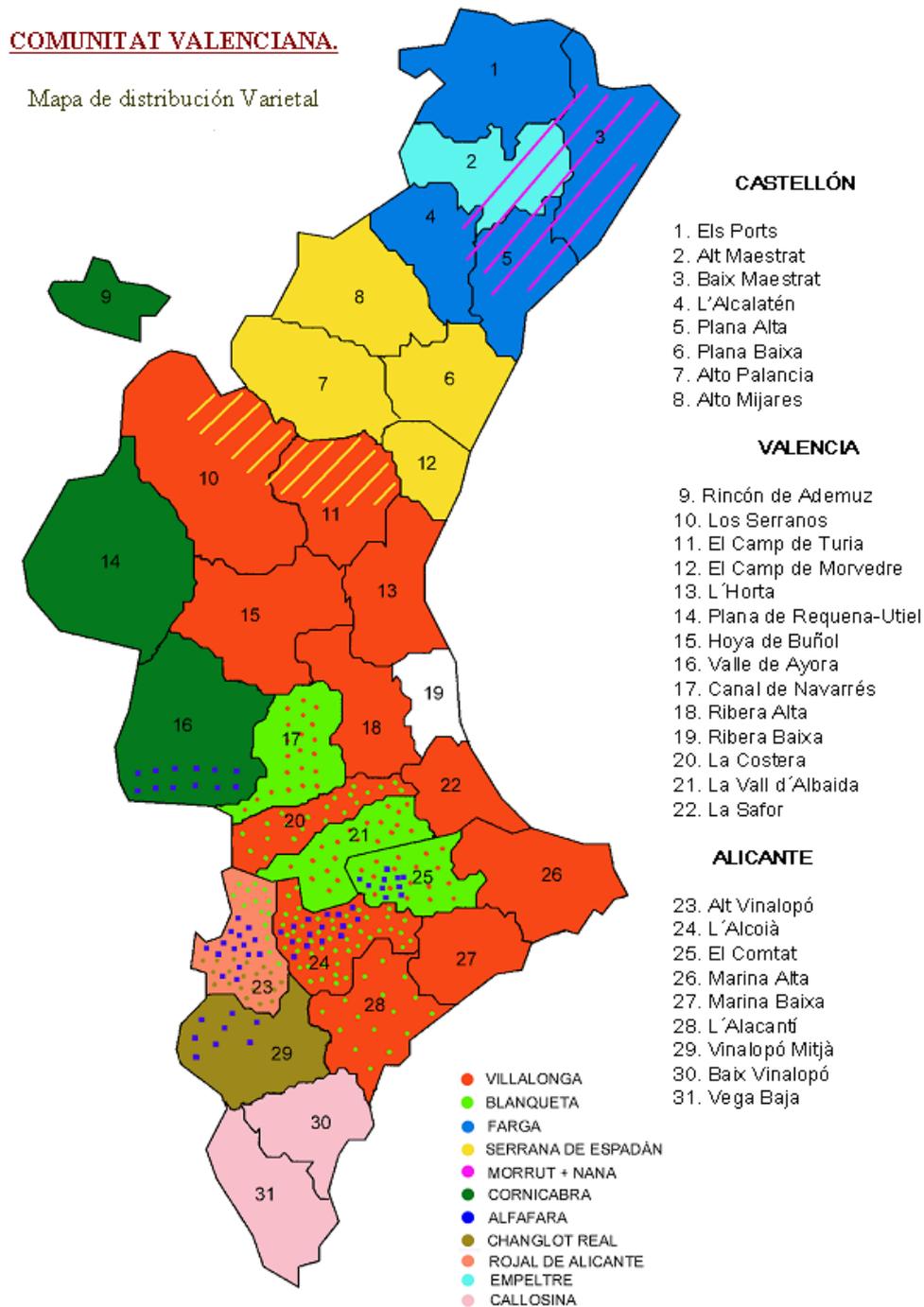


Figura 1.1. Mapa de distribución de cultivares de la Comunidad Valenciana (Íñiguez et al, 2001)

En la Comunidad Valenciana se cultivan cultivares autóctonos que no existen en ningún otro lugar, lo que hace que sus aceites sean únicos. Esta distribución procede del legado histórico de las diferentes culturas presentes en la península a lo largo de

los siglos y ha aportado al paisaje de la Comunidad numerosos ejemplares de olivos milenarios (DOP Aceite de la Comunitat Valenciana, 2015).

En materia de aceite, existe la Denominación de Origen Protegida “Aceite de la Comunitat Valenciana”. Este aceite de oliva virgen extra es obtenido a partir de las aceitunas del olivo exclusivamente de los siguientes cultivares pomológicamente autóctonos de la Comunitat Valenciana: “Farga”, “Serrana”, “Morrudas”, “Villalonga” y “Blanqueta”. La participación de cada una de ellas se encuentra entre los siguientes porcentajes: Serrana: 20-40 %; Villalonga: 20-40 %; Farga: 10-25 %; Blanqueta: 10-25 % y Morrudas: 5-10 % (DOP Aceite de la Comunitat Valenciana, 2015).

1.3.3. El cultivo del olivo en la comarca de El Maestrazgo (Castellón)

1.3.3.1. Antecedentes del cultivo en la comarca y en Traiguera

Podemos encontrar documentos que demuestran la antigüedad del cultivo del olivo en la zona del Maestrat (Castellón), si bien es cierto que los antecedentes que permiten conocer el origen del olivo son muy escasos y confusos.

El escritor y geógrafo Rufo Festo (siglo VI a.C.) denomina “*Oleum flumen*” (río de aceite) a la desembocadura del río Ebro y hace referencia a la costa del Maestrat (Ilercavona) (Meseguer, 1988).

Si estudiamos un poco la toponimia del nombre de los lugares de la comarca, nos encontramos con el nombre del barranco de “Aiguaoliva” que, según la opinión de Meseguer (1988), el nombre es sugerente porque desemboca en Benicarló tras haber transcurrido entre los olivares de La Jana, Traiguera y Sant Jordi.

En la evolución y situación del cultivo del olivo, hay que tener en cuenta la helada de enero de 1956 que fue un duro golpe para el olivar, ya que supuso la desaparición de un 30% de la superficie provincial, principalmente en las dos zonas más significativas, entre ellas el Maestrat. Esto unido a la transformación de muchas tierras de secano a regadío, propició el arranque de plantaciones de olivos, que han sido sustituidos por almendro, cítricos y otros frutales. Por ello la superficie cultivada disminuyó

considerablemente. A partir de los años 90 se ha parado esta tendencia, realizándose nuevas plantaciones (Íñiguez *et al*, 2001).

Esta helada ha determinado la actual estructura varietal de la comarca, puesto que hasta el citado fenómeno climatológico, el cultivar “Farga” ocupaba la práctica totalidad del olivar del Maestrat, encontrándose el resto de cultivares en forma de árboles aislados.

A pesar de la escasez de documentos escritos, en la zona quedan muchos vestigios que nos indican la antigüedad de la olivicultura en el Maestrat. Por una parte tenemos los numerosos molinos que podemos encontrar por los diferentes barrancos y ríos, tanto Cérvol como Senia, que servían para molturar y producir aceite a partir de la fuerza del agua, y por otro lado, el impresionante patrimonio vegetal que atesora esta zona: los olivos milenarios o monumentales.

La zona del Maestrat se ubica dentro del “Territori del Senia”. Éste tiene la mayor concentración de olivos milenarios o monumentales del mundo. Cuenta con municipios tanto valencianos como catalanes y aragoneses, y una estimación de unos 117.000 habitantes en 2.070 km², que van del mar Mediterráneo hasta las montañas dels Ports. Aunque forman parte de tres comunidades autónomas, estos pueblos tienen mucho en común: geografía, historia, lengua, cultura, pero también diferencias en población, altitud, comunicaciones y nivel de renta (Míček y Míček, 2012).

1.3.3.2. Importancia del cultivo en la zona

El Maestrat comprende actualmente tanto las comarcas del Baix Maestrat como del Alt Maestrat. Si bien es cierto que para los pueblos costeros la actividad agrícola ha pasado a un segundo plano debido al auge del turismo, en los pueblos interiores el sector primario sigue siendo la actividad principal.

Según datos de GVA (2013) hay 18.665 hectáreas dedicadas al cultivo del olivar en el Maestrat, de las cuales más del 95% pertenecen al cultivo de secano. También podemos comprobar como hay hasta 11 poblaciones que tienen como el olivar al cultivo más dedicado.

En la zona hay censados más de 4.800 olivos milenarios, según criterios aplicados en Andalucía y Valencia (olivos de más de 3,50 metros de perímetro de tronco a 1,3 metros del suelo). Además la zona cuenta con la producción de aceite certificado de olivos milenarios por 8 molinos de la zona, mejora de los aceites de cultivares tradicionales (“Farga”, “Morruda”, “Serrana”, “Empeltre”...) y actualmente se está trabajando en la creación de una DO suprarregional, en proyectos internacionales y en la posible candidatura a Patrimonio Mundial de la UNESCO (Míček y Míček, 2012).

El segundo pueblo que tiene más superficie de olivar es Traiguera. El término municipal de Traiguera tiene una superficie de 59,8 km² de los cuales dedica 3.856 hectáreas a la actividad agrícola, es decir, 38,56 km². Traiguera cuenta con 22,93 de superficie cultivada por olivar, por lo tanto obtenemos que casi el 40% del término de Traiguera corresponde a olivos.

Evolución de la producción de aceitunas y rendimiento medio

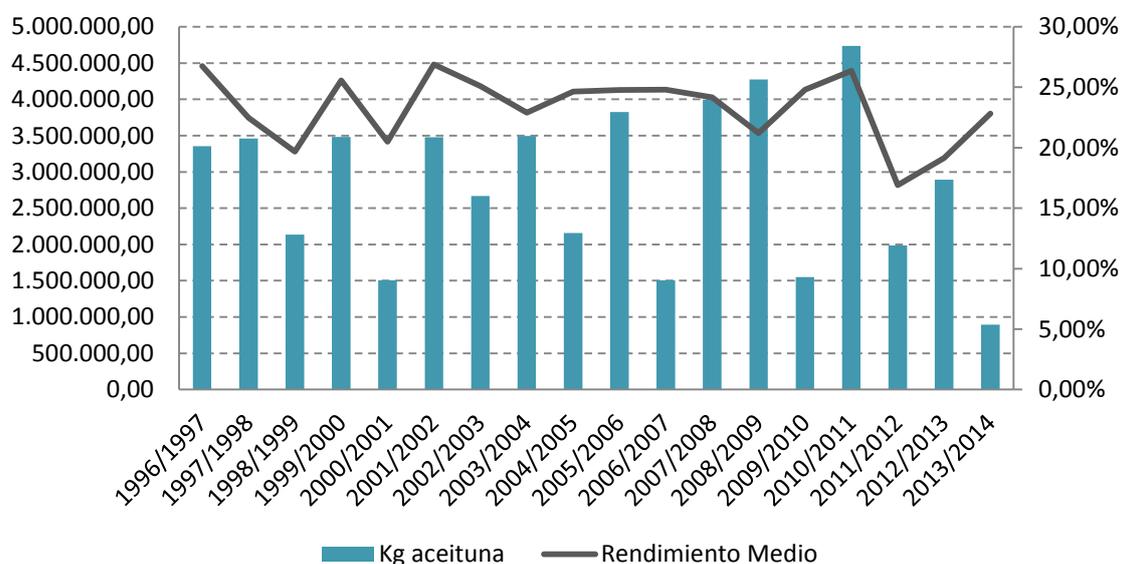


Figura 1.4. Gráfico de kilogramos de aceitunas y rendimiento medio de 18 años en la Cooperativa El Progreso de Traiguera

Como podemos observar tanto en la figura 1.4, el fenómeno de la vecería juega un papel importante, ya que se puede ver como hay años en los que la cosecha es muy abundante, pero al año siguiente la cosecha disminuye aproximadamente a la mitad.

Como se observa, la mejor campaña donde se obtuvo la mayor cantidad de aceitunas y aceite fue en la 11/12 con más de 4,5 toneladas de aceitunas y más de 1 tonelada de aceite. En cuanto a los rendimientos, han sufrido pequeñas variaciones a lo largo del tiempo pero se ha mostrado bastante estable, con un rendimiento medio alrededor del 21%.

1.3.3.3. Cultivares de olivo en la zona de El Maestrazgo

Respecto a la estructura varietal existente en la zona del Maestrat, ya se ha comentado anteriormente la gran importancia que tuvo la helada del año 1956. De esta forma, se pasó de un cultivo prácticamente monovarietal, formado por el cultivar "Farga", a un olivar multivarietal, aunque manteniéndose el cultivar "Farga" como el dominante.

Las nuevas plantaciones se realizaron a partir de material vegetal procedente de la misma comarca o de las comarcas olivareras próximas. La difusión se realizó de forma desigual según el municipio observado, debido a la aparición de muchos cultivares locales. De este modo, en primer lugar se extendieron principalmente los cultivares "Morruda", "Nana", "Empeltre" y "Llumero". Aunque de forma más limitada, también se extendieron numerosos cultivares locales. Más recientemente, se han introducido en la comarca cultivares como "Picual" y "Arbequina" (Íñiguez, A. *et al*, 2001).

A parte de las ya comentadas, se cultivan en menor cantidad y superficie cultivares como "Baix Fulla", "Carrasqueña", "Choco", "Dotó", "Figuereta", "Morons", "Rotja de Traiguera", "Rotgeta", "Serrana del Maestrazgo" o "Valentins".

1.4. LA POLINIZACIÓN DEL OLIVO

1.4.1. Descripción de la flor

La flor del olivo es pequeña y actinomorfa, con simetría regular. El cáliz está constituido por un conjunto de sépalos y es un pequeño tubo de color blanco verdoso. La corola está compuesta por cuatro pétalos blancos o blanco-amarillentos unidos a su base. Los estambres son dos y están insertados en la corola en orientación opuesta.

Cada uno consta de un filamento corto y una antera relativamente grande. En el centro de la flor se encuentra el pistilo, formado por un ovario bilocular, con dos óvulos en cada lóculo, del que surge un estilo corto que finaliza en un estigma grande y papiloso (Barranco *et al*, 2008)

Las flores se forman en inflorescencias, que se desarrollan a partir de yemas axilares o a veces en el ápice del brote. Durante el crecimiento del brote, en el año anterior a la floración, se forman en cada nudo dos hojas opuestas con una yema en la axila de cada hoja. Existen dos tipos de flores: flores perfectas y flores masculinas o imperfectas (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

1.4.2. Floración y cuajado

Para que una yema sea de flor tiene que haber sufrido un proceso de iniciación floral, que incluye dos procesos: inducción y diferenciación de las estructuras de la inflorescencia y de la flor. Mientras la inducción floral se produce en la campaña previa a la floración, entre julio y octubre, la diferenciación de las estructuras se inicia en febrero, coincidiendo con la brotación (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

La fecha de floración depende de cada cultivar y de las condiciones climáticas previas a la floración, así como la capacidad de fructificación viene determinada por el vigor y crecimiento del árbol (Lavee *et al*, 1996).

