

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA  
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



## ***ESTUDIO DE LOS FRUTOS DE CUATRO CULTIVARES DE OLIVO Y EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL COLOR DE SUS ACEITES EN LA CUENCA DEL PALANCIA (COMUNIDAD VALENCIANA)***

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA AGROALIMENTARIA Y DEL  
MEDIO RURAL

ALUMNA: ALBA MONDRAGÓN VALERO

TUTORA: ISABEL LÓPEZ-CORTES  
CO-TUTOR: BORJA VELÁZQUEZ MARTÍ

*Curso Académico: 2013-2014*

**VALENCIA, Junio 2014**

Licencia Creative Commons "Reconocimiento no Comercial –Sin Obra Derivada".





# ESTUDIO DE LOS FRUTOS DE CUATRO CULTIVARES DE OLIVO Y EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL COLOR DE SUS ACEITES EN LA CUENCA DEL PALANCIA (COMUNIDAD VALENCIANA)

**Autor:** Mondragón Valero, Alba

Trabajo Final de Grado

**Tutor:** D<sup>a</sup>. Isabel López Cortés  
**Co-tutor:** D. Borja Velázquez Martí

**Realizado en:** Valencia  
**Fecha:** Junio, 2014

## Resumen:

El olivo es un cultivo de importancia creciente a nivel mundial, en los últimos diez años su superficie de cultivo ha aumentado más de un 15%. El consumo de aceite de oliva ha pasado de estar localizado en el Área Mediterránea a expandirse por el resto del mundo, siendo a día de hoy, un producto de consumo global. España en 2005, se consolidó como el primer país productor y exportador de aceite de oliva, tendencia que se mantiene hasta la fecha.

La riqueza varietal del olivo en la Península Ibérica es amplísima, contando con más de 270 cultivares diferentes, sin embargo, una de las consecuencias que ha traído consigo la modernización de la olivicultura ha sido la uniformización de los cultivares utilizados, un pequeño grupo de cultivares más uniformes y en general mucho más productivos ha sustituido a un enorme mosaico de cultivares locales en ocasiones heterogéneos. Conservar los cultivares de cultivo locales como ejemplo de protección de la biodiversidad agrícola se convierte pues en una prioridad para la agricultura del siglo XXI.

El objetivo principal de este TFG es el de comparar tres cultivares locales de aceituna (Serrana, Morruda y Cuquillo) con el cultivar Picual, actualmente el más importante a nivel mundial contribuyendo con ello al conocimiento y recuperación del material pomológicamente autóctono y adaptado ecoambientalmente a nuestras condiciones de cultivo y colaborando a salvaguardar el patrimonio genético de la especie.

Analizaremos comparativamente la evolución de estos cuatro cultivares en la población de Viver (Castellón), durante los meses previos a la recolección industrial y estableceremos diferencias tanto a nivel del fruto como de los aceites monovarietales obtenidos.

La caracterización de los cultivares se realizará de acuerdo a los parámetros establecidos por el protocolo pomológico UPOV ampliándola mediante el estudio colorimétrico de sus aceites siguiendo como protocolo utilizado la técnica basada en la escala de índices colorimétricos del método ABT (Azul de Bromotimol) para determinar el color de productos líquidos.

**Palabras clave:** olivar, pomología, estudio colorimetría, ABT, índice de maduración, conservación varietal



# ESTUDIO DE LOS FRUTOS DE CUATRO CULTIVARES DE OLIVO Y EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL COLOR DE SUS ACEITES EN LA CUENCA DEL PALANCIA (COMUNIDAD VALENCIANA)

**Autor:** Mondragón Valero, Alba

Trabajo Final de Grado

**Tutor:** D<sup>a</sup>. Isabel López Cortés  
**Co-tutor:** D. Borja Velázquez Martí

**Realizado en:** Valencia  
**Fecha:** Junio, 2014

## Resumen:

The olive tree is a crop of growing importance worldwide, in the last ten years their acreage has increased more than 15%. Consumption of olive oil has gone from being located in the Mediterranean area to expand into the rest of the world, being today, a product of global consumption. Spain in 2005, established itself as the leading producer and exporter of olive oil, a trend that continues to date.

The varietal richness in the Iberian Peninsula is huge, with over 270 different crops, however, one of the consequences brought by the modernization of olive growing has been the standardization of the cultivars used, a small group of cultivars more uniform and generally much more productive has replaced a huge mosaic of heterogeneous local cultivars. The conservation of the local crops as an example for agricultural diversity becomes a priority for the agriculture of the twenty-first century.

The main object of this TFG is to compare three local cultivars of olive (Serrana, Morruda and Cuquillo) with the cultivar Picual, currently the largest in the world, thus, contributing to the knowledge and recovery of the native material which is adapted ecologically and environmentally to our culture conditions, and, helping to safeguard the gene heritage of the species.

We will comparatively analyse the evolution of these four cultivars in the town of Viver (Castellón), during the pre-industrial harvesting months, establishing differences, on the one hand, at the fruit level and, on the other, at the varietal oils obtained.

The characterization of the cultivars will be in accordance with the parameters established by the UPOV protocol and widen by the colorimetric study of their oils with the ABT scale (bromothymol blue).

**Palabras clave:** Olive tree, pomology, colorimetric study, ABT, ripening degree, varietal conservation

## **AGRADECIMIENTOS**

A Isabel y Domingo, por contribuir a despertar en mí el interés por la investigación; si algo me llevo de vosotros, es vuestra pasión por la enseñanza. Gracias a los dos por exigirme y al mismo tiempo hacerme sentir tan cercana.

A Amparo, por suavizar con su ayuda los momentos de agobio en el laboratorio y, a Borja, por involucrarse con mi estadística y aclarar todas mis dudas al respecto con la paciencia propia del que disfruta de lo que hace.

A mi madre, porque sólo una madre es capaz de sacrificar domingos enteros pasando datos con tal de ver a su hija.

Y por último, no puedo dejar de agradecer a todos y cada uno de mis celiacos estos cuatro años vividos con tanta intensidad, aunque no hayáis participado en este proyecto, sin vosotros no hubiese sido posible llegar hasta aquí. Coast, Cuti, Fer, Julián, Luis, Majo, Maria, Nacho y Tam: GRACIAS.

## ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Taxonomía botánica y origen del cultivo en España .....	1
1.2 Botánica y morfología del olivo.....	1
1.3 El cultivo del olivo.....	2
1.3.1 En olivo en el mundo.....	2
1.3.1.1 Datos correspondientes a la producción.....	2
1.3.1.2 Expansión del consumo de aceite de oliva.....	4
1.3.2 El olivo en España.....	7
1.3.2.1 Producción y relevancia del cultivo en España .....	7
1.3.2.2 Estructura varietal del olivo en España .....	8
1.3.3 El olivo en la Comunidad Valenciana .....	9
1.3.3.1 Producción y relevancia del cultivo en la Comunidad Valenciana .....	9
1.3.3.2 Cultivares y características del cultivo en la Comunidad Valenciana....	10
1.4. Importancia de la conservación del material vegetal .....	11
1.5. Estudio de color en aceite.....	12

## 2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos .....	14
---------------------	----

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Descripción de la zona estudio.....	15
3.2 Cultivares objeto de estudio .....	16
3.3 Realización de la toma de muestras.....	17
3.3.1 Toma de muestras de los frutos.....	17
3.3.2 Extracción de las muestras de aceite .....	18
3.4 Medidas tomadas en el fruto.....	18
3.5 Determinación del color en aceite .....	19

3.6 Tratamiento estadístico de los datos .....	21
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1 Comparación morfométrica del fruto .....	22
4.1.1 Evolución del peso del fruto .....	22
4.1.2 Evolución del peso de la pulpa .....	23
4.1.3 Evolución de la relación pulpa/hueso .....	23
4.1.4 Esfericidad del fruto .....	24
4.2 Caracterización del fruto mediante norma UPOV.....	25
4.4. Análisis multivariado. Matrices de correlación. ....	30
4.4.1 Matriz de correlación cultivar Cuquillo .....	30
4.4.2 Matriz de correlación cultivar Morruda .....	31
4.4.3 Matriz de correlación cultivar Picual .....	32
4.4.4 Matriz de correlación cultivar Serrana .....	33
4.5 Análisis de la varianza. ....	33
4.5.1 Análisis de la varianza de la variable pulpa/hueso.....	34
4.5.2 Análisis de la varianza de la variable L/A drupa .....	35
4.5.2 Análisis de la varianza de la variable L/A endocarpio .....	36
4.6 Análisis de regresión múltiple .....	36
4.7 Caracterización del color de los aceites .....	38
<b>5. CONCLUSIONES</b>	
5.1 Conclusiones.....	39
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>40</b>
<b>7. ANEXOS</b>	
7.1 Anexo 1. Gama de tonalidades de color obtenidas mediante escala ABT.....	44
7.2 Anexo 2. Determinación momento óptimo de maduración .....	45
7.3 Anexo 3. Principales parámetros estadísticos del fruto en el óptimo de maduración.....	47
7.4 Anexo 4. Ajuste de los modelos de regresión.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Evolución de la superficie cultivada de olivo.....	3
<b>Tabla 2.</b> Principales países productores de aceite.....	3
<b>Tabla 3.</b> Distribución por Comunidades Autónomas de la superficie de olivar en España.....	7
<b>Tabla 4.</b> Distribución de la superficie por comunidades autónomas según edades de plantación del olivar en 2012.....	8
<b>Tabla 5.</b> Destino, importancia y difusión de los diferentes cultivares de olivo en España.....	8
<b>Tabla 6.</b> Análisis provincial de superficie, árboles diseminados, rendimiento y producción de aceituna para almazara (2011).....	9
<b>Tabla 7.</b> Características de las zonas aceiteras de la Comunidad Valenciana.....	10
<b>Tabla 8.</b> Índice para la obtención de color método ABT modificado.....	20
<b>Tabla 9.</b> Índice para la obtención de color método ABT modificado (Azul de Bromotimol al 10%).....	21
<b>Tabla 10.</b> Matriz de correlación cultivar Cuquillo.....	30
<b>Tabla 11.</b> Matriz de correlación cultivar Morruda.....	31
<b>Tabla 12.</b> Matriz de correlación cultivar Picual.....	32
<b>Tabla 13.</b> Matriz de correlación cultivar Serrana.....	33
<b>Tabla 14.</b> Prueba de múltiples rangos de la variable pulpa/hueso.....	34
<b>Tabla 15.</b> Prueba de múltiples rangos de la variable L/A de la drupa.....	35
<b>Tabla 16.</b> Prueba de múltiples rangos de la variable L/A del endocarpio.....	36
<b>Tabla 17.</b> Modelo de regresión. Ecuaciones del peso de la pulpa .....	37
<b>Tabla 18.</b> Modelo de regresión. Ecuaciones del peso del endocarpio.....	37
<b>Tabla 19.</b> Caracterización aceites según escala ABT.....	38
<b>Tabla 20.</b> Análisis estadístico cultivar Cuquillo.....	47
<b>Tabla 21.</b> Análisis estadístico cultivar Morruda.....	48
<b>Tabla 22.</b> Análisis estadístico cultivar Picual.....	48
<b>Tabla 23.</b> Análisis estadístico cultivar Serrana.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Evolución producción aceite de los principales productores.....	4
<b>Figura 2.</b> Evolución del consumo mundial de aceite de oliva.....	5
<b>Figura 3.</b> Desglose consumo mundial aceite de oliva.....	5
<b>Figura 4.</b> Desglose consumo mundial aceite de oliva .....	6
<b>Figura 5.</b> Evolución peso del fruto.....	22
<b>Figura 6.</b> Evolución del peso de la pulpa .....	23
<b>Figura 7.</b> Evolución de la relación pulpa/hueso .....	24
<b>Figura 8.</b> Evolución relación longitud/anchura del fruto .....	25
<b>Figura 9.</b> Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso.....	34
<b>Figura 10.</b> Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable L/A drupa.....	35
<b>Figura 11.</b> Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable L/A endocarpio.....	36
<b>Figura 12.</b> Escala ABT obtenida con 6% de ABT.....	44
<b>Figura 13.</b> Escala ABT obtenida con 10% de ABT.....	44
<b>Figura 14.</b> Color de los aceites obtenidos en cada muestreo para cada cultivar .....	45
<b>Figura 15.</b> Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso en Cuquillo .....	46
<b>Figura 16.</b> Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso en Morruda.....	47
<b>Figura 17.</b> Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso en Picual.....	46
<b>Figura 18.</b> Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso en Serrana.....	47
<b>Figura 20.</b> Esfericidad del endocarpio.....	49
<b>Figura 21.</b> Valores observados contra predichos de la ecuación peso de la pulpa Cuquillo.....	50
<b>Figura 22.</b> Valores observados contra predichos de la ecuación peso de la pulpa Morruda.....	50
<b>Figura 23.</b> Valores observados contra predichos de la ecuación peso de la pulpa Picual.....	51
<b>Figura 24.</b> Valores observados contra predichos de la ecuación peso de la pulpa Serrana.....	51
<b>Figura 25.</b> Valores observados contra predichos de la ecuación peso del hueso Cuquillo.....	52
<b>Figura 26.</b> Valores observados contra predichos de la ecuación peso del hueso Morruda.....	52

**Figura 27.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso del hueso Picual.....53

**Figura 28.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso del hueso Serrana.....53

## **1. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Taxonomía, botánica y origen del cultivo en España

La familia *Oleáceas*, en la que se incluye el olivo, pertenece a la división *Magnoliófitos*, clase *Magnoliatas*, subclase *Astéridas*. Para muchos autores constituye un orden propio (*Oleales*) próximo al orden *Gentianales* (Takhtajan, 1980; Dahlgren, 1980) mientras que otros no reconocen esa categoría independiente e incluyen a la familia en el orden *Gentianales* (Stebbins, 1975).

La gran diversidad que muestra la especie *Olea europaea* L. junto con los resultados de estudios citogenéticos llevan a pensar que se trata de una especie de origen híbrido (Breviglieri y Bataglia, 1954) y probablemente aloploidio (Acevedo Couthinho, 1956) proveniente del resultado de hibridación de un parental 11n con otro 12n del que surge un individuo híbrido parcial o completamente estéril que gracias a una posterior duplicación ( $2n = 23 \times 2 = 46$ ) produce una forma estable con capacidad reproductiva. Aun así, existen discrepancias sobre las especies que han intervenido en el origen del olivo cultivado, mientras que algunos autores como Vavilov (1951) se decantan por *Olea chrysophylla* Lam., *Olea europaea laperrini* y *Olea europea cuspidata*, otros tienen a situar el origen en las especies *Olea chrysophylla* Lam., *Olea verrucosa* Link y *Olea somaliensis* Baker (Chevalier, 1948).

En los últimos años se están llevando a cabo diversos estudios moleculares con el fin de aclarar la clasificación dentro del género *Olea* (Amane *et al.*, 2000; Besnard y Bervillé, 2000; Rallo *et al.*, 2005). Estas herramientas posiblemente en corto plazo proporcionen nueva información acerca de la filogenia del olivo.

Si bien la existencia de poblaciones de olivo silvestres en el área mediterránea datan de 6.000 años a.C. (Vernet, 1990) la evidencia arqueológica más antigua del inicio de su cultivo se ha localizado en un yacimiento de Teleyhat Ghassul al norte del mar muerto (3500-4000 años a.C.).

A partir del siglo VI a.C. el olivo se propagó por toda la Cuenca Mediterránea, los romanos extendieron su cultivo como arma pacífica en sus conquistas para el asentamiento de poblaciones, de ahí que, pese a que probablemente el olivo llegó a España en 1050 a.C., según Blázquez (1996), no fue hasta la dominación romana en el 45 a.C. que su cultivo adquirió relevancia.

## 1.2 Botánica y morfología del olivo

Barranco (2008) describe el olivo cultivado como un árbol vivaz de tamaño mediano, de unos 4 a 8 metros de altura. Lo considera un árbol polimórfico con fases juvenil y adulta basándose las diferencias principalmente entre ambas fases en la capacidad reproductora (solo en fase adulta), el potencial de enraizamiento (superior en fase juvenil) y la morfología de hojas y ramos. Caracteres como la densidad de la copa, el porte del árbol o el color de la madera varían en función del cultivar.