Una vez que el grano de polen cae en el estigma, se desarrolla el tubo polínico. Durante 1-3 días el tubo polínico se mueve entre las células del pistilo, hasta alcanzar el saco embrionario, donde se produce la fusión de las células (doble fecundación) dando lugar al endospermo y al cigoto (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

El cuajado indica el estado de transición entre flor y fruto en desarrollo. Los factores que afectan al cuajado son una interacción entre la fisiología del olivo (polen viable, polen compatible con el cultivar, rápido crecimiento del tubo polínico, saco embrionario viable) y las condiciones ambientales. En cuanto al origen de los frutos, algunos no solo provienen del proceso normal de fecundación. Con frecuencia aparecen frutos de aspecto normal pero sin hueso debido al aborto del embrión.

Además de los frutos procedentes de la fecundación, se desarrollan frutos de menor tamaño denominados azofairones. Éstos son frutos partenocárpicos procedentes de ovarios no fecundados (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

1.4.3. Reproducción sexual del olivo

El olivo se considera parcialmente autoincompatible, por lo que la polinización cruzada incrementa el rendimiento y la calidad de la aceituna (Cristóbal y López-Carvajal, 2013). Según Weiland *et al* (2012) consideran el olivo una especie que considera alógama, lo que obliga al árbol a utilizar polen de otro cultivar. Sin embargo, la ausencia de polen de otro cultivar en las plantaciones monovarietales de muchas zonas con tradición olivarera no ha ocasionado pérdidas de cosecha, como las manifestadas en otros frutales autoincompatibles. Esto se puede deber a la existencia de cultivares con diverso nivel de autofertilidad (altamente autoincompatibles, parcialmente compatibles y autocompatibles) e interfertilidad (posibilidad de autofecundarse entre dos cultivares).

Los polinizadores también pueden ser clasificados en función de su eficiencia de fertilización para cada cultivar de olivo polinizada: malos, pasables y buenos polinizadores (Weiland *et al*, 2012).

La polinización del olivo es anemófila, es decir, los granos de polen son transportados por el viento. La dispersión de los granos de polen alcanza una gran densidad a distancias del olivo de entre 300 y 1000 metros, aunque se llega a detectar trazas de polen hasta a 10 km. Existe un gran debate sobre la compatibilidad polen-pistilo en olivo, tanto en lo referente a la polinización cruzada como a la autoincompatibilidad. Respecto a la autoincompatibilidad la problemática se ha comentado anteriormente. En cuanto a la polinización cruzada se han obtenido distintos resultados con los mismos cultivares en zonas diferentes, coincidiendo con las diferencias en el diseño de plantación entre países: en Italia se plantan filas de polinizadores, en España no (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

1.5. EL FRUTO DEL OLIVO

1.5.1. Desarrollo de la aceituna y maduración

Agustí (2004) define la aceituna como una drupa, es decir, fruto pequeño de forma elipsoidal a globosa, de mesocarpio carnoso y rico en aceite gracias a la acumulación del mismo en las vacuolas de las células parenquimáticas. Barranco *et al*, en 2008, la definen como un fruto con una sola semilla compuesto por tres tejidos principales: endocarpio, mesocarpio y exocarpio. El conjunto de estos tejidos se denomina pericarpio y tiene su origen en la pared del ovario. Los tejidos del fruto se desarrollan del ovario por los procesos de división, expansión y diferenciación celular, a partir de la fecundación y del cuajado inicial.

A partir del cuajado, el crecimiento de la aceituna transcurre en cuatro fases. En la Fase I de crecimiento exponencial se produce división y multiplicación celular, incrementándose tanto el tamaño del hueso como de la pulpa. En la Fase II tiene lugar el endurecimiento del hueso, y en condiciones tradicionales sin riego puede coincidir con una primera parada de crecimiento del fruto. En ese momento se produce la solidificación del endospermo y el desarrollo del embrión. En la Fase III el crecimiento exponencial se debe principalmente a la expansión de las células de la pulpa acompañado por la acumulación de ácidos grasos en ellas, y al incremento de los espacios celulares. La segunda y última parada de crecimiento (Fase IV) coincide con la toma de color de la epidermis de la aceituna y descomposición de las membranas de las células de la pulpa (Gómez del Campo y Rapoport, 2008).

El endocarpo o hueso empieza a crecer a partir de la fecundación y está compuesto por células esclerificadas en su estado maduro. El crecimiento del endocarpo ocurre en el periodo inicial del desarrollo del fruto (Rapoport *et al*, 2013). La última fase del endurecimiento del endocarpo coincide con el máximo crecimiento del embrión, una vez que la semilla ha alcanzado su tamaño definitivo (Rallo, 1994).

El mesocarpio es el tejido carnoso, que empieza a desarrollarse a partir de la fecundación y crece hasta la maduración. Sus células son parenquimáticas con una gran capacidad de crecimiento. Durante el desarrollo del mesocarpio las células

parenquimáticas aumentan en tamaño y, simultáneamente, la formación de notables espacios intercelulares. El almacenamiento de aceite ocurre en las vacuolas de las células parenquimáticas del mesocarpo (Barranco *et al*, 2008). La síntesis de ácidos grasos en las células del mesocarpo determina el rendimiento graso de la aceituna. En el caso de la aceituna se ha observado que la acumulación se inicia durante la fase de detención de crecimiento de la drupa y concluye al comienzo de la maduración (Rallo, 1994).

La piel de la aceituna está formada por células epidérmicas monoestratificadas, cubiertas por una cutícula gruesa que forma una capa, impermeable y protectora, sobre la superficie del fruto (Gómez del Campo y Rapoport, 2008). Algunos estomas se forman en la epidermis para luego convertirse en lenticelas, regiones que posiblemente actúan en el intercambio de gases. Tanto la estructura que forman las lenticelas en fase avanzada de desarrollo como su distribución, su número y tamaño son un carácter varietal (López y Salazar, 2006).

El proceso de maduración comprende una secuencia de cambios morfológicos, físicos y bioquímicos que hacen comestible el fruto. En olivicultura se ha convertido en un factor muy importante el índice de maduración, pues determina el óptimo de madurez y momento adecuado para iniciar la recolección.

Entre las transformaciones físicas se tiene una disminución de la consistencia, cambios en el color del fruto por disminución de clorofila e incrementos de antocianinas. Las variaciones químicas y fisiológicas están relacionadas con el aumento del contenido de aceites en el fruto y la transformación de las sustancias colorantes hidrosolubles que se trasladan al mesocarpo (Westwood, 1982).

Capítulo 2: Objetivos

2.1. OBJETIVOS

En este Trabajo Fin de Máster se persiguen dos objetivos concretos:

- Caracterización y evolución de flores y frutos en cultivares autóctonos (“Arbequina”, “Farga”, “Nana”, “Llumero” y “Villalonga”) de olivo en El Maestrazgo (Castellón)
- Como objetivo prioritario establecer el seguimiento y evolución del cuajado de dichos cultivares.

Capítulo 3: Material y métodos

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se ha realizado en la población de Traiguera, perteneciente a la comarca del Baix Maestrat y situada al norte de la provincia de Castellón (Figura 3.1). Su ubicación en coordenadas es 40°31'29"N y 0°17'24"E. Se ubica a 271 metros sobre el nivel del mar y el término municipal ocupa 59,8 km².

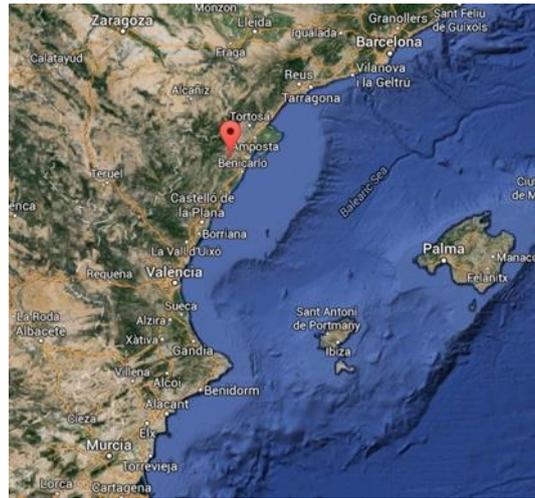


Figura 3.1. Situación de Traiguera en la Comunidad Valenciana (Google Maps, 2015)

La zona de estudio se encuadra dentro de la región climática denominada de clima Mediterráneo Marítimo. Se caracteriza por la influencia, desde el otoño a la primavera, de aire húmedo, inestable y no demasiado frío procedente del Mediterráneo. Si bien es cierto que la proximidad al mar actúa de control climático, la distribución de los relieves en la provincia, con montañas paralelas al litoral en las proximidades del mismo, atenúa el influjo marítimo y da carácter de continentalidad al clima en la mayor parte del territorio considerado (Fabra, 2013)

Otro factor que determina el clima regional está relacionado con el relieve, en el caso concreto de la Provincia de Castellón, la orientación N-S de las principales masas montañosas reduce al máximo las variaciones climáticas causadas por este motivo, por lo que no existe un gran contraste entre las vertientes de solana y umbría (Fabra, 2013).

El valor medio anual de precipitaciones se mantiene entre los 525 mm al año. En toda la zona, el régimen anual es típicamente mediterráneo con máximos otoñales y mínimos acusados en verano. Un régimen mediterráneo puro, manifestado igualmente en la gran irregularidad pluviométrica. No son raros los valores de un 35% del total anual en 24 horas, así como el 60% anual en el mes de máxima precipitación, generalmente octubre (Fabra, 2013).

Con estas influencias, la temperatura media anual de esta zona se mantiene entre los 17°C de la zona litoral a los 14°C de la zona prelitoral, ya a una altitud de 500-600 m.s.n.m. Las temperaturas medias primaverales se mantienen entre los 14-15°C. En su extremo invernal, las temperaturas medias mensuales se mantienen sobre los 6-7°C (Fabra, 2013).

En lo referente al relieve y la geomorfología, en la parte norte del término municipal la morfología es llana, en general, con pendientes inferiores al 5% y con numerosos abarrancamientos producidos por los cursos fluviales. No se encuentra ningún accidente montañoso en el entorno que hagan variar el paisaje típicamente llano de la Plana de Vinaròs. En la parte central y sur del término la morfología es fuertemente ondulada, en general, con diversos abarrancamientos producidos por los cursos fluviales y por las ramblas. Enmarcando el término municipal encontramos al oeste el macizo montañoso de la sierra Solá y las sierras del Esboïcs y La Màniga en la zona sur (Fabra, 2013).

En base a la clasificación taxonómica que realiza la FAO, el término municipal se divide en dos zonas. En la parte norte y central del término se encuentran suelos de tipo Luvisol rodocrómico. El perfil es de tipo ABtC. Sobre el horizonte árgico puede aparecer un albico, en este caso son integrados hacia los albeluvisoles. En la parte sur del término municipal aparece como suelo dominante el Cambisol cálcico.

Los cambisoles se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial. El perfil tipo de este suelo es ABC. Este tipo de suelo se caracteriza por presentar un horizonte A ócrico y debajo un horizonte B. El horizonte B se caracteriza por una débil a moderada alteración del material original, por la ausencia de

cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica y compuestos de hierro y aluminio, de origen aluvial (Fabra, 2013).

La totalidad de los ríos que encontramos en la zona de estudio, norte de la Provincia de Castellón, se encuentran clasificados en la Cuenca Hidrográfica del Júcar. El emplazamiento en estudio se encuentra situado en el Sistema de Explotación Cenia - Maestrazgo; este Sistema de Explotación se localiza al norte de la provincia de Castellón, en una pequeña porción de la de Tarragona, en una zona situada entre los 1.000 m.s.n.m. y el Mar Mediterráneo. Comprende la totalidad de las cuencas de los ríos Cenia, Vallviquera, Cérvol, Barranco de Aiguaoliva, Cervera, Alcalá y San Miguel, así como todas las cuencas litorales del territorio comprendido entre la margen izquierda del río Cenia y el límite de los términos municipales de Oropesa y Benicàssim (Fabra, 2013).

La recogida de muestras se realizó en dos parcelas colindantes, integrándose en única zona de cultivo con características edafoclimáticas idénticas, que hacen posible la realización del estudio.

La parcela 1 está localizada, dentro del término de Traiguera, en el polígono 16, parcela 1, y consta de 2,1334 ha. Por otro lado, la parcela 2 se sitúa en el polígono 16, parcela 7 y tiene una extensión de 2,9516 hectáreas (Figura 3.2).



Figura 3.2. Parcelas en las que se realizó el estudio (SIGPAC, 2015)

El cultivo está realizado en terrazas y la disposición de cultivares es la siguiente:

- Parcela 1: Cultivares “Farga”, “Llumero” y “Nana”
- Parcela 2: Cultivares “Villalonga” y “Arbequina”

3.2. MATERIAL VEGETAL

3.2.1. Elección varietal

Para este estudio se han elegido los cultivares “Farga” por ser el cultivar autóctono más cultivado y su marcada influencia en los ingresos de los agricultores, así como los cultivares “Llumero” y “Nana” por ser cultivares autóctonos y muy arraigados en la zona. También se han elegido los cultivares “Villalonga” y “Arbequina” para contrastar los resultados de cultivares autóctonos con estos dos materiales foráneos.

3.2.2. Cultivares utilizados. Características generales

Para la elección del material vegetal representativo de cada uno de los cultivares estudiados, se han tenido en cuenta características como la edad del árbol, producción de cosecha, buen estado sanitario o al menos sin ataques visibles de las plagas y enfermedades más habituales en el olivo, ser representativo y poseer las características más sobresalientes dentro del cultivar al que pertenecen.

A continuación se detallan las principales características agronómicas de los cultivares utilizados (Íñiguez *et al*, 2001); (López y Salazar, 2006); (Barranco *et al*, 2008); (MAGRAMA, 2015).

ARBEQUINA

Cultivar originario de la localidad leridana de Arbeca, que en Cataluña es el más cultivado. Introducido en los 90, en la actualidad se encuentra distribuido por toda la Comunidad Valenciana.

Es considerado rústico por su resistencia al frío y su tolerancia a la salinidad, pero es susceptible a clorosis férrica en terrenos muy calizos. Posee elevada capacidad de

enraizamiento y su entrada en producción es precoz. Su época de floración media y es considerada autocompatible. Sus frutos tienen una fuerza de retención media pero su pequeño calibre dificulta la recolección mecanizada con vibrador de troncos. Apreciado por su elevada y constante producción, la calidad de su aceite es excelente, principalmente por sus buenas características organolépticas, aunque presenta baja estabilidad. Su contenido en aceite es elevado. Su reducido vigor la hace aconsejable para plantaciones intensivas (Fotografía 3.1). Es sensible a la mosca y verticilosis y tolerante a repilo y tuberculosis. Es el cultivar base de las Denominaciones de Origen "Les Garrigues" (Lleida) y "Siurana" (Tarragona) de Cataluña.



Fotografía 3.1. Ejemplar de "Arbequina" utilizado en el estudio

FARGA

Cultivar muy antiguo originario del norte de la provincia de Castellón, en donde se encuentra distribuido. También se cultiva al sur de Tarragona. En toda la zona de cultivo es conocido por su nombre original, sin que se hayan encontrado sinonimias.

En general es un cultivar muy vigoroso (Fotografía 3.2), de producción elevada pero irregular, debido en gran parte a que los árboles tienen un fuerte desequilibrio hoja-

madera a causa de su edad. Su época de floración es media y su fecha de maduración temprana. El fruto presenta elevada resistencia al desprendimiento, que unido al gran tamaño de los árboles, dificulta la recolección mecanizada.

Cuando los frutos son recolectados adecuadamente, producen aceites de buena calidad, con un contenido graso elevado, aunque difícil de extraer.