Las hojas del olivo son persistentes, con una vida media de 2 a 3 años. La estructura anatómica de la hoja es determinante en su adaptación a ambientes de alta transpiración, el haz, de color verde oscuro brillante consta de una gruesa cutícula y el envés, de color blanco-plateado está cubierto por pelos aparasolados que protegen los estomas y reducen la pérdida de agua regulada por los mecanismos de apertura y cierre (Morettini, 1972).

La morfología de su sistema radical varía en función del origen del árbol y de las condiciones del suelo. Si el árbol proviene de una semilla desarrolla una raíz principal dominante mientras que si proviene de un estaquillado se desarrolla un sistema de multitud de raíces adventicias que se comportan como principales. Estudios de Fernández *et al.* (1991) consideran que el grado de ramificación se ve condicionado por las características del suelo como profundidad, grado de aireación y contenido de agua del mismo.

Las inflorescencias, en forma de panícula, se desarrollan en las axilas de las hojas de los nudos de crecimiento vegetativo en madera de segundo año. Se componen de flores perfectas (hermafroditas o bisexuales) y flores estaminíferas que carecen de un ovario funcional y por tanto no dan lugar a fruto. El porcentaje de aborto ovárico varía en función del cultivar y del año situándose alrededor del 50% en años normales (Barranco, 2008).

Según Agustí (2004), la aceituna, botánicamente una drupa, es un fruto pequeño de forma elipsoidal a globosa, de mesocarpo carnoso y rico en aceite gracias a la acumulación del mismo en las vacuolas de las células parenquimáticas.

## 1.3 El cultivo del olivo

### 1.3.1 En olivo en el mundo

#### 1.3.1.1 Datos correspondientes a la producción

A nivel geográfico situamos el hábitat natural del olivo entre las latitudes 30º y 45º de ambos hemisferios, en regiones de clima mediterráneo con tendencia a veranos secos y calurosos alternados con periodos de temperatura cercanos a los 0ºC que permiten su reposo vegetativo (Barranco, 2008). El olivo es un árbol poco exigente en cuanto a requerimientos de suelo (crece tanto en suelos silíceos como calcáreos) y que resiste muy bien a la sequía adaptándose a pluviometrías de 220 mm por año.

La superficie mundial de olivo cultivado en 2012 alcanzó los 9.984.919 hectáreas (FAOSTAT, 2013). Si bien a lo largo de los últimos 10 años el incremento interanual de superficie cultivada no siempre ha resultado positivo, en términos generales y tomando como referencia la superficie en 2002, se observa que se trata de un cultivo en constante crecimiento que, en términos de superficie, ha aumentado más de un 15% en la última década.

Una de las causas principales de la expansión del cultivo reside en la reconversión del olivar tradicional que, con una densidad de plantación muy baja, incurría en altos costes productivos. La tendencia actual es ir a modelos de cultivo más intensivos y tecnificados que permitan la mecanización y por tanto disminuyan los costes de recolección (Tous, 2009).

**Tabla 1.** Evolución de la superficie cultivada de olivo

Año	Superficie cultivada (ha)	Incremento interanual (%)	Incremento acumulado respecto 2002 (%)
2012	9.984.919	-0,73	15,56
2011	10.057.606	4,51	16,17
2010	9.604.089	1,23	12,21
2009	9.486.283	-5,23	11,12
2008	9.982.684	4,98	15,54
2007	9.485.433	-4,86	11,11
2006	9.946.123	2,90	15,23
2005	9.657.301	5,21	12,69
2004	9.153.857	3,91	7,89
2003	8.795.550	4,14	4,14
2002	8.431.648	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT 2014

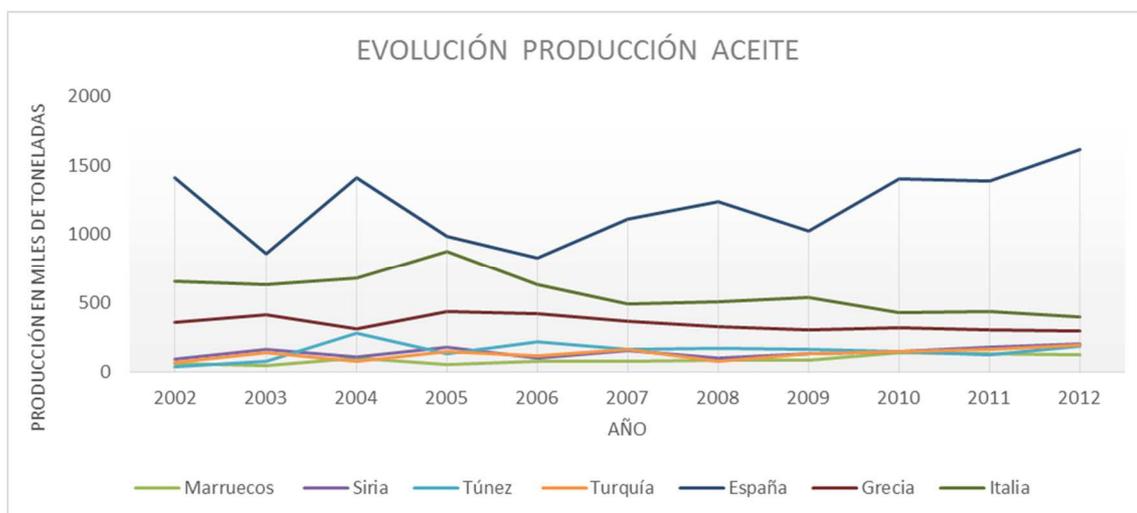
En lo que al aceite respecta, solo 7 países (todos ellos situados en la Cuenca Mediterránea) abarcan el 90% de producción mundial.

**Tabla 2.** Principales países productores de aceite

	Producción aceite (1000 t)	Producción aceite por país respecto producción mundial (%)
<b>MARRUECOS</b>	120	3,61
<b>SIRIA</b>	198	5,96
<b>TUNEZ</b>	182	5,48
<b>TURQUIA</b>	191	5,75
<b>ESPAÑA</b>	1615	48,63
<b>GRECIA</b>	294,6	8,87
<b>ITALIA</b>	399,2	12,02
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>3.321</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT, 2014

Al igual que ha ocurrido en la superficie cultivada de olivo, la producción de aceite en la última década se ha visto incrementada del orden de un 15 % pasando de 2.825,5 miles de toneladas en 2002 a 3.321 miles de toneladas en 2012. Si bien los principales productores de aceite no han variado, su importancia relativa respecto del total de la producción sí lo ha hecho. Es especialmente destacable en este sentido, el año 2005-2006 en el que la producción italiana comienza a caer a favor de la española, tendencia que se mantiene a día de hoy.

**Figura 1.** Evolución producción aceite de los principales productores

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT, 2014

### 1.3.1.2 Expansión del consumo de aceite de oliva

En los últimos veinte años, el consumo de aceite de oliva ha pasado de estar localizado en el Área Mediterránea a expandirse primero por Estados Unidos y finalmente por el resto del mundo, tratándose, a día de hoy, de un producto de consumo global.

Este crecimiento ha sido posible en parte gracias a las acciones de organismos como el Consejo Oleícola Internacional (C.O.I) que en los últimos años ha organizado numerosas campañas de promoción del aceite de oliva tanto en países desarrollados como Estados Unidos, Canadá o Rusia en los que su consumo era muy limitado como en países emergentes como India (campaña 2007-2009) o China (campaña 2010-2011) donde, hace apenas ocho años, el consumo de aceite de oliva era nulo.

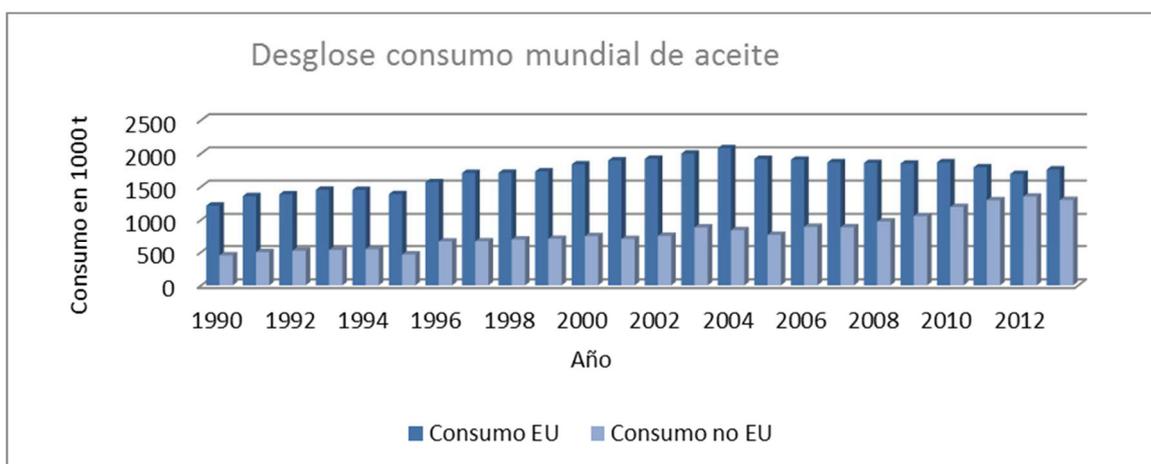
El esfuerzo de crecimiento puesto en este mercado ha revertido en un incremento del consumo en los últimos 20 años del 45%. Mientras que en 1990 el consumo de aceite en el mundo no llegaba a las 1.700 miles de toneladas, en función de los datos del C.O.I las previsiones para la campaña 2013-2014 hablan de más de 3.000 miles de toneladas. Observando la tendencia de crecimiento de los últimos años podemos afirmar que se trata pues, a día de hoy, de un mercado de alto potencial económico.

**Figura 2.** Evolución del consumo mundial de aceite de oliva

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT, 2014

Para situar bien el crecimiento de este mercado y entender el potencial del mismo, es fundamental estudiar la evolución del consumo desde un punto de vista menos económico.

Si bien en 1990 el 73% del consumo mundial de aceite provenía de la Unión Europea (UE) y únicamente el 27% de países externos a la misma, 20 años más tarde esta situación ha revertido y los consumos se han igualado. Mientras que el consumo en la Unión Europea se ha estabilizado, la demanda fuera de la misma no cesa de crecer. En 2013 el consumo ajeno a la Unión Europea, con 1.758 miles de toneladas, ya supera el 42% del total (FAOSTAT, 2014).

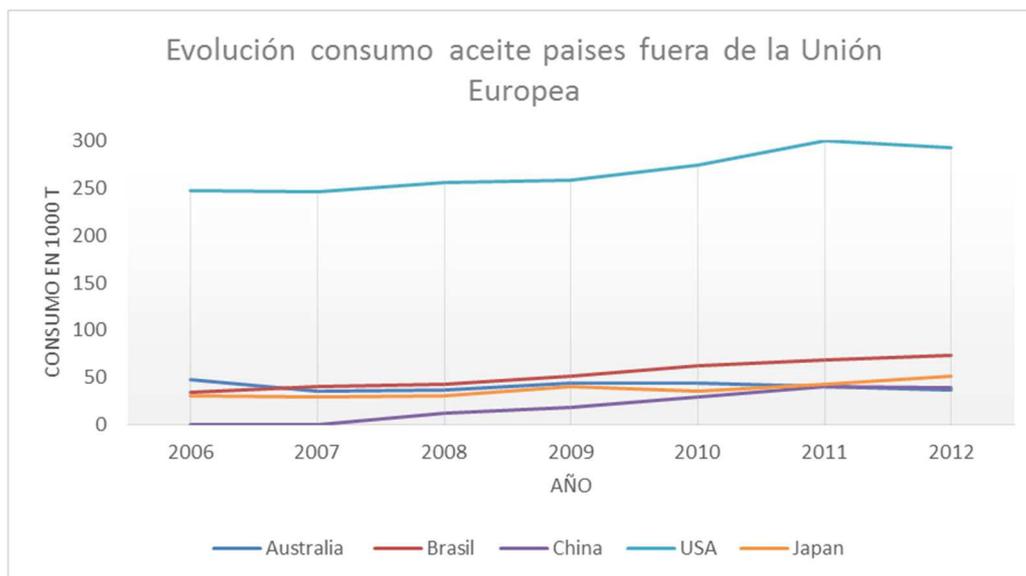
**Figura 3.** Desglose consumo mundial aceite de oliva

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT 2014

Países como Estados Unidos, Canadá, Australia, Brasil, Japón y China son actores principales en el incremento del consumo fuera de la Unión Europea. Según un estudio realizado por Luchetti (2002), la imagen de calidad del aceite de oliva se ha visto reforzada en estos países gracias a numerosas investigaciones que documentan sus propiedades nutricionales en la

prevención de desórdenes cardiovasculares, el funcionamiento digestivo y la mineralización de los huesos.

**Figura 4.** Desglose consumo mundial aceite de oliva



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT, 2014

El caso más singular es el de China, que en cinco años ha pasado de no consumir aceite a posicionarse como noveno país que más aceite consume fuera de la Unión Europea, por delante de países como Australia y Canadá de mayor tradición oleica.

Autores como Rius y Lacarte (2010) consideran que solo las limitaciones productivas, en especial la vejería y el modelo productivo obsoleto que aún sigue dominando en muchos países impiden un mayor consumo de aceite de oliva. Ambos autores insisten en que el aceite de oliva es un producto de futuro basando sus afirmaciones en los siguientes datos:

- El aceite de oliva en 2010 supone solo el 3,5% del consumo total de aceites y grasas vegetales del mundo por lo que el sector aún tiene mucho recorrido.
- La percepción del aceite de oliva como un producto beneficioso para la salud. La Agencia del Medicamento y la Salud Estadounidense (FDA) declara públicamente que reduce el riesgo de padecer enfermedades coronarias y establece una dosis óptima diaria de 23 gramos.
- No presenta limitaciones religiosas o culturales que puedan dificultar su comercialización como los vinos o los derivados del cerdo.
- La elasticidad del consumo de aceite de oliva respecto, tanto de su precio, como del de productos sustitutivos viene disminuyendo por lo que la influencia de los precios, aun existiendo, es cada vez menor.

### 1.3.2 El olivo en España

#### 1.3.2.1 Producción y relevancia del cultivo en España

España es el mayor productor y exportador de aceite de oliva y de aceituna de mesa, cuenta, tanto con la mayor superficie cultivada de olivar, como con el mayor número de olivos del mundo.

En términos de superficie, el cultivo del olivo es el segundo más importante a nivel nacional, justo por detrás de los cereales. Según los datos proporcionados por la Agencia de Información y Control Alimentarios, A.I.C.A. (2014) el olivar español está presente en 34 provincias de trece comunidades autónomas, ocupa una superficie de 2.584.564 hectáreas de las que el 96% corresponden a cultivares de aceituna para almazara (2.377.943 ha) y el 4% restante a cultivares para mesa (98.597 ha). El olivar de almazara cuenta con 1.750.000 hectáreas en secano (el 72,1% de su área) y tan solo 679.341 hectáreas en parcelas de regadío (con un incremento del 1,5% respecto al 2012). En cambio, la superficie de olivar para aceituna de mesa está mucho más equilibrada en cuanto a la relación secano/regadío con un 53,6% de su área cultivada en secano y un 46,5% en regadío. (Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2013).

**Tabla 3.** Distribución por Comunidades Autónomas de la superficie de olivar en España

Comunidades Autónomas	Total	
	Hectáreas	%
Andalucía	1.554.771	60,16
Extremadura	269.350	10,42
Castilla-La Mancha	406.751	15,74
Cataluña	116.044	4,49
Comunidad Valenciana	94.723	3,66
Aragón	59.477	2,3
Resto	83.448	3,23
<b>TOTAL</b>	<b>2.584.564</b>	<b>100</b>

Fuente: Agencia de Información y Control Alimentarios, A.I.C.A. 2014

Andalucía es por tanto la comunidad autónoma con mayor relevancia en el cultivo del olivar. En 2013 según cifras del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGARAMA) en esta autonomía se registran 1,55 millones de hectáreas de olivo con un peso relativo del 60% sobre la totalidad del cultivo en España.