Fotografía 3.2. Ejemplar de "Farga" utilizado en el estudio

LLUMERO

Originario del norte de Castellón, este cultivar se encuentra distribuido por el Alt y Baix Maestrat y La Plana Alta de Castellón; también aparece al sur de Tarragona. Se conoce también por la sinonimia de "Llumet" y "Llumeta".

Cultivar muy rústico, resistente a la sequía y heladas (Fotografía 3.3). Su producción es elevada y constante, de rápido crecimiento y entrada en producción. Frutos de maduración tardía, con una fuerte resistencia al desprendimiento, lo que dificulta la recolección mecanizada. En la comarca de origen, la recolección de este cultivar suele comenzar a primeros de enero. Se considera resistente a la mosca, al repilo y a la tuberculosis. Produce aceite de calidad media, con una buena estabilidad, siendo el rendimiento graso medio.

Su madera es propensa a quebrarse y está considerado como un buen patrón para algunos cultivares.



Fotografía 3.3. Ejemplar de “Llumero” utilizado en el estudio

NANA

Probablemente originario de la localidad castellonense de Canet lo Roig, se encuentra distribuido principalmente por el Baix Maestrat y la Plana Alta. Se ha encontrado con las sinonimias de “Canetera”, “Seniera” y “Seniero”.

Cultivar con vigor escaso y débiles ramificaciones (Fotografía 3.4). Su entrada en producción es precoz, siendo elevada y constante. Se adapta bien a suelos pobres. El fruto es de maduración tardía, presentando resistencia media al desprendimiento. Se considera sensible a la sequía y al frío. Es susceptible a la mosca, tuberculosis, repilo y verticilosis. Aunque el fruto se destina principalmente para almazara, es bastante apreciada en su zona de cultivo como aceituna de aderezo. Produce aceites de calidad media, estables al enranciamiento, con rendimientos grasos medio-bajos. El rendimiento graso es del orden del 19-22%.



Fotografía 3.4. Ejemplar de “Nana” utilizado en el estudio

VILLALONGA

Originario del sur de la provincia de Valencia. Se distribuye por casi toda la provincia de Valencia, por la mayor parte de la de Alicante, y aparece algo más disperso en las comarcas castellonenses.

Lo encontramos con las siguientes sinonimias: “Manzanet”, “Manzanilla Valenciana”, “Mançanet gros”, “Forna”.

La época de floración de este cultivar es media y suele presentar bajos porcentajes de aborto ovárico. La entrada en producción es precoz y la productividad es elevada y constante. La época de maduración de sus frutos es temprana. Estos presentan una baja resistencia al desprendimiento que, junto con el porte erguido de sus ramas, facilitan su recogida mecánica (Fotografía 3.5).

Su rendimiento graso es elevado y el aceite de muy buena calidad. También es apreciado como aceituna de mesa, tanto para su aderezo en verde como en negro. La separación de la pulpa del hueso es difícil. Cultivar productivo pero exigente en condiciones de cultivo. Se considera susceptible al frío y a la sequía. Parece tolerar, sin

embargo, el exceso de humedad en el suelo. Se considera muy susceptible a repilo y verticilosis.



Fotografía 3.5. Ejemplar de “Villalonga” utilizado en el estudio

Según Íñiguez *et al* (2001) y su clasificación atendiendo a la importancia relativa y su difusión en una región o zona determinada, encontramos los cultivares “Farga” y “Villalonga” como cultivares principales. Tanto “Arbequina” como “Llunero” se clasificarían según cultivares secundarios, y finalmente el cultivar “Nana” como cultivar local.

3.3. TOMA DE MUESTRAS DEL FRUTO

Para llevar a cabo los análisis de los cultivares motivo de estudio de este trabajo se muestrearon frutos de los cultivares “Farga”, “Llunero”, “Nana”, “Villalonga” y “Arbequina”.

Se realizaron un total de cinco muestreos por cada cultivar, a excepción del cultivar “Farga” que solamente se pudieron realizar cuatro muestreos dado que no hubo más cosecha en el año que se ha realizado el Trabajo Fin de Máster que se presenta (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Número de muestreos y fecha de los mismos

Muestreo	Cultivares muestreados	Fechas
1	“Arbequina”, “Farga”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	25 de octubre del 2014
2	“Arbequina”, “Farga”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	8 de noviembre del 2015
3	“Arbequina”, “Farga”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	22 de noviembre del 2015
4	“Farga”	29 de noviembre del 2014
5	“Arbequina”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	8 de diciembre del 2014
6	“Arbequina”, “Llumero”, “Nana”, “Villalonga”	22 de diciembre del 2014

3.3.1. Recogida de muestras

Las muestras de aceitunas se tomaron en la campaña 2014-2015 y se llevaron a cabo mediante la recolección manual de entre tres a cuatro kilogramos de frutos alrededor del árbol evitando los frutos del interior del mismo (Rodríguez de la Borbolla *et al*, 1955) para cada uno de los árboles representativos del cultivar.

En cada muestra se tomaron 100 aceitunas de entre al menos tres árboles representativos cada uno de los cultivares estudiados. La toma de muestras fue realizada siempre por el mismo operario, a la altura de este y rodeando el árbol.

A continuación se muestran imágenes del estado fenológico al cual se muestrearon los frutos:

Tabla 3.2. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Arbequina"

ARBEQUINA		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	80	 <p>Fotografía 3.6. Frutos de "Arbequina" del muestreo 1</p>
2°	86	 <p>Fotografía 3.7. Frutos de "Arbequina" del muestreo 2</p>
3°	88	 <p>Fotografía 3.8. Frutos de "Arbequina" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.9. Frutos de "Arbequina" del muestreo 4</p>
5°	89	 <p>Fotografía 3.10. Frutos de "Arbequina" del muestreo 5</p>

Tabla 3.3. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Farga"

FARGA		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	82	 <p>Fotografía 3.11. Frutos de "Farga" del muestreo 1</p>
2°	85	 <p>Fotografía 3.12. Frutos de "Farga" del muestreo 2</p>
3°	88	 <p>Fotografía 3.13. Frutos de "Farga" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.14. Frutos de "Farga" del muestreo 4</p>

Tabla 3.4. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Llumero"

LLUMERO		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	82	 <p>Fotografía 3.15. Frutos de "Llumero" del muestreo 1</p>
2°	86	 <p>Fotografía 3.16. Frutos de "Llumero" del muestreo 2</p>
3°	88	 <p>Fotografía 3.17. Frutos de "Llumero" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.18. Frutos de "Llumero" del muestreo 4</p>
5°	89	 <p>Fotografía 3.19. Frutos de "Llumero" del muestreo 5</p>

Tabla 3.5. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Nana"

NANA		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	80	 <p>Fotografía 3.20. Frutos de "Nana" del muestreo 1</p>
2°	83	 <p>Fotografía 3.21. Frutos de "Nana" del muestreo 2</p>
3°	87	 <p>Fotografía 3.22. Frutos de "Nana" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.23. Frutos de "Nana" del muestreo 4</p>
5°	89	 <p>Fotografía 3.24. Frutos de "Nana" del muestreo 5</p>

Tabla 3.6. Fenología y características de color de cada muestreo de frutos del cultivar "Villalonga"

VILLALONGA		
Muestreo	Estado Fenológico	Fotografía
1°	80	 <p>Fotografía 3.25. Frutos de "Villalonga" del muestreo 1</p>
2°	86	 <p>Fotografía 3.26. Frutos de "Villalonga" del muestreo 2</p>
3°	88	 <p>Fotografía 3.27. Frutos de "Villalonga" del muestreo 3</p>
4°	89	 <p>Fotografía 3.28. Frutos de "Villalonga" del muestreo 4</p>
5°	89	 <p>Fotografía 3.29. Frutos de "Villalonga" del muestreo 5</p>

3.4. MUESTREO PARA EL ESTUDIO DE LA POLINIZACIÓN

Con objeto de realizar el ensayo de los diferentes tipos de polinización (autopolinización, polinización dirigida mediante polen de “Arbequina” y polinización libre cruzada) sobre los cultivares objeto de estudio, se ha utilizado también material vegetal de las parcelas donde se obtuvieron los frutos para la caracterización pomológica.

El material vegetal utilizado fue escogido al azar. Se utilizó, en total, 24 árboles adultos de olivo, en concreto 3 árboles de los siguientes cultivares: “Farga”, “Llumero”, “Nana” y “Villalonga”, que realizaron la función de parentales receptores de polen. Como polinizador se usaron ramas con inflorescencias del cultivar “Arbequina”.

Para determinar la influencia de la polinización en las condiciones de cultivo del ensayo, primero se embolsaron dos ramos en cada orientación del árbol, uno para estudiar la autopolinización, y otro para la polinización mediante polen del cultivar “Arbequina” (Fotografía 3.30).

Además se etiquetó otro ramo, sin embolsar, para comparar los resultados con la polinización libre cruzada. La principal diferente entre la polinización libre cruzada y el resto de tipos de polinización estudiados está en que en la polinización libre cruzada los ramos se mantienen bajo la acción del viento y de polinizadores de otros cultivares, cosa que no ocurre con los ramos embolsados.

Los ramos se encontraban a la altura de los ojos. Las inflorescencias se embolsaron el 2 de mayo de 2014 entre el estado fenológico 57 de la escala BBCH, correspondiente a la corola, de color verde, mayor que el cáliz y el estado fenológico 59, el cual la corola cambia del color verde al blanco (Fotografía 3.31).

Previo al embolsado se efectuó el conteo del número de inflorescencias, en concreto del número de botones florales cerrados en todos los ramos.



Fotografía 3.30 Embolsado de botones florales



Fotografía 3.31. Estado fenológico 59 en la escala BBCH

Una vez el estado fenológico del olivar era el 65 (plena floración, al menos el 50% de flores están abiertas) se procedió a introducir una rama del cultivar “Arbequina” en el mismo estado fenológico en cada una de las dos bolsas de cada orientación.

Finalmente terminada la floración se retiraron las bolsas y se procedió al conteo de frutos para calcular el número de frutos cuajados tanto mediante autopolinización como polinización mediante polinizador, así como comparar el comportamiento de los diferentes cultivares estudiados.

3.5. MORFOMETRÍA DEL FRUTO

Una vez localizado el material vegetal de olivo objeto de estudio, la caracterización y evaluación del mismo se realiza de acuerdo con el protocolo que determina la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). La norma UPOV propone una muestra de 50 frutos, mientras en este trabajo se ha considerado la observación de 100 frutos representativos del cultivar, con el objetivo de reducir tanto el error experimental como errores que pudieran surgir por problemas de plagas, enfermedades, etc.

Para cada uno de los cultivares de olivo se procede de forma análoga, estudiándose los frutos.

Previamente a la caracterización de los frutos, la submuestra se coloca en unos recipientes con alveolos, que se numeran para facilitar la identificación y estudio de cada fruto, colocándose un único fruto por cavidad. Esto permitirá identificar fácilmente cada aceituna y posteriormente relacionarla con su endocarpio.

Cada una de las aceitunas de cada cultivar se pesan con una balanza de precisión modelo HF-2000 G (Figura 3.34), expresando el valor del peso en gramos. A continuación, con la ayuda de un pie de rey digital marca TESA (Fotografía 3.32), se miden tanto el largo del fruto como el ancho. Para el ancho del fruto se utilizan las posiciones A y B. La posición A es aquella en la que el órgano muestra la mayor asimetría. La posición B deriva de la posición A por una rotación de 90° a lo largo del eje longitudinal, de manera que la parte más desarrollada quede hacia el observador.



Fotografía 3.32. Balanza de precisión y pie de rey digital



Fotografía 3.33. Colorímetro usado en el ensayo MINOLTA CR-200

Antes de iniciar el separado de la pulpa del endocarpio de cada fruto, se procede a medir el color de la piel del fruto. Esta medición se realiza con un colorímetro MINOLTA CR-200 (Fotografía 3.33) para obtener los valores “L*”, “a*” y “b*” característicos del método conocido como CIE 1976 L*a*b*.

Después de la colorimetría, se procede a separar la pulpa del endocarpio.

Finalmente, después del último muestreo de cada cultivar, se realizó la caracterización pomológica a partir de la norma UPOV TG/99/4 publicada el 20 de octubre de 2011. La

caracterización se llevó a cabo para los parámetros relativos al fruto, claves UPOV 21 a 37, y se expuso en forma de tablas.

3.6. METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL ESTUDIO

3.6.1. Método pomológico

La caracterización pomológica de los cultivares de olivo objeto de este estudio se ha realizado a partir de la norma UPOV TG/99/4 propuesta por la “Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales”.

Esta norma utiliza 41 caracteres morfológicos cualitativos. Estos caracteres se agrupan en 3 de árbol, 1 correspondiente a ramas fructíferas, 6 para el limbo de la hoja, 2 para las inflorescencias, 1 para la flor, 14 de fruto, 13 de endocarpio y finalmente 1 referente a la época de comienzo de madurez del fruto. En este trabajo se han estudiado los caracteres correspondientes al fruto que se indican a continuación expresando, entre paréntesis, la numeración dada por la norma a cada uno de estos caracteres:

- Longitud (14)
- Anchura en posición B (15)
- Peso (16)
- Forma en posición A (17)
- Relación longitud / anchura en posición A (18)
- Fruto no maduro: intensidad del color verde (19)
- Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas (20)
- Fruto no maduro: número de lenticelas (21)
- Sobrecolor en plena madurez (22)
- Simetría en posición A (23)
- Forma del ápice en posición A (24)
- Protuberancia (25)
- Forma de la base en posición A (26)
- Pruína de la superficie (27)

3.6.2. Método colorimétrico

Conocer los cambios de color que sufre la aceituna en su proceso de maduración es valioso para entender y saber la evolución que sufre la piel de coloración. De este modo podemos comprender, en unas condiciones de cultivo específicas, cuando será el óptimo de maduración y, por tanto, la fecha óptima de recolección.

El método utilizado para medir el color es el CIE 1976 $L^*a^*b^*$. Este espacio de color, comúnmente llamado CIE Lab está organizado en un cubo. En el eje L, 100 es la máxima valoración donde se produce una perfecta difusión del reflejo de la luz, es decir, donde se obtiene la luminosidad de color. Así pues, 0 es la mínima valoración y es donde se representa el color negro. Los ejes a y b no tienen límites numéricos específicos, y valores positivos de a corresponderán a un color rojo y negativos color verde, mientras que valores positivos de b son amarillos y negativos son azules (Hunter Associates Laboratory, Inc., 2012).

En la figura 3.3 se observa un diagrama en el espacio de color CIE Lab:



Figura 3.3. Escala de color CIE Lab. (Hunter Associates Laboratory, Inc. (2012))

3.6.3. Tratamiento estadístico

Para poder averiguar si el cuajado de frutos depende de la ubicación de los botones florales, así como si existen diferencias significativas entre los caracteres morfométricos de los distintos cultivares, se ha empleado como herramienta de trabajo el programa informático STATGRAPHICS CENTURION XVI.II.

Se han realizado los correspondientes análisis de varianza (ANOVA), utilizando como variables dependientes, por un lado, los puntos cardinales y, por otro, cada uno de los caracteres morfométricos analizados, y como factor el cultivar.