**Tabla 4.** Distribución de la superficie por comunidades autónomas según edades de plantación del olivar en 2012.

Comunidades Autónomas	De 0 a 4 años		De 5 a 11 años		De 12 a 49 años		De 50 y más años		Sin especificar		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Galicia	3	100,0%									3	100,0%
P. de Asturias												
Cantabria												
País Vasco									31	100,0%	31	100,0%
Navarra	626	8,6%	3.719	50,9%	1.405	19,2%	1.551	21,2%			7.300	100,0%
La Rioja	444	14,4%	1.389	45,1%	731	23,7%	493	16,0%	21	0,7%	3.079	100,0%
Aragón	2.402	4,5%	4.889	9,2%	8.239	15,4%	35.767	67,0%	2.121	4,0%	53.416	100,0%
Cataluña	2.919	3,3%	7.495	8,5%	22.600	25,8%	47.243	53,9%	7.436	8,5%	87.693	100,0%
I. Baleares	852	12,2%	783	11,2%	1.098	15,7%	3.078	44,0%	1.191	17,0%	7.002	100,0%
Castilla y León	5	0,1%	1.049	16,4%	30	0,5%	2.698	42,1%	2.624	41,0%	6.407	100,0%
Madrid	169	0,7%	544	2,2%	2.164	8,8%	17.469	71,0%	4.270	17,3%	24.615	100,0%
Castilla la Mancha	15.650	4,0%	35.133	9,0%	111.067	28,5%	181.833	46,6%	46.290	11,9%	389.974	100,0%
C. Valenciana	2.212	2,7%	6.428	7,7%	42.397	51,1%	25.861	31,1%	6.134	7,4%	83.031	100,0%
R. de Murcia	1.515	5,5%	4.973	18,2%	17.625	64,5%	1.688	6,2%	1.509	5,5%	27.311	100,0%
Extremadura	11.996	4,7%	17.409	6,8%	38.676	15,1%	159.733	62,5%	27.906	10,9%	255.719	100,0%
Andalucía	39.955	2,6%	110.662	7,2%	515.528	33,6%	796.302	52,0%	70.370	4,6%	1.532.817	100,0%
I. Canarias	30	70,7%	6	13,8%	7	15,5%					43	100,0%
<b>Total</b>	<b>78.778</b>	<b>3,2%</b>	<b>194.478</b>	<b>7,8%</b>	<b>761.565</b>	<b>30,7%</b>	<b>1.273.716</b>	<b>51,4%</b>	<b>169.905</b>	<b>6,9%</b>	<b>2.478.442</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Revista Dcoop nº 61. Enero 2014

### 1.3.2.2 Estructura varietal del olivo en España

Agustí (2010) clasifica los cultivares de olivo cultivados en España en función de su importancia y difusión. Distingue un primer grupo de cultivares *principales* que son los dominantes por su superficie de cultivo en alguna comarca, un grupo de cultivares *secundarios* que no dominan en ninguna comarca concreta, un tercer grupo de cultivares *difundidos* que se encuentran como árboles aislados y por último un grupo de cultivares *locales*.

En función de estas categorías establecidas, Barranco *et al.* (2005) consideran que 24 cultivares han alcanzado la categoría de cultivar principal, 24 la de cultivar secundario, 50 la de cultivar difundido y 174 se incluyen en la categoría de cultivares locales.

**Tabla 5.** Destino, importancia y difusión de los diferentes cultivares de olivo en España

Cultivar	Uso	Area (x1.000 ha)	Difusión
'Picual'	A*	860	Jaén, Córdoba, Granada
'Comicabra'	A	269	Ciudad Real, Toledo
'Hojiblanca'	A-AM	217	Córdoba, Málaga, Sevilla
'Lachín de Sevilla'	A	105	Sevilla, Cádiz
'Manzanilla de Sevilla'	AM	85	Sevilla, Badajoz
'Morisca'	A	74	Badajoz
'Empeltre'	A	72	Zaragoza, Teruel, Baleares
'Arbequina'	A	71	Lérida, Tarragona
'Manzanilla Cacerena'	A-AM	64	Cáceres, Salamanca
'Picudo'	A	60	Córdoba, Granada
'Farga'	A	45	Castellón, Tarragona
'Lachín de Granada'	A	36	Granada, Almería, Murcia
'Verdial de Huelva'	A	34	Huelva, Sevilla
'Gordal Sevillana'	AM	30	Sevilla
'Verdial de Badajoz'	A	29	Badajoz, Cáceres
'Morrut'	A	28	Tarragona, Castellón
'Sevillena'	A	25	Tarragona, Castellón
'Villalonga'	A	24	Valencia
'Castellana'	A	22	Guadalajara, Cuenca
'Verdial de Volez-Málaga'	A	20	Málaga
'Aloreña'	A-AM	17	Málaga
'Blanqueta'	A	17	Alicante, Valencia
'Changlot Real'	A	5	Valencia
Alfarara	A	4	Valencia, Albacete
Otras	-	67	
<b>Total España</b>		<b>2.280</b>	

a A: Aceite, AM: Aceituna de mesa.

Fuente: Barranco, 2008.

La estructura varietal del olivo en nuestro país se caracteriza pues por la diversidad, la antigüedad y el confinamiento de los cultivares en torno a su presunta zona de origen. La mayoría de los cultivares están difundidos en zonas continuas en las que son dominantes pero fuera de ellas su importancia decae rápidamente.

### 1.3.3 El olivo en la Comunidad Valenciana

#### 1.3.3.1 Producción y relevancia del cultivo en la Comunidad Valenciana

Según los datos oficiales del último anuario de estadística del MAGRAMA, en el 2011 la Comunidad Valenciana contaba con un total de 92.152 hectáreas de las cuales el 99,72 % se destinan a aceituna para almazara.

**Tabla 6.** Análisis provincial de superficie, árboles diseminados, rendimiento y producción de aceituna para almazara (2011)

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie en plantación regular (hectáreas)					Árboles diseminados (número)	Rendimiento			Producción (1) (toneladas)
	Total			En producción			Superficie en producción (kg/ha)		Árboles diseminados (kg/árbol)	
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío		Secano	Regadío		
Alicante	23.444	4.074	27.518	23.207	3.952	13.200	1.090	2.765	6	36.302
Castellón	31.469	1.863	33.332	29.276	1.655	–	690	2.549	–	24.419
Valencia	27.296	3.744	31.040	22.862	3.153	–	1.390	3.725	–	43.523
<b>C. VALENCIANA</b>	<b>82.209</b>	<b>9.681</b>	<b>91.890</b>	<b>75.345</b>	<b>8.760</b>	<b>13.200</b>	<b>1.026</b>	<b>3.070</b>	<b>6</b>	<b>104.244</b>
<b>ESPAÑA</b>	<b>1.950.189</b>	<b>387.724</b>	<b>2.337.913</b>	<b>1.889.711</b>	<b>367.643</b>	<b>88.247</b>	<b>2.882</b>	<b>5.202</b>	<b>7</b>	<b>7.352.697</b>

Fuente: Anuario estadístico MAGRAMA 2012.

El olivar ocupa la tercera posición en superficie de cultivo justo por detrás de los cítricos que cuentan con 171.757 hectáreas y el almendro que cuenta con 101.899 (Consellería de Presidencia y Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua de la Generalitat Valenciana 2012).

La distribución entre las tres provincias es bastante equitativa, siendo Castellón la provincia con mayor número de hectáreas (33.362 ha), seguida de Valencia (31.098 ha) y finalmente Alicante con 27.692 hectáreas.

Según los datos de la Consellería de Presidencia, Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua de la GVA, la renta agraria (valor generado por la actividad de la producción agraria, es decir, remuneración de todos los factores de producción: tierra, capital y trabajo) en el 2012 correspondiente a la producción de aceite de oliva en la Comunidad Valenciana supera los 29 millones de euros. Se trata pues de un sector importante a nivel económico.

La relevancia de este cultivo no es solo de ámbito económico, no se concibe la cultura mediterránea sin el olivo o el aceite, el olivo forma parte del patrimonio histórico de la Comunidad Valenciana, su presencia se remonta a la época romana, hace más de 2.000 años.

La estructura minifundista del sector en la comunidad valenciana le otorga un gran potencial social en el que se comparten tareas de poda, laboreo y recolección.

El carácter permanente de este cultivo ha permitido la fijación de la población rural de las áreas olivareras (López-Cortés *et al.*, 2006). A su alrededor se ha creado un sistema agroindustrial y económico que ha facilitado por un lado, el progreso de las zonas rurales y por otro, el mantenimiento de un cultivo sostenible desde un punto de vista medioambiental en zonas en las que a menudo la climatología y la edafología eran adversas para cualquier otro cultivo.

La importancia ambiental y paisajística del sector en la comunidad es indiscutible, no solo por su capacidad de masa verde, de sumidero de gases efecto invernadero, o mitigador del dióxido de carbono, sino además, como elemento de lucha contra la desertización, aridez y erosión del territorio. Parcelas con pendientes pronunciadas, de acceso limitado, abanalamientos con márgenes en piedra seca, suelos con alto riesgo de desertificación e incendio, terrenos relativamente pobres con bajos niveles de materia orgánica y escasa retención de agua convierten el olivar en un agente ecológico fundamental del ecosistema.

### 1.3.3.2 Cultivares y características del cultivo en la Comunidad Valenciana

Las aproximadamente 90.000 hectáreas de cultivo que se dedican al olivar en la Comunidad Valenciana pertenecen a más de 63.000 olivicultores, la olivicultura pues, en esta comunidad, tiene un marcado carácter minifundista. Además, más del 75 % de los olivicultores son mayores de 65 años (Caballero *et al.*, 2006).

Las explotaciones son en su amplia mayoría de tipo tradicional, con aproximadamente un 95% de la superficie en secano y marcos de plantación muy amplios. La orografía del terreno en el que se encuentran las explotaciones es con frecuencia de difícil acceso y con fuertes pendientes lo que dificulta, junto con la enorme parcelación, la mecanización de los cultivos.

Las características de este cultivo en la Comunidad Valenciana propician que la olivicultura se entienda, en muchos casos, bien como una fuente complementaria de ingresos, el número de olivicultores cuya renta proviene en su mayor parte del olivar es prácticamente nulo, bien como un cultivo para autoconsumo.

**Tabla 7.** Características de las zonas aceiteras de la Comunidad Valenciana

Características de las zonas aceiteras de la Comunidad Valenciana.							
Zona	Variedades	Sector	Aceite	Sup. (Ha)	Prod. (Tn)	Altitud (m)	Lluvia (mm)
Alto Palancia Sierra De Espadán	Serrana de Espadán y Villalonga	Agricultura tradicional Almazara de tamaño medio-pequeño	Baja acidez, sabor propio, color amarillo-oro brillante, con extracto, suave y afrutado	7.500	1.200	400-800	450-600
Maestrazgo	Farga, Reques (Moruda), Ceniera y Llumet)	Agricultura tradicional en terraza, almazaras con tecnología media	Con cuerpo, sabor y olor afrutado, brillante transparente y limpio, fino, suave y dulce.	21.000	3.500	300-400	400-500
La Serranía	Villalonga, Serrana de Espadán y Manzanilla	Agricultura tradicional, almazaras medias	Amarillo-verdoso, acidez medio-baja, cuerpo suave, picante y armonioso	3.300	500	500-700	400-500
Enguera – Canal de Navarres	Manzanilla (80%), Alfalareña y Blanqueta	Agricultura tradicional, almazaras medias	Amarillo-verdoso, afrutado, con extracto y gran paladar	8.000	1.500	400-500	400-500
Venta del Moro-Utiel / Requena-Ayora	Corricabra, Villalonga, Piñón, Manzanilla y Asperilla	Agricultura tradicional, almazaras medias	Color dorado-verdoso, limpidos, armoniosos, suaves, penetrantes y personales	4.600	(sin datos)	700-800	450-550
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	15.800	3.500-4.000	700-800	400-500
Vinalopó	Alfalareña, Gordal, Manzanilla y Cuquillo	Agricultura tradicional, almazaras pequeñas	Amarillo dorado, agradable a boca, denso, dulce y armonioso	2.000	(sin datos)	300-500	300-400

Fuente: Proyecto Innovate MED. Diputación de Alicante 2014.

A nivel de aceite, la comunidad valenciana cuenta con su propia denominación de origen “D.O.P. Aceite de la Comunitat Valenciana”, en ella se engloban los siguientes cultivares pomológicamente autóctonos de la Comunidad Valenciana: Farga, Serrana, Morrudas, Villalonga y Blanqueta.

Si bien, en la denominación de origen solo se incluyen cinco cultivares de aceituna, la riqueza varietal de la comunidad es mucho más extensa, la Conselleria de Agricultura inició en 1994 los trabajos de prospección e identificación varietal de los cultivares de la Comunidad habiéndose identificado hasta la fecha 74 cultivares diferentes. Atendiendo a su importancia relativa y a su difusión en la comunidad Iñiguez (2001) los clasifica como:

- Principales: Blanqueta, Cornicabra, Farga, Morruda, Serrana y Villalonga.
- Secundarios: Alfafara, Callosina, Changlot Real, Cuquillo, Nana y Picual.
- Difundidos: Arbequina, Borriolenca, Empeltre, Genovesa, Llumeta, Manzanilla Cacereña, Penjoll, etc.
- Locales: Cabaret, Gorda-limoncillo, Piñon, Plans, Solà, Vera, entre otros.

El material vegetal autóctono es por tanto importante y ocupa un destacado lugar en el panorama nacional, de los 23 cultivares principales cultivados en España, seis son valencianos: Villalonga, Blanqueta, Farga, Serrana, Changlot Real y Alfafara.

#### 1.4. Importancia de la conservación del material vegetal

Una de las consecuencias que ha traído consigo la modernización de la agricultura ha sido la uniformización de los cultivares utilizados. La concentración de la población en las ciudades y el incremento de la demanda de alimentos han obligado a dar prioridad a las características de alta producción sobre las características de producción estable, además la introducción de máquinas agrícolas y medios modernos de comercialización y transporte imponen la necesidad de introducir plantas uniformes y homogéneas. El resultado, tras el esfuerzo conjunto de mejoradores y organismos oficiales, es la obtención, en las especies más importantes, de un pequeño grupo de cultivares más uniformes y en general mucho más productivos que ha sustituido a un enorme mosaico de cultivares locales heterogéneos (Esquinas, 1993).

Con la pérdida de una especie o cultivar local se elimina de forma irreversible la diversidad genética en el contenido que obviamente incluye los genes de adaptación a la zona en la que evolucionó. La erosión genética aumenta la vulnerabilidad de los cultivos frente a cambios inesperados en el ambiente o frente a la aparición de nuevas plagas o enfermedades.

En pocas especies, como en el caso del olivo, el proceso de transición hacia esta homogeneización no ha culminado, encontrándose todavía una importante presencia de cultivares locales (Barranco *et al.*, 2008; Rallo *et al.*, 2005) que es importante preservar.

Conservar los cultivares locales como ejemplo de diversidad agrícola se convierte en una prioridad para la agricultura del siglo XXI, la conservación de los recursos genéticos va mucho más allá de salvaguardar las especies. El objetivo debe ser mantener suficiente diversidad dentro de cada especie para asegurar que su potencial genético pueda ser utilizado en el futuro.

A este respecto la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) desarrolla desde 1893 un sistema global de recursos filogenéticos que está basado en el principio de que el germoplasma vegetal es patrimonio de la humanidad y como tal, es objetivo prioritario asegurar su conservación. En 2001 este organismo aprobó el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación que fue posteriormente ratificado por España en 2004.

La conservación varietal no es solo de vital importancia en cuanto al valor genético y agronómico que acarrea sino que también engloba un valor cultural y emotivo que nos une con las generaciones pasadas. La uniformización de los cultivares actuales conduce a la simplificación de los sabores, olores, formas y texturas de las frutas, de ahí que surjan nuevos nichos de mercado que encuentren el valor añadido en la diferenciación. La componente marketing de los conceptos cultivar minoritario y cultivar tradicional puede llevar al producto a un posicionamiento en el que la calidad parta de la diferenciación y por tanto satisfacer esta necesidad nicho de consumir un producto distinto, original.

En lo que al olivo en particular se refiere, hace treinta años que se creó el Banco de Germoplasma Mundial del olivo en Córdoba con el objetivo de salvaguardar el patrimonio genético de la especie. Dicho banco representa la colección más completa del mundo, incluye un total de 356 cultivares de 17 países diferentes lo que representa un porcentaje elevado de la variabilidad de la especie en la cuenca mediterránea (Belaj *et al.*, 2003).