En los casos en que la diferencia haya resultado significativa, se han mediante el test de Fisher (LSD), con un nivel de confianza del 95% para la media de cada cultivar (resulta significativo asumiendo un riesgo de primera especie del 5%, cuando el p-Valor $< 0,05$). La diferencia entre las medias de los distintos cultivares para un carácter morfométrico realizado será significativa si sus correspondientes intervalos LSD no se solapan.

También se efectúa un análisis multivariado que muestra correlaciones entre cada par de variables estudiadas.

Capítulo 4: Resultados y discusión

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO MEDIANTE NORMA UPOV

Se adjunta a continuación toda la caracterización UPOV de los frutos de los diferentes cultivares estudiados exponiendo las tablas (desde 4.1 a 4.5) a modo de resumen donde se recopilan las características del fruto atendiendo a la norma UPOV (TG/99/4).

Tabla 4.1. Ficha del cultivar "Arbequina" para la caracterización del fruto.

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO "ARBEQUINA"		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	1 (Muy corto)
Anchura en posición B	15	3 (Estrecho)
Peso	16	3 (Bajo)
Forma en posición A	17	5 (Circular)
Relación longitud / anchura en posición A	18	3 (Ligeramente alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	1 (Claro)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	1 (Pequeñas)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1 (Escaso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	1 (Simétrico)
Forma del ápice en posición A	24	3 (Redondeado)
Protuberancia	25	1 (Ausente o ligera)
Forma de la base en posición A	26	3 (Truncada)
Pruina de la superficie	27	3 (Leve)

Tabla 4.2. Ficha del cultivar “Farga” para la caracterización del fruto

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO “FARGA”		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	5 (Medio)
Anchura en posición B	15	5 (Medio)
Peso	16	5 (Medio)
Forma en posición A	17	1 (Ovado)
Relación longitud / anchura en posición A	18	5 (Moderadamente alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	2 (Medio)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	1 (Pequeñas)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1 (Escaso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	2 (Ligeramente asimétrico)
Forma del ápice en posición A	24	1 (Aguda)
Protuberancia	25	1 (Ausente o ligera)
Forma de la base en posición A	26	3 (Truncada)
Pruina de la superficie	27	5 (Media)

Tabla 4.3. Ficha del cultivar “Llumero” para la caracterización del fruto

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO “LLUMERO”		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	5 (Medio)
Anchura en posición B	15	5 (Medio)
Peso	16	7 (Elevado)
Forma en posición A	17	1 (Ovado)
Relación longitud / anchura en posición A	18	5 (Moderadamente alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	2 (Medio)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	1 (Pequeñas)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1 (Escaso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	2 (Ligeramente asimétrico)
Forma del ápice en posición A	24	3 (Redondeado)
Protuberancia	25	1 (Ausente o ligera)
Forma de la base en posición A	26	1 (Redondeada)
Pruina de la superficie	27	5 (Media)

Tabla 4.4. Ficha del cultivar “Nana” para la caracterización del fruto

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO “NANA”		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	7 (Largo)
Anchura en posición B	15	5 (Medio)
Peso	16	7 (Elevado)
Forma en posición A	17	4 (Elíptico medio)
Relación longitud / anchura en posición A	18	7 (Muy alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	1 (Claro)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	3 (Grandes)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	3 (Numeroso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	3 (Fuertemente asimétrico)
Forma del ápice en posición A	24	1 (Aguda)
Protuberancia	25	3 (Fuerte)
Forma de la base en posición A	26	3 (Truncada)
Pruina de la superficie	27	5 (Media)

Tabla 4.5. Ficha del cultivar “Villalonga” para la caracterización del fruto

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE OLIVO “LLUMERO”		
Carácter	Clave UPOV	Valor UPOV
Longitud	14	5 (Medio)
Anchura en posición B	15	7 (Ancha)
Peso	16	7 (Elevado)
Forma en posición A	17	5 (Circular)
Relación longitud / anchura en posición A	18	3 (Ligeramente alargado)
Fruto no maduro: intensidad de color verde	19	2 (Medio)
Fruto no maduro: tamaño de las lenticelas	20	1 (Pequeñas)
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1 (Escaso)
Fruto: sobrecolor en plena madurez	22	3 (Negro)
Simetría en posición A	23	1 (Simétrico)
Forma del ápice en posición A	24	3 (Redondeado)
Protuberancia	25	2 (Moderada)
Forma de la base en posición A	26	3 (Truncada)
Pruina de la superficie	27	5 (Media)

4.2. EVOLUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE FRUTOS

Se analizan tanto la evolución que tuvo el peso del fruto como el peso del endocarpio durante los diferentes muestreos realizados para cada cultivar.

4.2.1. Evolución del peso del fruto

La figura 4.1 que aparece a continuación muestra la evolución del peso del fruto de cada uno de los cultivares estudiados desde el primer muestreo, que se realizó el 25 de octubre de 2014, hasta el último, con fecha 22 de diciembre de 2014.

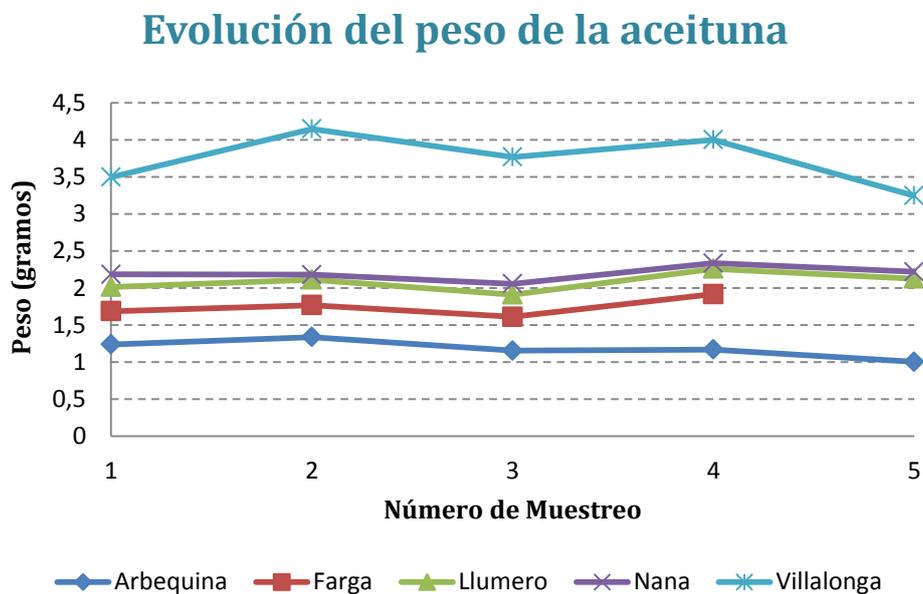


Figura 4.1. Evolución del peso en gramos del fruto

Como se puede observar, el peso del fruto del cultivar “Villalonga” destaca por encima del resto, llegando a más de 4 gramos cuando está en óptimos de maduración. También llama la atención el descenso que sufre el peso de este cultivar, mucho más marcado que los demás cultivares, posiblemente debido a que este cultivar no es autóctono de la zona, y en principio está menos adaptado a las condiciones ecoambientales de la zona de estudio, especialmente su adaptación a condiciones hídricas limitantes. Además, el cultivar “Villalonga” tiene una resistencia baja a sequía

(Íñiguez *et al*, 2001), con lo cual puede ser otro motivo de que el peso no se mantiene constante después del momento óptimo de recolección.

Los cultivares “Farga”, “Llumero” y “Nana” mantienen una evolución muy similar en cuanto al peso del fruto. El gráfico muestra como el máximo peso se produce en el cuarto muestreo, lo cual indica que son cultivares de maduración tardía, tal y como aparece en MAGRAMA (2015). También en estos cultivares, a excepción de “Farga” que no se pudo completar el quinto muestreo, se distingue una bajada menor del peso del fruto respecto a los dos cultivares foráneos (“Villalonga” y “Arbequina”), a consecuencia de una mayor adaptación a las condiciones de la zona de estudio.

Finalmente el peso del fruto del cultivar “Arbequina” es el menor de los cinco cultivares, llegando a un máximo de 1,33 gramos en el segundo muestreo. La maduración de frutos de “Arbequina” es temprana tal y como aparece en MAGRAMA (2015), con lo cual coincide con los datos obtenidos en este estudio. Por otra parte hay que señalar el descenso del peso desde el óptimo de maduración, a consecuencia de que “Arbequina”, como “Villalonga”, es un cultivar no autóctono de la zona como ya se ha comentado, si bien es cierto que ese descenso no es tan pronunciado, debido al carácter rústico de este cultivar.

4.2.2. Evolución del peso del endocarpio

En cuanto a la evolución del peso del endocarpio, cabe destacar que en la época que se inicia el muestreo de frutos la aceituna ya está en el estado fenológico 80 en la escala BBCH, en la cual el endocarpio se ha formado ya por completo y solamente falta terminarse la maduración del mismo.

Sin embargo, tal y como demuestran Mahhou *et al* (2012), el peso final del endocarpio no solamente es un carácter ligado a la variedad, sino también variable en función de las condiciones del medio y de los cuidados recibidos.

Evolución del peso del endocarpio

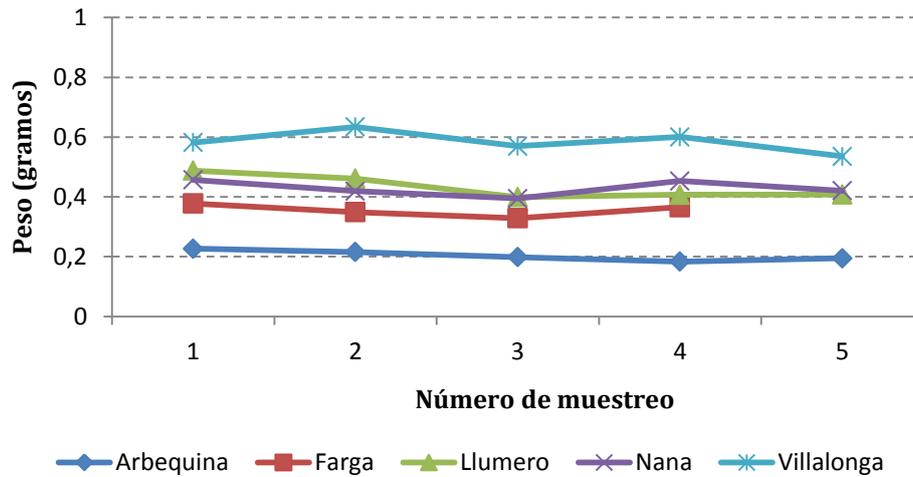


Figura 4.2. Evolución del peso en gramos del endocarpio

Como se indica en la figura 4.2, el peso del endocarpio del cultivar “Villalonga” es el mayor de todos los cultivares estudiados, y supone alrededor de un 15% del peso total del fruto. Tal y como se constata en la figura de la evolución del peso del fruto, el peso del endocarpio también sufre pequeñas variaciones, posiblemente por las mismas causas que el fruto.

Por otro lado, el material vegetal cuyo peso del endocarpio es menor es del cultivar “Arbequina”, y tiene una evolución muy regular.

Finalmente encontramos un grupo de cultivares autóctonos de la zona de estudio que sufren cambios de evolución similares. Estos cultivares experimentan un descenso del peso del endocarpio hasta el cuarto muestreo, a partir del cual se percibe un aumento del peso, quizás a causa de condiciones ambientales propicias, por ejemplo lluvias.

Otro dato a tener en cuenta es el final descenso del peso en los cultivares “Nana” y “Villalonga”. Tal y como explican MAGRAMA (2015) e Íñiguez *et al* (1999), estos dos cultivares presentan una baja resistencia al desprendimiento, posible razón para muestrear frutos de menor peso.

4.2.3. Caracterización del fruto en maduración

Con la finalidad de determinar si las variables peso del fruto, peso de la pulpa, peso del endocarpio, longitud del fruto, ancho A del fruto y ancho B del fruto pueden ser consideradas caracteres propios de cada uno de los cultivares analizados se elaboró un análisis de la varianza de todas las variables nombradas.

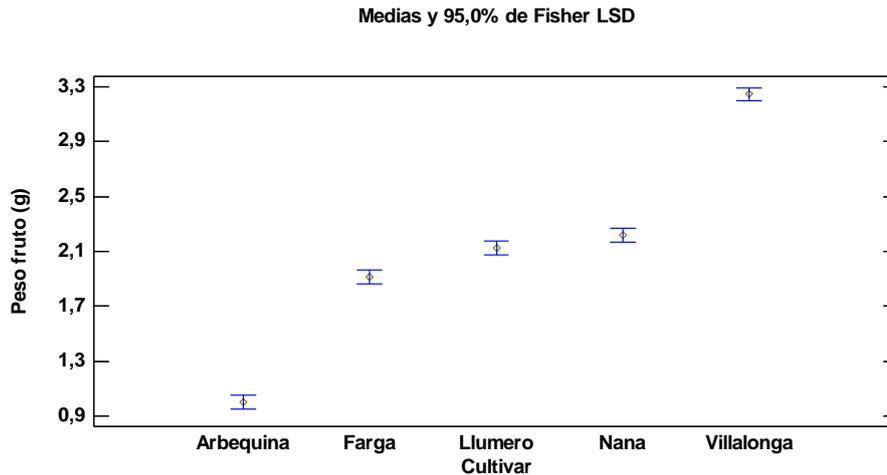


Figura 4.3. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable peso fruto

Tabla 4.6. Valor medio del peso (en gramos) de los frutos de cada cultivar

Cultivar	Media	Mínimo	Máximo
Arbequina	1,00 ± 0,18	0,76	1,73
Farga	1,92 ± 0,19	1,45	2,55
Llumero	2,12 ± 0,35	1,53	2,98
Nana	2,22 ± 0,33	1,33	3,15
Villalonga	3,24 ± 0,55	2,21	5,06

Como se puede observar en la figura 4.3, el cultivar con un mayor peso medio de fruto es el cultivar “Villalonga”, seguido por “Nana”, “Llumero”, “Farga” y finalmente, “Arbequina”.

En referencia con lo que han estudiado otros autores, Rallo (2005) y MAGRAMA (2015) clasifican el peso del fruto de “Arbequina” como bajo (< 2 g), pero no especifican que

valor medio alcanzaron sus estudios, mientras que López y Salazar (2006) obtuvieron un valor medio de 1,51 g. Esta diferencia de resultado puede ser debida a la diferente localización de la zona de origen de la muestra, ya que éstos muestrearon en zonas con condiciones del medio diferentes. El valor medio del peso del fruto para “Farga” en Íñiguez *et al* (1999) fue de 2,4 g mientras que en López y Salazar (2006) el valor fue de 1,47 g, por lo tanto observamos disparidad de valores comparando nuestro resultado con otros ensayos. Tanto los valores medios del cultivar “Llumero” (1,93 g) como “Nana” (2,3 g) y “Villalonga” (3,24 g) de López y Salazar (2006) son similares a los alcanzados en este ensayo (Tabla 4.6).

El resultado del valor-P del análisis es menor que 0,05, es decir, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del peso del fruto entre cultivar y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 4.7. Prueba de múltiples rangos para la variable peso del fruto

Cultivar	Grupos homogéneos
Arbequina	X
Farga	X
Llumero	X
Nana	X
Villalonga	X

Para saber si hay diferencias significativas entre cada cultivar, atendemos a la prueba de múltiples rangos (Tabla 4.7) para la variable peso del fruto. La prueba da como resultado diferencias significativas entre todos los cultivares, a excepción de los cultivares “Llumero” y “Nana”, que no tienen una diferencia significativa entre sí.