López-Cortés y Salazar (2006) destacan la importancia de salvaguardar el material vegetal siempre en su propia zona de cultivo y origen, buscando con ello, la conservación particular y la adaptabilidad propia del material olivícola.

## 1.5. Estudio de color en aceite

A la hora de medir la calidad en aceites de oliva no se tienen en cuenta únicamente los parámetros físico-químicos establecidos en la reglamentación vigente (CEE 2568/91 modificado en el CEE 282/98) sino que cobra especial importancia la evaluación sensorial, que se presenta como una medida clave para determinar la calidad final del producto.

Desde el punto de vista de Fuentes de Mendoza (2013), el análisis sensorial es una disciplina muy útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos dado que a través de la cata se provocan sensaciones que se pueden medir, analizar e interpretar. Habitualmente en alimentos, los atributos sensoriales que se suelen considerar giran alrededor de la apariencia, el color, la textura, la forma, el tamaño, la viscosidad, etc.

En lo que a aceite de oliva se refiere, actualmente, el color no se evalúa por considerarse un factor de calidad poco objetivo, sin embargo, numerosos autores consideran que se trata de un criterio básico en la evaluación de la calidad de los aceites de oliva virgen extra (AOVES) y de ahí que en los últimos años se haya abierto un debate acerca de la idoneidad o no de incluir este criterio en las normas comerciales de calidad (Gutiérrez y Gutiérrez, 1986; Tous y Romero, 1992).

Pese a esta controversia, lo que si resulta evidente es que a nivel comercial el color es una de las propiedades organolépticas más inmediatas del aceite de oliva y la aceptación de su calidad depende en mayor o menor medida de este parámetro (Gutiérrez, 1986).

Pagliarini *et al* (1994) en su publicación “Study of the subjective affective meaning and motivational aspects towards extra virgin olive oil” destacan que el color es un primer criterio de juicio sobre la calidad del aceite y sobre las preferencias del consumidor. El color es una propiedad sensorial con una fuerte influencia sobre la aceptación de los alimentos ya que contribuye de manera decisiva a la percepción inicial que uno puede tener sobre su madurez y grado de procesamiento entre otros aspectos (Alos *et al.*, 2006). De hecho, como ocurre con otros frutos, el color del aceite de oliva depende, no solo de la madurez del fruto, sino también del cultivar, la zona de producción, el proceso de elaboración y la conservación del aceite (Tous, 1992).

A día de hoy, debido a la importancia que actualmente tiene la tipificación de alimentos, por ejemplo, con el creciente valor añadido que otorgan las denominaciones de origen, y siendo, el aceite virgen, un producto natural cuyo color depende exclusivamente de compuestos biológicos como pigmentos clorofílicos (en especial feofitinas) y carotenoides, se considera que la caracterización del color podría cualificar e incluso identificar la procedencia varietal de un aceite.

De ahí que, con el objetivo de garantizar una procedencia varietal de cara al consumidor, resulte imprescindible disponer de un método apropiado para la especificación de este parámetro. Actualmente en España la norma UNE 55021 recoge que el método oficial de medida de color es el método Azul de Bromotimol (ABT) que se basa en la comparación visual de la muestra de aceite con un conjunto de 60 patrones preestablecidos (patrones ABT) distribuidos en una escala bidimensional. Este método fue mejorado en 1986 por Gutiérrez y Gutiérrez que adaptaron la escala de índices ABT normalizada que se usa en aceites refinados a la gama de color que muestran los aceites vírgenes.

## **2. OBJETIVOS**

## 2.1 Objetivos

Los objetivos principales perseguidos en este estudio son:

1. La caracterización morfológica del fruto y endocarpio de los cultivares de olivo Cuquillo, Picual, Morruda y Serrana mediante el protocolo establecido por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), obteniendo el momento óptimo de recolección para cada uno de los cultivares en función de la relación pulpa/hueso y del índice visual de maduración colorimétrico de sus aceites.

2. El análisis del comportamiento de los cuatro cultivares estudiados en cuanto a la evolución de su peso, su relación pulpa/hueso y su esfericidad en los dos meses previos a la recolección estableciendo unos modelos de regresión lineal que permitan prever el rendimiento en aceite y el residuo disponible para biocombustible.

3. La caracterización colorimétrica de los aceites obtenidos de sus frutos mediante el método Azul de Bromotimol (ABT).

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

### 3.1 Descripción de la zona estudio

La recogida de muestras se realizó en varias parcelas pertenecientes al término municipal de Viver (Castellón). Aunque los árboles, debido a la distribución de la zona, no se encontraban en una única parcela la comparación entre cultivares es posible dado que todos ellos se integran en una única zona de cultivo con características edafoclimáticas idénticas. Las características más relevantes se resumen a continuación:

En cuanto a la geomorfología y relieve, la estructura física del término municipal de Viver viene determinada por dos elementos: la franja montañosa de la Sierra Javalambre, y el valle del curso medio del Río Palancia. Distinguimos en este término cinco unidades fisiográficas: ondulada, fuertemente ondulada, colinada, laderas suaves, laderas moderadas.

En base a la clasificación del USDA Soil Taxonomy encontramos, tanto suelos del orden Inceptisoles suborden Xerepts como Entisoles del tipo Orthents. Es decir, suelos jóvenes que, o bien no se han desarrollado, o bien comienzan a desarrollarse con horizontes de diagnóstico poco evolucionado. Este fenómeno se debe fundamentalmente a la erosión que elimina la parte más superficial del terreno.

A nivel de capacidad agrológica, la gran mayoría de los suelos del término municipal de Viver tienen capacidad de uso elevada, clase B, subclase Bfg (Antolín y otros, 1997), su principal factor limitante es una textura poco equilibrada con escasa materia orgánica y elevada proporción de carbonato cálcico en el perfil. Se trata de suelos pedregosos con un espesor efectivo que dificulta el desarrollo radicular de especies exigentes. Las limitaciones derivadas de la pendiente topográfica han podido ser reducidas por los agricultores mediante la técnica del abanalamiento, de ahí que gran parte de los cultivos de la zona se distribuyen de esta forma.

La hidrología de la zona se encuentra dentro del dominio de la Confederación Hidrográfica del Júcar. El río Palancia es el principal curso fluvial no solo de Viver, sino de toda la comarca, recorriéndola transversalmente de forma que constituye un eje vertebrador fisiográfico.

La región se enmarca dentro del clima mediterráneo, con temperaturas medias de entre 13°C y 17°C siendo la sequía estival uno de sus rasgos más singulares. En cuanto a precipitaciones se evidencia el incremento de las lluvias a lo largo del eje fluvial del Palancia en función de la altitud. De ahí que las zonas montañosas con orientaciones principalmente norte o noroeste favorables a las masas húmedas, reciban mayores precipitaciones. El reparto mensual de las lluvias es además más homogéneo con la altitud aunque sigue presentando una marcada sequía estival en los meses centrales de verano.

En cuanto a los vientos existe una clara tendencia estacional; en primavera y verano predominan los vientos de componente este, especialmente las brisas de SE y NE, debido a la mayor temperatura diurna de la tierra sobre el mar, mientras que en invierno y otoño ocurre lo contrario. Los vientos fuertes, registran un dominio casi absoluto hacia el final del otoño y en invierno, siendo por lo general, de componente W-NW. La velocidad del viento está comprendida, por lo general, entre 0 y 80 Km/h, aunque lo más frecuente es que permanezca entre 10 y 15 Km/h.

Si bien en la zona existen cultivos de regadío representados por árboles frutales, en particular nogales, olivos y cerezos, su importancia económica es muy inferior a la de los cultivos tradicionales de secano entre los que destacamos por encima del resto los cultivos de almendro y olivo. Según los datos del 2007 la agricultura representaba el 14,5% de la estructura productiva de la localidad.

### 3.2 Cultivares de olivo objeto de estudio

En el presente trabajo se realiza la caracterización de cuatro cultivares de olivo atendiendo, tanto a las características físicas de sus frutos, como a la caracterización colorimétrica de sus aceites que han sido extraídos mediante procedimientos mecánicos a partir de aceitunas procedentes de árboles representativos marcados en el término municipal de Viver.