Por lo tanto se puede afirmar que existen cuatro grupos homogéneos distintos. Así pues, la característica morfométrica del peso del fruto es interesante para diferenciar los distintos cultivares estudiados, excepto los cultivares “Llumero” y “Nana”.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

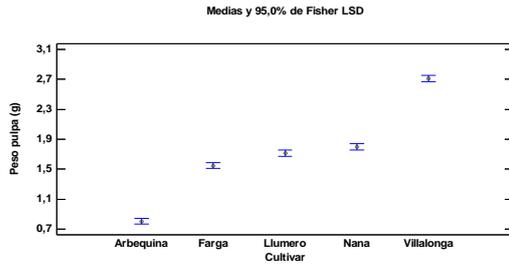


Figura 4.4. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable peso pulpa

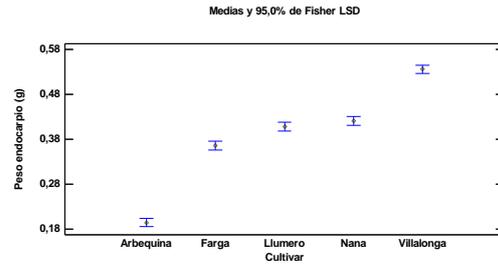


Figura 4.5. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable peso endocarpio

Tabla 4.8. Valor medio del peso (en gramos) de la pulpa en cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	0,81 ± 0,13	0,58	1,39
Farga	1,55 ± 0,17	1,18	2,1
Llumero	1,72 ± 0,30	1,21	2,45
Nana	1,80 ± 0,27	1,05	2,63
Villalonga	2,71 ± 0,47	1,76	4,3

Tabla 4.9. Valor medio del peso (en gramos) del endocarpio en cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	0,19 ± 0,06	0,12	0,47
Farga	0,37 ± 0,04	0,27	0,46
Llumero	0,41 ± 0,07	0,29	0,7
Nana	0,42 ± 0,08	0,2	0,67
Villalonga	0,54 ± 0,09	0,31	0,8

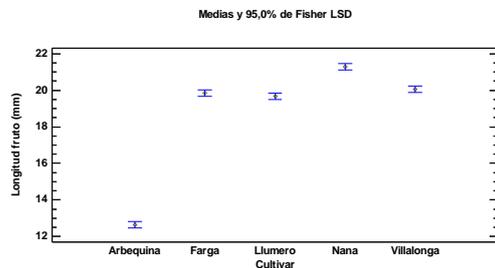


Figura 4.6. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable longitud del fruto

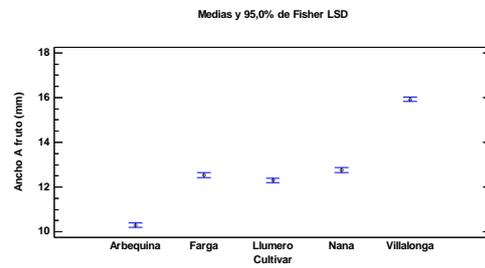


Figura 4.7. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable ancho A del fruto

Tabla 4.10. Valor medio de la longitud del fruto (en mm) de cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	12,65 ± 0,9	10,36	14,55
Farga	19,84 ± 1,2	11,25	22,32
Llumero	19,68 ± 1,4	13,25	22,98
Nana	21,31 ± 1,3	16,91	24,59
Villalonga	20,05 ± 1,5	16,81	24,9

Tabla 4.11. Valor medio del ancho A del fruto (en mm) de cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	10,30 ± 0,8	8,6	12,75
Farga	12,54 ± 0,55	11,22	13,94
Llumero	12,30 ± 0,86	10,27	14,48
Nana	12,76 ± 0,68	10,77	14,91
Villalonga	15,92 ± 0,93	13,54	18,77

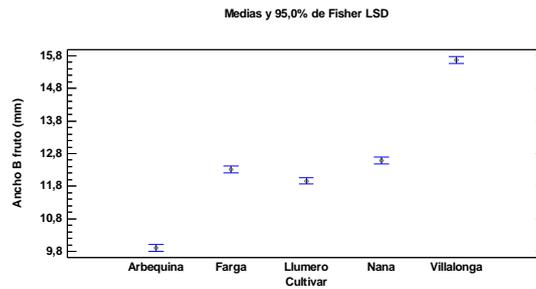


Figura 4.8. Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable ancho B del fruto

Tabla 4.12. Valor medio del ancho B del fruto (en mm) de cada cultivar

Cultivar	Media	Mín.	Máx.
Arbequina	9,92 ± 0,75	8,07	12,07
Farga	12,32 ± 0,52	11,04	13,75
Llumero	11,97 ± 0,85	9,94	13,98
Nana	12,59 ± 0,67	10,77	14,87
Villalonga	15,68 ± 0,92	13,34	18,4

El análisis de la varianza para la variable peso de la pulpa sigue el mismo patrón que el análisis realizado anteriormente para el peso del fruto (Figura 4.4).

El cultivar “Villalonga” es, con 2,71 gramos de pulpa, el cultivar que produce unas aceitunas con mayor peso de pulpa. Le sigue el cultivar “Nana” con 1,80 g, “Llumero” con 1,72 g, “Farga” con 1,55 g y finalmente, el cultivar “Arbequina”, con una media de pulpa de menos de 1 g.

En cuanto al valor-P del análisis, es menor de 0,05, por lo tanto hay diferencias significativas entre los distintos cultivares analizados. Para ver cuáles medias son significativamente diferentes de otras se realiza la prueba de Múltiples rangos, con el resultado de 4 grupos homogéneos. Por lo tanto la variable peso pulpa es un parámetro que se puede tener en cuenta a la hora de diferenciar los cultivares estudiados, pero no para diferenciar los cultivares “Nana” y “Llumero”, ya que no existen diferencias significativas.

En cuanto al peso del endocarpio (Tabla 4.9), el cultivar “Arbequina” presenta el peso medio de endocarpio más pequeño. Sin embargo los cultivares “Nana” y “Llumero”,

presentan medias muy parecidas. Dada esta semejanza, cobra mucho interés el realizar el análisis de la varianza, para demostrar si existen diferencias significativas entre ambos cultivares.

Comparando resultados con otros estudios, según Rallo (2005) el peso del endocarpio de "Arbequina" es bajo ($< 0,3$ g), con lo cual se asemeja a nuestro resultado. También los resultados de los cultivares "Farga", "Llumero" y "Nana" concuerdan con lo que establecen Rallo (2005) y López y Salazar (2006). El peso del endocarpio en el primero es medio (entre 0,3 y 0,45 g), mientras que en los segundos el peso de endocarpio de "Farga" es 0,36 g, el de "Llumero" de 0,39 g y el de "Nana" de 0,41 g. Por último también tienen concordancia con el peso de "Villalonga", puesto que está catalogada como peso de endocarpio elevado (0,45 g – 0,70 g) según MAGRAMA (2015) y López y Salazar (2006) obtuvieron un peso medio de 0,46 g.

El valor-P es menor de 0,05, por lo tanto si hay diferencias significativas entre la media del parámetro peso del endocarpio entre un cultivar y otro (Figura 4.5). Acerca de los pares de variables, si existen diferencias significativas entre los cultivares "Arbequina", "Farga" y "Villalonga", mientras que "Llumero" y "Nana" pertenecen a un mismo grupo homogéneo, con lo cual estas dos últimas no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellas en cuanto a este parámetro de caracterización. En consecuencia, los cultivares estudiados se podrán diferenciar por el peso del endocarpio, a excepción de los cultivares "Llumero" y "Nana", que no se podrá usar este carácter para su diferenciación.

En el análisis de la varianza para el carácter longitud del fruto se ha demostrado que hay diferencias estadísticamente significativas entre los distintos cultivares del estudio (Figura 4.6).

La prueba de múltiple rango demuestra que en todos los pares de cultivares hay diferencias significativas entre sí, a excepción de "Farga" – "Villalonga" y "Farga" – "Llumero".

Estadísticamente, en cuanto al parámetro ancho A del fruto de los cinco cultivares estudiados, el cultivar "Villalonga" tiene la media de anchura más elevada con 15,92

milímetros. Por otro lado, el cultivar “Arbequina” es el de menor media con 10,30 mm (Tabla 4.11).

Como en los demás análisis hay diferencias significativas entre los distintos cultivares, ya que el valor-P es menor de 0,05 (Figura 4.7). Finalmente presenta diferencias significativas entre todos los cultivares, con lo cual sí podríamos usar este carácter para diferenciar entre los cultivares.

Mediante el análisis estadístico de la variable Ancho B del fruto (Tabla 4.12) se observa la misma pauta que con la variable Ancho A del fruto, siendo el cultivar “Villalonga” el de mayor media, seguido por “Nana”, “Farga”, “Llumero”, y como media más pequeña la del cultivar “Arbequina”.

Referente al valor-P, es menor que el valor 0,05, por lo tanto si hay diferencias significativas entre cada uno de los cultivares (Figura 4.8). Al igual que el carácter Ancho A del fruto, en Ancho B del fruto hay cinco grupos homogéneos, así pues existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los cultivares. En consecuencia también se podría usar este parámetro para diferenciar los cultivares del estudio, dado que existen diferencias significativas entre todos ellos.

Finalmente, para comparar el resultado de nuestros análisis de longitud del fruto y ancho del mismo, la bibliografía usa el término “forma”, que relaciona la longitud y la anchura (en posición A). Rallo (2005) clasifica la forma del fruto en esférica ($L/A < 1,25$), ovoidal ($1,25 < L/A < 1,45$) y alargada ($L/A > 1,45$). Así pues, la relación L/A en este ensayo del cultivar “Arbequina” es de 1,22, coincidiendo con la forma que aparece en López y Salazar (2006). Tanto los frutos de “Farga” como “Nana” y “Llumero” tienen una L/A superior a 1,45 en este estudio, también coincidiendo con las anotaciones de Rallo (2005) y López y Salazar (2006). Por último, “Villalonga” tiene una L/A de 1,26, valor muy próximo al que aportan López y Salazar (2006) de 1,24.

4.2.4. Análisis multivariado. Matrices de correlación

A continuación se presenta una correlación entre las diferentes variables estudiadas para cada uno de los cultivares de olivo, con el objetivo de reducir una serie de

variables a un conjunto menor de factores que contienen la mayor parte de la información.

Las siguientes tablas muestran las correlaciones momento producto de Pearson, entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables.

Todos los pares de variables tuvieron un valor-P por debajo de 0,05, indicando correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0%.

4.2.4.1. Matriz de correlación del cultivar “Arbequina”

Tabla 4.13. Matriz de correlación del cultivar “Arbequina”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9940	0,8190	0,8681	0,8688	0,8716
Peso pulpa (g)			0,7513	0,8494	0,8687	0,8768
Peso endocarpio (g)				0,7817	0,6850	0,6591
Longitud fruto (mm)					0,6518	0,6429
Ancho A fruto (mm)						0,9549
Ancho B fruto (mm)						

En la tabla 4.13 observamos que el valor que está más relacionado con el peso del fruto es el peso de la pulpa, con un coeficiente de correlación de 0,9940. Esta relación nos indica que aumentarán simultáneamente tanto la variable “peso fruto” como “peso pulpa”.

En cuanto al peso de la pulpa y del endocarpio, la variable “peso pulpa” tiene una correlación similar positiva con la anchura del fruto y con la longitud del mismo, al contrario que el peso del endocarpio, que está más correlacionado positivamente con la longitud del mismo.

Las correlaciones positivas más bajas en este análisis multivariado se han dado entre la longitud del fruto y la anchura del fruto, tanto A como B, siendo valores cercanos al 65%.

Finalmente destacar que la variable “Ancho A del fruto” esta correlacionada positivamente con la variable “Ancho B del fruto”, con lo cual se puede afirmar a medida que el ancho A del fruto aumenta, también lo hace el ancho B.

4.2.4.2. Matriz de correlación del cultivar “Farga”

Tabla 4.14. Matriz de correlación del cultivar “Farga”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9855	0,7249	0,6237	0,8657	0,8555
Peso pulpa (g)			0,5977	0,6044	0,8482	0,8404
Peso endocarpio (g)				0,4940	0,6480	0,6311
Longitud fruto (mm)					0,4358	0,4009
Ancho A fruto (mm)						0,9371
Ancho B fruto (mm)						

La matriz de correlaciones del cultivar “Farga” (Tabla 4.14) indica que el parámetro que mejor explica el peso del fruto es el peso de la pulpa, con una correlación del 98,55%.

Tanto el peso del fruto como el de la pulpa están correlacionados positivamente tanto por la longitud como por la anchura. Sin embargo, la variable anchura, en especial la anchura A del fruto, tiene mayor relación lineal con el peso del fruto y el de la pulpa.

No existe una relación lineal fuerte entre la variable “peso endocarpio” y las variables “longitud fruto” y “anchos A y B del fruto”. Los valores más bajos de este análisis, alrededor del 40% de correlación, explican que la correlación existente es de tipo lineal débil entre la longitud del fruto y la anchura del mismo.

Por lo que respecta a la relación entre ambas anchuras, éstas están correlacionadas positivamente.

4.2.4.3. Matriz de correlación del cultivar “Llumero”

Tabla 4.15. Matriz de correlación del cultivar “Llumero”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9899	0,7678	0,6416	0,6628	0,6859
Peso pulpa (g)			0,6695	0,6098	0,6567	0,6836
Peso endocarpio (g)				0,6079	0,5062	0,5058
Longitud fruto (mm)					0,5415	0,5416
Ancho A fruto (mm)						0,9571
Ancho B fruto (mm)						

El coeficiente de correlación que muestra la tabla 4.15 en este cultivar entre el peso del fruto y el peso de la pulpa es de 0,9899, por lo tanto existe, entre ambos, una fuerte relación lineal.

Pese a que, en los casos anteriores, el peso del fruto tenía una correlación elevada tanto para las variables ancho A y ancho B, en el cultivar “Llumero” la correlación

disminuye un 20% respecto a los cultivares analizados anteriormente. Al igual que los análisis anteriores, las variables longitud fruto como las anchuras no muestran una relación lineal fuerte.

Del mismo modo que ocurre con los otros cultivares, existe relación lineal fuerte entre ambas anchuras del fruto.

4.2.4.4. Matriz de correlación del cultivar “Nana”

Tabla 4.16. Matriz de correlación del cultivar “Nana”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9872	0,8073	0,7724	0,8798	0,8648
Peso pulpa (g)			0,7027	0,7123	0,8817	0,8614
Peso endocarpio (g)				0,8090	0,6612	0,6699
Longitud fruto (mm)					0,5677	0,5660
Ancho A fruto (mm)						0,9724
Ancho B fruto (mm)						

La variable que mayor correlación tiene con el peso del fruto es, también en el cultivar “Nana”, el peso de la pulpa con un coeficiente de correlación de 0,9872, pero hay que destacar que las demás variables también tienen una correlación positiva fuerte.

Tanto el peso del fruto como el peso de la pulpa muestran valores similares de correlación, ambos tienen una relación lineal fuerte, tanto para las variables ancho A y ancho B del fruto, siendo el ancho A del fruto relativamente más importante.

En cuanto al peso del endocarpio, está correlacionado positivamente con la longitud del fruto y la anchura, pero mientras con la variable de longitud del fruto presenta una relación lineal fuerte, no sucede lo mismo con las anchuras, mostrando una relación más débil.

Como sucedía con los otros cultivares, el ancho A y el ancho B del fruto están correlacionados positivamente.

4.2.4.5. Matriz de correlación del cultivar “Villalonga”

Tabla 4.17. Matriz de correlación del cultivar “Villalonga”

	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso endocarpio (g)	Longitud fruto (mm)	Ancho A fruto (mm)	Ancho B fruto (mm)
Peso fruto (g)		0,9940	0,8190	0,8681	0,8688	0,8716
Peso pulpa (g)			0,7513	0,8494	0,8687	0,8768
Peso endocarpio (g)				0,7817	0,6850	0,6591
Longitud fruto (mm)					0,6518	0,6429
Ancho A fruto (mm)						0,9549
Ancho B fruto (mm)						

El cultivar “Villalonga” presenta una similitud respecto al cultivar “Arbequina”, dado que el aumento de peso del fruto esta correlacionado positivamente con las demás variables estudiadas. Hay que señalar que la correlación menor es del 80%.

Las demás correlaciones del cultivar también presentan significancia estadística de las correlaciones estimadas, y tienen semejanzas respecto a los demás cultivares.

Tanto el peso del fruto como el peso de la pulpa tienen correlaciones positivas fuertes con la longitud y la anchura del fruto, pero la anchura del fruto tiene más importancia. Además, el peso del endocarpio sufre el fenómeno contrario, y la longitud del fruto tiene mayor relación lineal que las anchuras.

La determinación de las coordenadas del método CIE Lab, L^* , a^* y b^* permitirá establecer unos índices objetivos de color cultivar a cultivar, que puede ser utilizado como base para el cálculo del momento óptimo de maduración.

En el primer muestreo se distingue un valor negativo de a^* , indicando, como se aprecia en la Fotografía correspondiente, el color verde, mientras tanto el valor positivo de b^* indica colores amarillos (Tabla 4.18).

Tal y como se desarrolla la aceituna, en el segundo muestreo aparece una zona oscura en la parte inferior de esta. Esta zona tiene un carácter más oscuro respecto a la luminosidad, y los valores de a^* y b^* se aproximan a colores negros. En cuanto a la zona verde, la epidermis se vuelve menos luminosa y tanto Δa^* como Δb^* son positivas, con lo cual el color está cambiado a colores más rojos y amarillos, respectivamente.

Ya tanto en el tercer muestreo como posteriores desaparece la zona verde, y hay un salto cuantitativo importante respecto a la luminosidad, mucho más elevada. Además en el tercero se identifica más color rojo y azul respecto al anterior.

Finalmente el cuarto muestreo presenta el color que indica que la aceituna del cultivar "Arbequina" está en sobremaduración. Los valores, tanto de a^* como de b^* , son próximos a cero, con lo cual confirman dicho estado. En el quinto muestreo se hace más patente el color negro al descender los valores de a^* y b^* .

4.3.2. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Farga”

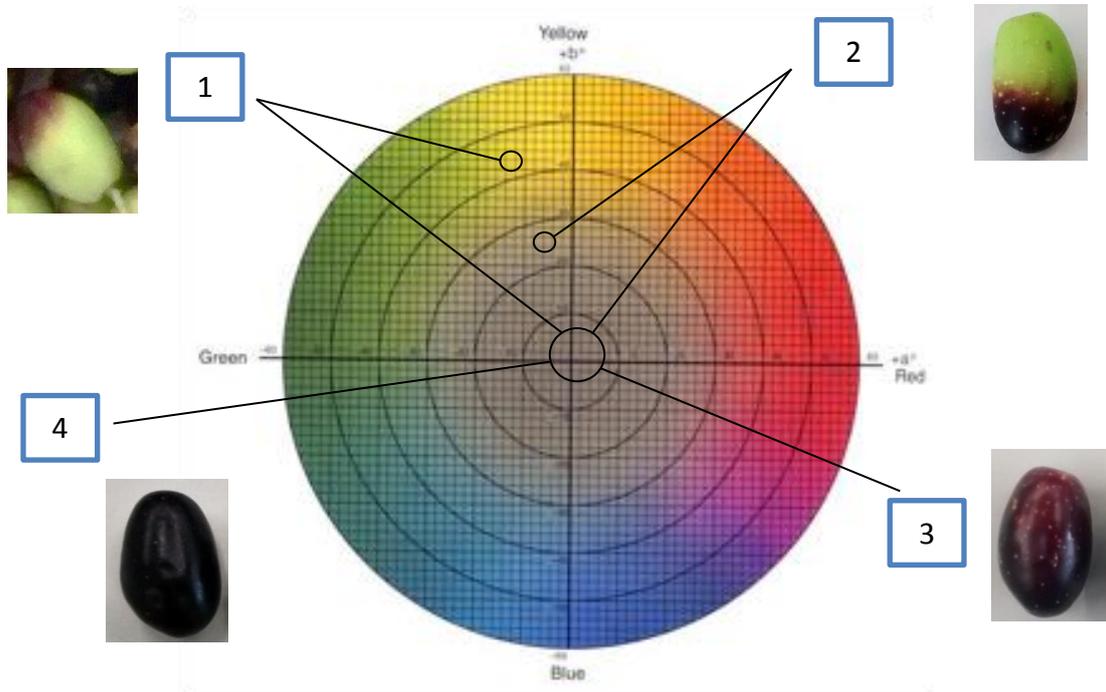


Figura 4.10. Espacio de color del cultivar “Farga”

Tabla 4.19. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Farga”

Muestreo	Zona verde			Zona oscura		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	45,86 ± 1,65	-12 ± 2,51	41,81 ± 2,17	98,03 ± 2,54	4,5 ± 2,9	-0,94 ± 3,12
2	49,36 ± 3,27	-5,6 ± 4,48	28,92 ± 4,53	97,6 ± 1,48	1,9 ± 1,6	0,18 ± 0,43
3				97,29 ± 1,32	1,7 ± 1,4	0,91 ± 0,68
4				98,1 ± 0,81	-1,8 ± 1,2	2,61 ± 0,3

Debido a la maduración temprana que caracteriza el cultivar “Farga” (Íñiguez *et al*, 1999) (MAGRAMA, 2015), en el primer muestreo que se realizó las aceitunas ya contaban con un porcentaje de zona coloreada alrededor del 20%.

Los dos primeros muestreos (Tabla 4.19) señalan que la luminosidad de las aceitunas estaba al 50% en la zona verde. Asimismo se demuestra como al principio dominaba el

color amarillo ($b^* > 0$) y el color verde ($a^* < 0$), pero con el desarrollo de la maduración el valor b^* disminuye y el de a^* aumenta. Sin embargo, como podemos apreciar en la Fotografía correspondiente, el color presente sigue siendo el verde. En cuanto a las zonas oscuras, desde el primer muestreo la luminosidad ya adquiere valores cercanos al 100, confirmando la brillantez de las aceitunas. Finalmente los valores de a^* y b^* muestran un descenso paulatino e uniforme a lo largo de las semanas hacia el valor cero.

Destacar que la zona de la aceituna donde empieza la maduración es la zona estilar, y a medida que ésta madura el porcentaje de zona coloreada aumenta. Además, como se deduce de la tabla, los frutos del cultivar “Farga” alcanzaron, en las condiciones de cultivo de la zona de ensayo, la madurez en el tercer muestreo, correspondiente al muestreo realizado el 22 de noviembre de 2014.

4.3.3. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Llumero”

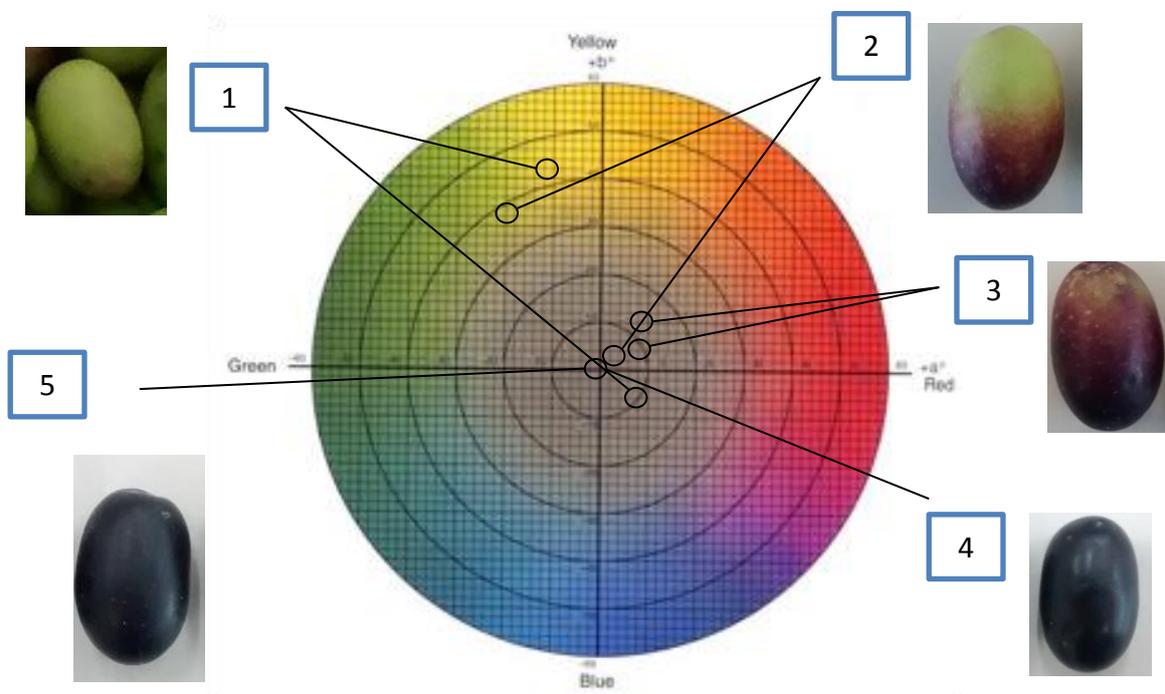


Figura 4.11. Espacio de color del cultivar “Llumero”

Tabla 4.20. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar "Llumero"

Muestreo	Zona verde			Zona oscura		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	48,21 ± 3,64	-11,9 ± 2,5	41,82 ± 2,13	97,16 ± 4,07	8,3 ± 2,8	-6,21 ± 2,99
2	59,45 ± 2,5	-21,2 ± 2,1	39,45 ± 3,01	97,95 ± 1,5	4,4 ± 2,2	0,58 ± 0,95
3	38,99 ± 6,64	9,9 ± 4,24	11,72 ± 5,77	97,72 ± 1,5	8,9 ± 8,1	7,1 ± 4,17
4				96,46 ± 1,95	-0,2 ± 2,3	2,48 ± 0,4
				97,8 ± 1,42	-1,2 ± 2,1	2,17 ± 0,33

El análisis colorimétrico de las aceitunas del cultivar "Llumero" confirma la maduración tardía que tiene el cultivar, tal y como se afirman Iñiguez *et al*, en 2001. La maduración completa de la epidermis de la aceituna se completa en el cuarto muestreo, a fecha 8 de diciembre del 2014, cuando solamente había zona coloreada, la luminosidad se acerca al 100 y tanto los valores a* y b* están muy cercanos a cero.

En cuanto a la zona verde de la epidermis de la aceituna, la luminosidad de sitúa en torno al 50% con pequeñas variaciones entre muestreo. El valor a* empieza con un valor de -11,9 (color verde) y con el transcurso de las semanas acaba en 9,9 (color rojo), mientras que el valor b* sigue estando en el color amarillo, pero su valor baja de 41,82 a 11,72.

La zona coloreada, desde el principio, mantiene una regularidad en los tres parámetros.

4.3.4. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar “Nana”

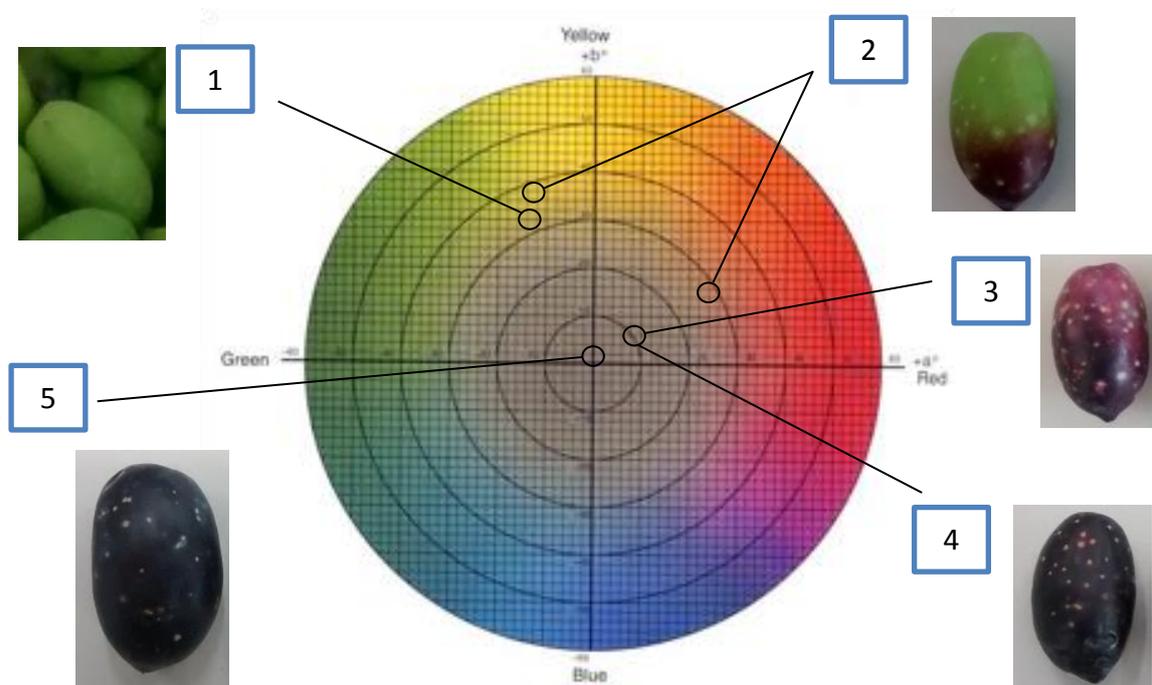


Figura 4.12. Espacio de color del cultivar “Nana”

Tabla 4.21. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar “Nana”

Muestreo	Zona verde			Zona oscura		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	55,9 ± 5,87	-15,5 ± 7,4	30,81 ± 6,19			
2	58,11 ± 4,95	-12,57 ± 6	35,41 ± 6,49	30,79 ± 4,0	26,8 ± 5,8	13,51 ± 4,17
3				88,67 ± 2,2	9,4 ± 2,99	5,44 ± 3,57
4				97,96 ± 1,7	9,12 ± 2,8	4,59 ± 1,60
5				98,99 ± 0,8	0,83 ± 2,1	3,05 ± 0,93

El cultivar “Nana” presenta maduración tardía (MAGRAMA, 2015), y tal y como queda reflejado en la tabla con los valores muy próximos a cero de a* y b*, que la madurez de la epidermis de la aceituna se completa en el último muestreo, realizado el 22 de diciembre de 2014. Es por tanto el cultivar de maduración más tardía de los cinco estudiados.

El primer muestreo pone de manifiesto, como en los otros cultivares, un valor negativo de a^* que corresponde al color verde, y un valor elevado positivo de b^* (color amarillo). Al siguiente muestreo, dos semanas después, hay pequeñas variaciones en cuanto a estos dos parámetros: Δa^* es positiva, con lo cual da lugar a más color rojo, mientras que Δb^* también es positiva, dando lugar a un color amarillo.

Respecto a la zona oscura, la luminosidad (L) experimenta un cambio importante, desde el segundo muestreo que la aceituna tiene tonalidad mate, hasta que en el último muestreo la epidermis tiene mucho más brillo. El valor a^* baja de 26,8 (rojo) a 0,83 (negro), al igual que el valor b^* que baja de 13,51 (amarillo) a 3,05 (negro).

4.3.5. Determinación de las coordenadas CIE Lab en frutos del cultivar "Villalonga"

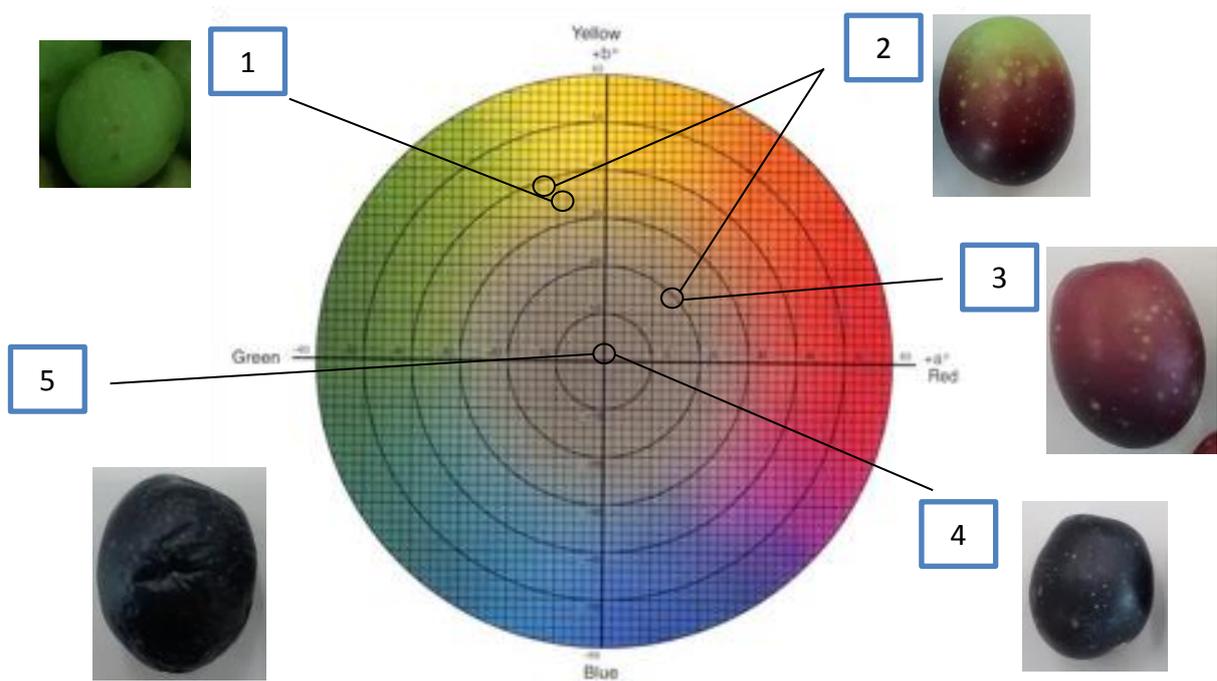


Figura 4.13. Espacio de color del cultivar "Villalonga"

Tabla 4.22. Valores medios y desviación estándar de los diferentes parámetros del método CIE Lab en el cultivar "Villalonga"

Muestreo	Zona verde			Zona oscura		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	48,82 ± 2,08	-11,4 ± 3,7	35,86 ± 3,36			
2	52,81 ± 2,35	-14 ± 4,83	35 ± 3,6	27,8 ± 2,53	15,5 ± 4,8	12 ± 1,69
3				88,9 ± 2,26	17,4 ± 6,4	12,08 ± 3,84
4				94,03 ± 0,9	-0,58 ± 3,1	2,87 ± 0,58
5				98,64 ± 1,3	-1,26 ± 1,4	2,78 ± 0,49

En la tabla 4.22 podemos apreciar que la epidermis llega a la maduración en el cuarto muestreo, como las aceitunas del cultivar "Llúmero". Sin embargo, según Iñiguez *et al* (1999) y MAGRAMA (2015), la maduración del cultivar "Villalonga" es temprana. Este hecho puede ser debido a que el cultivar "Villalonga" es un cultivar foráneo y por lo tanto no está adaptado a las condiciones de cultivo de la zona de estudio.

En la zona verde la variación de color es casi inexistente como podemos observar en la tabla, y es que el color verde de las imágenes correspondientes a aceitunas analizadas corresponde con los valores obtenidos en el análisis (a* negativo indica color verde y b* positiva indica color amarillo).

En cuanto a la zona oscura, encontramos muchas similitudes con lo que sucede con el cultivar "Nana". En el segundo muestreo la luminosidad es oscura y en el quinto llega casi al 100, dando valores mucho más brillantes. En cuanto al valor a*, éste evoluciona de un color rojo a un color negro, mientras que el valor b* evoluciona también de amarillo a negro. Estos dos últimos parámetros nos muestran una maduración muy rápida de los frutos de este cultivar.

4.4. ESTUDIO DEL CUAJADO DE FLORES Y FASES INICIALES DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO

En este apartado se analiza y compara el resultado del cuajado de frutos en los cultivares “Farga”, “Llumero”, “Nana” y “Villalonga” atendiendo a diferentes tipos de polinización: autopolinización, polinización libre cruzada y polinización dirigida mediante polen del cultivar “Arbequina”. También se ha realizado un estudio más detallado de esta capacidad y evolución del cuajado en las diferentes orientaciones de los olivos.

4.4.1. Estudio del cuajado de flores en los cultivares estudiados

En las figuras 4.14 hasta la figura 4.17 se observa la evolución de los botones florales en los ramos embolsados y en formaciones similares en los diferentes tipos de polinización estudiados. La apertura de las bolsas se realizó cuando los frutos estaban al 50% de calibre final, a fecha 20 de junio de 2015.

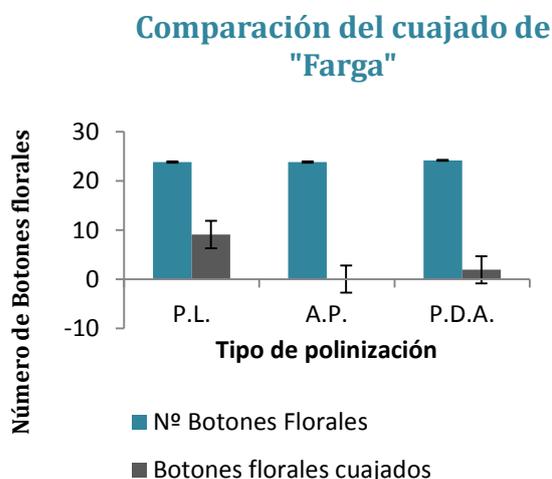


Figura 4.14. Cuajado y nº medio de botones florales en “Farga”.en los distintos tipos de polinización (PL = Polinización Libre Cruzada; AP = Autopolinización; PDA = Polinización dirigida mediante “Arbequina”)

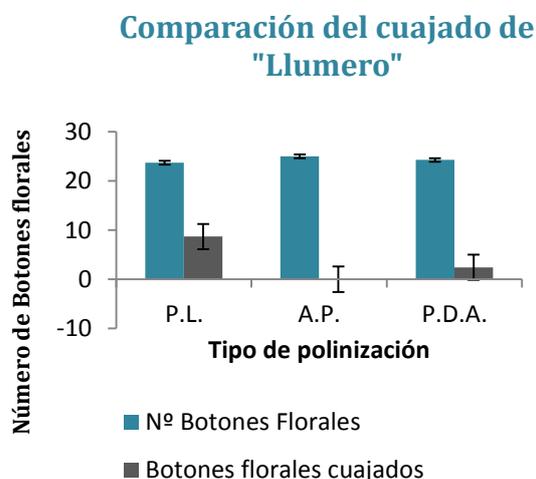


Figura 4.15. Cuajado y nº medio de botones florales en “Llumero” en los distintos tipos de polinización

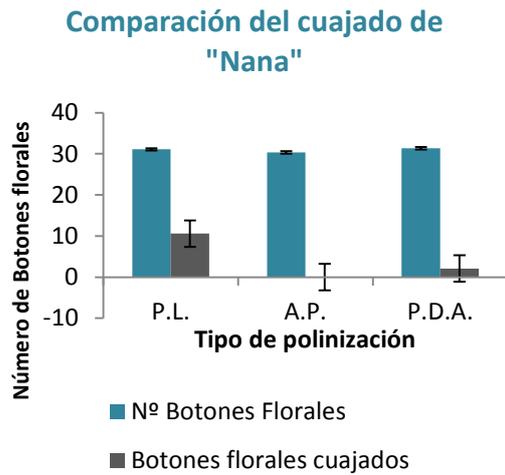


Figura 4.16. Cuajado y nº medio de botones florales en "Nana" en los distintos tipos de polinización

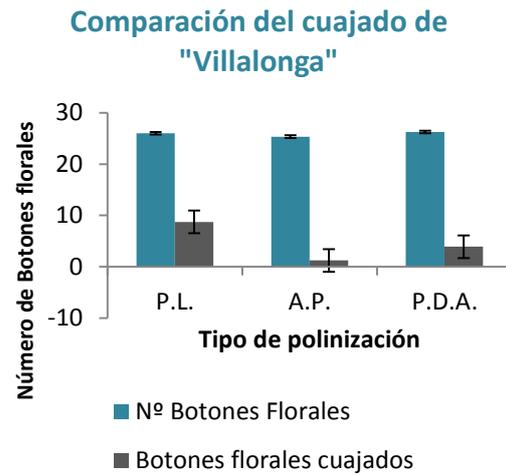


Figura 4.17. Cuajado y nº medio de botones florales en "Villalonga" en los distintos tipos de polinización

Para dotar al estudio de uniformidad, se eligió una inflorescencia al azar por tipo de polinización y en cada orientación. Se embolsaron formaciones de las que previamente fue evaluado el número de botones por inflorescencia, cuyo valor medio se indica a continuación: 23,94 en el cultivar "Farga", 24,33 en "Llumero", 30,92 en "Nana" y 25,86 en "Villalonga". Este número de botones concuerda básicamente con las mediciones que realizaron López y Salazar (2006) contando 21,33 botones florales por inflorescencia en "Farga", 24,27 en "Llumero", 30,76 en "Nana" y 26,27 en "Villalonga".

Se eligió el cultivar "Arbequina" como parental para la polinización dirigida debido a que, como comenta Rallo (2005), es un cultivar que produce mucho polen y la viabilidad del mismo es de un 55,4%, clasificando la viabilidad del polen en alta dentro de una clasificación de alta, media y baja.

CULTIVARES "FARGA", "LLUMERO" Y "NANA"

Los cultivares autóctonos "Farga", "Llumero" y "Nana" siguen una misma pauta para los diferentes tipos de polinización. El mayor cuajado se produjo en polinización libre cruzada, siendo el cultivar "Nana" el mayor con una media de 11 frutos por inflorescencia, resultando en total 9 frutos de "Llumero" y "Farga", todo ello antes de

las caídas de verano. También mostraron ser cultivares autoincompatibles por no obtener frutos bajo autopolinización. Rallo (2005) en sus estudios ya comenta que tanto de “Llumero” como de “Farga” no se obtienen niveles altos en autopolinización y Rovira (2010) pone de manifiesto que “Llumero”, “Farga” y “Nana” poseen relativamente menor cantidad de polen.

La polinización mediante “Arbequina” resultó baja, dando lugar a una media de 0,08 frutos por botón floral en “Llumero” y “Farga” y 0,06 en “Nana”.

CULTIVAR “VILLALONGA”

En cuanto al cultivar “Villalonga”, se dio una media de cuajado en polinización cruzada de 8,75 frutos por inflorescencia, lo que supone 0,34 frutos por botón floral. Rallo (2005) calculó dicha relación y obtuvo 0,33 frutos por botón floral, un valor bajo debido al gran tamaño de los frutos.

Con respecto al estudio de la autopolinización, el cultivar “Villalonga” se diferencia del resto dado que se presenta un nivel, aunque bajo, de autopolinización, en concreto una media de 1,25 frutos por inflorescencia. Cuevas y Polito (1997) hicieron ensayos para determinar la autocompatibilidad del cultivar “Villalonga” y obtuvieron un índice de autocompatibilidad (relación entre número de frutos cuajados por autopolinización y número de frutos obtenidos por polinización cruzada) de 0,22 a 0,24.

En este estudio se ha dado un índice de autocompatibilidad de 0,14. Según Rallo (2005) también afirma que el cultivar “Villalonga” tiene polen viable, con lo cual da lugar a pensar que el cultivar no es autoincompatible.

En lo referente a la polinización con “Arbequina”, se cuajaron una media de 4 frutos por inflorescencia, es decir el doble de frutos que en los otros cultivares. Moutier (2002) afirma en sus estudios que el comportamiento de “Arbequina” como polinizador de “Villalonga” ha dado resultados aceptables, tal y como se han alcanzado en este Trabajo Fin de Master.

Finalmente la figura 4.18 nos muestra que si hubo diferencias significativas, estadísticamente hablando, entre la relación de cuajados y número de botones florales de los diferentes cultivares estudiados, bajo la polinización dirigida mediante “Arbequina”.

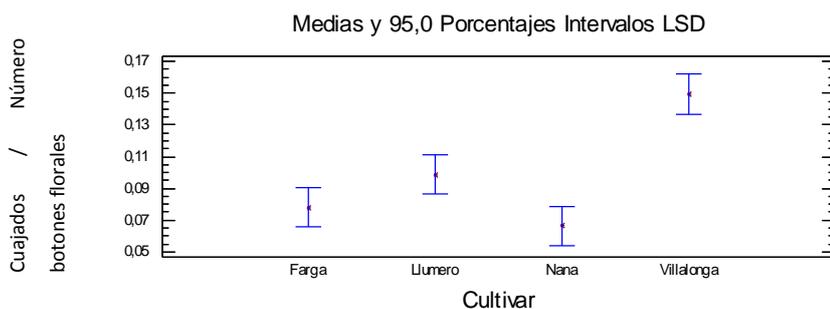


Figura 4.18. Gráfico de medias e intervalos LSD (Valor-P < 0,05) de la relación frutos cuajados y número de botones florales en polinización dirigida mediante “Arbequina”

Hay que destacar que tras retirar las bolsas de los ramos destinados al estudio de la autopolinización, en los cultivares “Farga”, “Llumero” y “Villalonga” aparecieron azofairones (Fotografía 4.1). Los azofairones son frutos partenocárpicos que pueden formarse sin que haya polinización y fecundación previa.



Fotografía 4.1. Frutos procedentes de la polinización cruzada y azofairones del cultivar “Villalonga”

4.4.2. Análisis de la influencia de la orientación en el cuajado

Con el objetivo de evaluar la influencia de la orientación en el cuajado de frutos, se ha realizado el análisis de la varianza para cada cultivar y tipo de polinización.

Para ello se ha elegido como variable la relación número de frutos cuajados entre el número de botones florales embolsados (Tablas 4.23 a 4.26).

Tabla 4.23. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “FARGA” según tipo de polinización y orientación

“FARGA”					
Tipo de polinización	Orientación	Media	Máximo	Mínimo	Valor-P
Polinización Libre Cruzada	NORTE	0,37 ± 0,03	0,39	0,33	0,2382
	OESTE	0,36 ± 0,04	0,40	0,33	
	SUR	0,38 ± 0,04	0,42	0,36	
	ESTE	0,42 ± 0,02	0,43	0,4	
Polinización Dirigida	NORTE	0,06 ± 0,02	0,08	0,04	0,8973
	OESTE	0,08 ± 0,01	0,09	0,08	
	SUR	0,08 ± 0,07	0,125	0	
	ESTE	0,09 ± 0,04	0,125	0,05	

Tabla 4.24. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “LUMERO” según tipo de polinización y orientación

“LUMERO”					
Tipo de polinización	Orientación	Media	Máximo	Mínimo	Valor-P
Polinización Libre Cruzada	NORTE	0,37 ± 0,03	0,39	0,33	0,7139
	OESTE	0,36 ± 0,04	0,40	0,33	
	SUR	0,38 ± 0,04	0,42	0,36	
	ESTE	0,42 ± 0,02	0,43	0,4	
Polinización Dirigida	NORTE	0,11 ± 0,02	0,13	0,09	0,6914
	OESTE	0,08 ± 0,06	0,15	0,04	
	SUR	0,11 ± 0,03	0,15	0,08	
	ESTE	0,10 ± 0,02	0,12	0,08	

Tabla 4.25. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “Nana” según tipo de polinización y orientación

“NANA”					
Tipo de polinización	Orientación	Media	Máximo	Mínimo	Valor-P
Polinización Libre Cruzada	NORTE	0,33 ± 0,04	0,38	0,31	0,5647
	OESTE	0,32 ± 0,05	0,36	0,27	
	SUR	0,37 ± 0,04	0,42	0,32	
	ESTE	0,34 ± 0,02	0,35	0,31	
Polinización Dirigida	NORTE	0,07 ± 0,03	0,1	0,03	0,8357
	OESTE	0,07 ± 0,02	0,09	0,06	
	SUR	0,06 ± 0,01	0,08	0,05	
	ESTE	0,06 ± 0,02	0,07	0,03	

Tabla 4.26. Resumen estadístico y tabla ANOVA de “Villalonga” según tipo de polinización y orientación

“VILLALONGA”					
Tipo de polinización	Orientación	Media	Máximo	Mínimo	Valor-P
Polinización Libre Cruzada	NORTE	0,32 ± 0,05	0,37	0,27	0,1303
	OESTE	0,31 ± 0,01	0,32	0,30	
	SUR	0,37 ± 0,03	0,40	0,35	
	ESTE	0,35 ± 0,03	0,38	0,32	
Autopolinización	NORTE	0,05 ± 0,02	0,07	0,04	0,9348
	OESTE	0,05 ± 0,02	0,08	0,04	
	SUR	0,04 ± 0,04	0,08	0	
	ESTE	0,06 ± 0,03	0,09	0,03	
Polinización Dirigida	NORTE	0,13 ± 0,04	0,17	0,10	0,5618
	OESTE	0,16 ± 0,02	0,17	0,14	
	SUR	0,16 ± 0,03	0,19	0,13	
	ESTE	0,15 ± 0,02	0,17	0,12	

El Valor-P mostrado en la tabla 4.23 del cultivar "Farga" es 0,2383. Puesto que este valor es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de la relación número de frutos cuajados y el número de botones florales embolsados entre las diferentes orientaciones, con un nivel del 95,0% de confianza. El valor-P también fue superior a 0,5 en cuanto a la polinización dirigida, por lo tanto podemos afirmar que no hay diferencias significativas entre las orientaciones del árbol.

En las demás tablas correspondientes a los cultivares "Llumero", "Nana" y "Villalonga" todos los valores-P son superiores a 0,5, con lo cual, al igual que en "Farga", no hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos en las diferentes orientaciones, por tanto el cuajado de frutos, indiferentemente del tipo de polinización que se realice, no dependerá de la orientación.

Capítulo 5: Conclusiones

5.1. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se extraen de este trabajo se exponen a continuación, teniendo en cuenta que están basadas en las condiciones de cultivo propias de la zona estudiada:

1. En cuanto al análisis pomológico de los frutos en ensayo:

- Se realizaron fichas pomológicas de frutos, de acuerdo a la norma UPOV TG/99/4, para los cultivares "Arbequina", "Farga", "Llumero", "Nana" y "Villalonga".

- Los frutos de los cultivares "Farga", "Nana" y "Llumero" son los que menor variación de peso de fruto y endocarpio tienen. "Villalonga" si presenta variaciones importantes de peso, mientras las variaciones de "Arbequina" son menores debido a su bajo peso.

- El análisis de la varianza concluyó que podemos usar las variables peso fruto, peso pulpa y peso endocarpio como forma de diferenciar los cultivares estudiados entre sí a excepción de "Llumero" de "Nana", no obteniendo diferencias estadísticamente significativas en este caso. También se podría usar la longitud del fruto para diferenciar todos los cultivares excepto los pares "Farga-Villalonga" y "Farga-Llumero". Finalmente las variables ancho A y ancho B del fruto presentan gran utilidad en cuando a identificación de estos cultivares, ya que dieron diferencias significativas en todos ellos.

- La variable que mayor correlación lineal tiene con el peso del fruto es el peso de la pulpa. La correlación lineal entre la longitud y la anchura del fruto es positiva pero débil debido a la incidencia de la forma del fruto en este estudio.

2. La evolución del color de la epidermis de los frutos en condiciones de la zona indica que en el caso de los cultivares "Arbequina", "Llumero", "Nana" y "Villalonga", a partir del muestreo 3 la aceituna está lista para su recolección, dado que la luminosidad es muy alta, y la coordenada a^* pasa a alcanzar valores positivos. Por lo que, ese momento se considera óptimo comparativamente con los índices actualmente manejados que son aparentes.

En el caso del cultivar "Farga" este punto de óptimo de maduración, en nuestras condiciones de trabajo, se encontraría entre el muestreo 2 y 3.

3. Sobre la evolución del poder de cuajado en diferentes tipos de polinización: análisis pomológico de los frutos en ensayo

- En polinización libre cruzada el cultivar que dio un mayor número de frutos cuajados fue el cultivar "Nana" con aproximadamente 11 frutos por inflorescencia, seguida de los cultivares "Farga" y "Llumero". El cultivar "Villalonga" fue el que menor poder de cuajado ofreció, todo ello antes de las caídas de fruto del verano.

- Se confirmó que los cultivares "Farga", "Llumero" y "Nana" son autoincompatibles, mientras que el cultivar "Villalonga" se puede considerar como parcialmente autocompatible.

- El cultivar "Arbequina" resultó ser un buen polinizador para "Villalonga" con un mayor número de frutos cuajados. Sin embargo, los resultados con "Nana", "Llumero" y "Farga" fueron menores, pero si fueron estadísticamente diferentes entre todos los cultivares.

- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el cuajado en las distintas orientaciones.

Capítulo 6: Bibliografía

- AGUSTÍ, M. (2010). *Fruticultura*. Madrid: Mundi-Prensa.
- AICA (2015). *Producción de aceite de oliva*, visto el 28 de abril de 2015 http://aplicaciones.magrama.es/pwAgenciaAO/InfMercadosAceite.aao?dato_de=PRODUCCION&opcion_seleccionada=4120&control_acceso=S&idioma=ESP
- BARRANCO, D. (1997). Las principales variedades de olivo en España. *Vida rural*, 55: 32-34.
- BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. Y RALLO, L. (2008). *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- BESNARD, G.; GARCÍA-VERDUGO, C.; RUBIO DE CASAS, R.; TREIER, U.A.; GALLAN, N. & VARGAS, P. (2008). Polyploidy in the Olive Complex (*Olea europaea*): Evidence from Flow Cytometry and Nuclear Microsatellite Analyses. *Annals of Botany*, 101: 25-30.
- BESNARD, G.; GREEN, P.S. & BERVILLÉ, A. (2002). The genus *Olea*: molecular approaches of its structure and relationships to other Oleaceae. *Acta Botanica Gallica*, 149: 49-66.
- CAJAMAR (2013). *El cultivo del olivo*, visto el 29 de abril de 2015 <http://www.fundacioncajamarvalencia.es/es/pdf/curso-nuevas-tecnicas-vinedo-olivo/olivo.pdf>
- CARRASCO, P. (2004). *Caracterización pomológica y de sus aceites de cultivares de olivo*. Proyecto Final de Carrera en Ingeniería Agrónoma. Universitat Politècnica de Valencia.
- CONSEJO OLEÍCOLA INTERNACIONAL (COI) (2015). *The olive tree*, visto el 27 de abril de 2015 <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/76-the-olive-tree>
- CRISTÓBAL, J.A. Y LÓPEZ-CARVANAL, A. (2013). Cuajado de frutos y partenocarpia en olivo “Manzanillo” con polinización cruzada. *Agronomía mesoamericana*, 24: 393-400.

- CUEVAS, J. & POLITO, V. (1997). Compatibility relationships in “Manzanillo” Olive. *HortScience*, 32: 1056-1058.
- DOP ACEITE DE LA COMUNITAT VALENCIANA (2015). *El aceite de oliva*, visto el 29 de abril de 2015. <http://www.doaceitecomunitatvalenciana.com/>
- ESYRCE (2013). *Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos en España: Análisis de las plantaciones de olivar en España*, visto el 29 de abril de 2015 http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/novedades/Olivar2012_tcm7-262578.pdf
- FABRA, J.L. (2013). *Informe de sostenibilidad ambiental. Versión preliminar del Plan General de Ordenación Urbana de Traiguera*, visto el 20 de mayo de 2015 <http://www.traiguera.es/files/archivos/201307/memoria.pdf>
- FAOSTAT. (2015). *Production crop*, visto el 27 de abril de 2015. <http://faostat3.fao.org/>
- FERNÁNDEZ, J.E.; MORENO, F.; CABRERA, F.; ARRUE, J.L. & MARTÍN-ARANDA, J. (1991). Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of olive tree”. *Plant and Soil*, vol 133, issue 5: 239-251.
- GÓMEZ DEL CAMPO, M. Y RAPOPORT, H. (2008). Descripción de la iniciación floral, floración, cuajado, caída de frutos y endurecimiento del hueso. *Agricultura*, 400-406.
- GOOGLE MAPS (2015), visto el 10 de mayo de 2015. <https://www.google.es/maps>>
- GREEN, P.S. & WICKENS, G.E. The *Olea europaea* complex. *Edinburgh University Press*, 287–299.
- GVA (2013). *Superficies de cultivo de olivo por municipios*, visto el 29 de abril de 2015 http://www.agricultura.gva.es/documents/170659/179647/Resumen_Castellon_tr.pdf/a8141303-bab1-4bb9-a9de-8acb0b77e909
- GVA (2014). *Superficies y producciones de los principales cultivos en la Comunidad Valenciana*, visto el 29 de abril de 2015.

<http://www.agricultura.gva.es/documents/170659/179647/Superficies+y+Producciones+2013.pdf/246bac37-0978-4bb8-b81c-947a499e3ce6>

HUNTER ASSOCIATES LABORATORY, INC. (2012). *Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*a*b*, visto el 16 de junio de 2015
<http://www.hunterlab.com/an-1005b.pdf>

ÍÑIGUEZ, A.; PAZ, S. Y ILLA, F.J. (2001). *Variedades de olivo cultivadas en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació.

ÍÑIGUEZ, A.; PAZ, S. Y SÁNCHEZ, L. (1999). *Variedades de olivo en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació.

LAVEE, S.; RALLO, L.; RAPOPORT, H.F. & TRONCO, A. (1996). The floral biology of the olive: effect of flower number, type and distribution on fruitset. *Scientia Horticulturae*, 66: 149-158.

LÓPEZ-CORTÉS, I. Y SALAZAR, D. (2006). *Variedades de olivo y composición de sus aceites en el oeste del mediterráneo*. Valencia: Phytoma.

MAGRAMA (2015). *Material vegetal*, visto el 6 de mayo de 2015
<http://www.magrama.gob.es/app/materialVegetal/resultadosMaterialVegetal.aspx?lng=es>

MAGRAMA (2015). *Producciones agrícolas: aceite de oliva y aceituna de mesa*, visto el 28 de abril de 2015.
<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/aceite-oliva-y-aceituna-mesa/aceite.aspx>

MAHOU, A.; NABIL, Y.; HADIDDOU, A.; OUKABLI, A Y MAMOUNI, A. (2012). Comportamiento de las variedades de olivo Arbequina, Haouzia y Menara en régimen de secano en la región marroquí de Mequínez. *OLIVÆ*, 118: 3-18.

MALIK, N. & BRADFORD, J. (2006). Changes in oleuropein levels during differentiation and development of floral buds in "Arbequina" olives. *Scientia Horticulturae*, 110: 274-278.

- MESEGUER, J. (1988). El aceite de oliva de El Maestrat y las nuevas técnicas para su obtención. *Boletín del Centro de Estudios del Maestratgo*, 22: 25-41.
- MÍČEK, T. Y MÍČEK, M. (2012). *Olea europaea "Farga"*. Benicarló: Onada edicions.
- MONTORO, C. (2000). Aceite de oliva en la Comunidad Valenciana: futuro dorado. *Comunidad Valenciana Agraria: revista técnica*, 15: 43-45.
- MOUTIER, N. (2002). Self-Fertility and Inter-Compatibilities of sixteen olive varieties. *Acta Hort.*, 586:209-212.
- RALLO, L. (1994). Fructificación y producción en olivo. *Agricultura*, 746: 13-16.
- RALLO, L. (2005). *Variedades de Olivo en España*. Junta de Andalucía: Mundi-Prensa.
- RAPOPORT, H.F.; PÉREZ-LÓPEZ, D.; HAMMAMI, S.B.M.; AGÜERA, J. Y MORIANA, A. (2013). Fruit pit hardening: physical measurement during olive fruit growth. *Ann Appl Biol*, 163: 200–208.
- RODRÍGUEZ DE LA BORBOLLA, J.; FERNÁNDEZ, J. Y GONZÁLEZ, F. (1995). Cambios en la composición de la aceituna durante su desarrollo. *Grasas y aceites*, 6: 5-22.
- ROVIRA, M. (2010). *Pol·linització de l'olivera*, visto el 22 de junio de 2015 http://www.ruralcat.net/c/document_library/get_file?uuid=88da8a57-ca82-4f9c-99e0-cadb2efbc1b8&groupId=10136
- SIGPAC (2015). *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas*, visto el 10 de mayo de 2015. sigpac.mapa.es/fega/visor/
- UPOV (2011). Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales: *Directrices para la ejecución del examen de distinción, la homogeneidad y la estabilidad. TG/99/4*, visto el 12 de mayo de 2015. <http://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg099.pdf>
- WEILAND, C. M^a.; GARCÍA, J.M^a. Y JOUSFI, K. (2012). Autopolinización y polinización libre en cinco variedades de olivo (*Olea europea* L.) de molino. *Revista de Fruticultura: especial Olivicultura*, 24: 30-35.

WESTWOOD, N.M. (1982). *Fruticultura de zonas templadas*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.