Los cultivares objeto del estudio son:

#### CULTIVAR PICUAL

Es el cultivar más importante del mundo, representando más del 50 % de las aceitunas y árboles de España. Su difusión geográfica está claramente ligada a Andalucía, principal región productora a nivel mundial, y en concreto a las provincias de Jaén, Córdoba y Granada.

Barranco (2008) lo describe como un cultivar productivo y de entrada en producción precoz. Es un cultivar que se adapta a diversas condiciones de clima y suelo y es tolerante a las heladas, pero poco resistente a la sequía y a los terrenos muy calizos. Es sensible además a repilo, tuberculosis y mosca.

Su aceite es de calidad media aunque destaca por un alto índice de estabilidad y por un elevado contenido en ácido oleico.

#### CULTIVAR SERRANA

Cultivar originario del sur de la provincia de Castellón, de producción media, vecera y bastante rústico, con buena resistencia a la sequía y a las heladas (Iñiguez, 2001).

Presenta resistencia al desprendimiento lo que dificulta su recolección mecanizada. Aunque se trata de un cultivar de doble aptitud se destina principalmente a almazara, con un rendimiento graso elevado y una estabilidad de orden medio, produce aceites de excelente calidad, muy cotizados en los mercados (López-Cortés y Salazar, 2006).

#### CULTIVAR MORRUDA

Cultivar originario de la provincia de Tarragona y distribuido principalmente por las comarcas castellonenses del Alto Palancia, Baix Maestrat, Plana Alta y Alt Maestrat.

Presenta una entrada en producción lenta, se considera de producción baja. Su floración es muy temprana, con altos porcentajes de aborto ovárico, y sin embargo, su maduración muy tardía y escalonada lo deriva en una incidencia de ataques de mosca alta, siendo además muy susceptible al repilo. Se considera sensible al frío y a la sequía.

En cuanto a aceite tiene un rendimiento graso medio y baja estabilidad (López-Cortés y Salazar, 2006).

### CULTIVAR CUQUILLO

Se trata de un cultivar muy rústico, con gran capacidad de adaptación a suelos calizos y secos y resistencia alta a las heladas. Cultivar confundido con los Cuquillos originarios de Granada, este material de morfometría diferente está ampliamente difundido por todo el sureste peninsular.

Es muy productivo, de floración y maduración tardías, el fruto presenta una elevada fuerza de retención, lo que unido a su pequeño tamaño dificulta tanto la recolección manual como mecanizada. Se considera susceptible a repilo y tuberculosis.

Según Iñiguez (2001) en aceite es apreciado por su productividad, su elevado rendimiento graso y su excelente calidad.

La elección de los cultivares viene determinada por la importancia relativa de los mismos en la Comunidad Valenciana.

Si atendemos a la clasificación de los cultivares en función de su importancia relativa y su difusión en una zona determinada, podemos englobar tanto al cultivar Serrana como al Morruda dentro de los cultivares denominados principales, es decir, se trata de cultivares que ocupan una superficie importante dominando al menos en una comarca de la Comunidad. El cultivar Cuquillo, aun siendo base de plantaciones regulares en varias comarcas, no llega a predominar en ninguna de ellas por lo que se englobaría dentro de los cultivares secundarios. Del mismo modo, en lo que al cultivar Picual respecta, fue introducido en la Comunidad Valenciana con las repoblaciones realizadas a principios del siglo XX, se trata uno de los más importantes en el ámbito nacional, pero atendiendo exclusivamente a su difusión en la Comunidad Valenciana entraría en el grupo de cultivares secundarios (Iñiguez *et al.*, 2001).

## 3.3 Realización de la toma de muestras

### 3.3.1 Toma de muestras de los frutos

La toma de muestras de aceituna de cada cultivar se realizó en la campaña de 2013/14 y se llevó a cabo mediante la recolección manual de entre tres a cuatro kilogramos de fruto 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.

La toma de muestras se realiza para el conjunto de árboles seleccionados con una periodicidad semanal a partir del 25 de septiembre, con un total de siete muestras para cada cultivar a excepción del cultivar morruda que por ser más precoz solo se pudo muestrear 6 veces.

En cada una de las muestras se decidió recolectar los frutos para la extracción del aceite y las determinaciones pomológicas con un estado de madurez similar. Se recolectaron las muestras con un índice de maduración de entre tres y tres y medio (Frías *et al.*, 1975) de ahí

que, para no sobrepasar el límite de madurez, el cultivar Morruda fue recolectado un total de seis veces.

### 3.3.2 Extracción de las muestras de aceite

La extracción del aceite se realizó en todos los casos en un tiempo inferior a las 48 horas de la recogida de muestras siguiendo el sistema de extracción de laboratorio ABENCOR (Martínez et al., 1975) que presenta una gran similitud con los llamados sistemas continuos de extracción industrial y que consta de tres elementos fundamentales:

- Un molino de martillos de acero inoxidable.
- Una termobatidora, preparada expresamente para este fin a la que se le adaptó un baño modelo 461 de la marca Büchi.
- Una centrifuga, en el presente caso de estudio, con capacidad para cuatro muestras que funciona a 5.000 revoluciones por minuto de la marca MEDITRONIC (número de rotor 7009079).

En cuanto al procedimiento:

Inicialmente se muelen aproximadamente dos kilogramos de aceituna, la masa se recoge en una bandeja y con la ayuda de una paleta se homogeneiza convenientemente. Inmediatamente se introduce la pasta en la termobatidora y se somete a batido en baño de agua durante unos 30 minutos regulando el termostato para que la temperatura no supere los 20 °C.

Una vez finalizado el batido, la totalidad de la muestra se reparte en cuatro recipientes tarados introduciendo en cada uno de ellos idéntico peso de muestra. Introducimos los recipientes en la centrifuga durante cinco minutos a una velocidad de 5.000 revoluciones por minuto.

Una vez superado este tiempo, sacamos los recipientes de la centrifuga con cuidado de no volver a juntar las fases, los apoyamos en una superficie plana y con una jeringuilla extraemos las diferentes fases líquidas separando la que corresponde a aceite virgen de los alpechines. Depositamos el aceite en botes de cristal tipo PYREX de 100 mL de capacidad y posteriormente se decanta si es necesario.

Los botes PYREX se conservan en un lugar seco y en oscuridad para no degradar el color del aceite.

## 3.4 Medidas tomadas en el fruto

Una vez recogida la muestra de aceituna mediante el procedimiento comentado anteriormente, se lleva a al laboratorio y se vuelca en una bandeja para proceder a la selección manual de un número determinado de frutos representativos del cultivar. Si bien la norma de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) establece que los muestreos se realizarán de 50 frutos, con el objetivo de reducir el error experimental se han

tomado muestras de 100 frutos. Estos 100 frutos deben ser lo más homogéneos posible y no presentar síntomas de enfermedad o plaga.

Colocamos los 100 frutos en recipientes de cartón cuyas cavidades han sido previamente numeradas del 1 al 100 para poder realizar las mediciones individuales de las aceitunas.

Cada una de las aceitunas se pesa en una balanza de precisión modelo HF-2000 G, tomando nota de cada uno de los valores obtenidos expresado en gramos.

Posteriormente, con la ayuda de un pie de rey electrónico marca TESA se miden tanto el largo del fruto, como el ancho A y el ancho B, siendo la posición A según las normas UPOV aquella por la cual el órgano muestra la asimetría más acentuada. La posición B deriva de A por una rotación de 90 grados a lo largo del eje longitudinal de forma que la parte más desarrollada del órgano queda a la vista del observador. Estas medidas se expresan en milímetros.

Tras tomar todas las medidas anteriormente descritas se procede a separar el hueso de la pulpa de cada una de estas aceitunas, para ello las pelamos con un cuchillo y rascamos los huesos con un cepillo de cerdas metálicas con el objetivo de eliminar todo el mesocarpio que permanece pegado al mismo. Todas las observaciones sobre el hueso se hacen cuando este se encuentra bien limpio, sin restos de pulpa y completamente seco.

Con el mismo pie de rey utilizado previamente medimos el largo, el ancho A y el ancho B del endocarpio y anotamos los datos expresándolos en milímetros.

Este mismo procedimiento lo repetimos para cada uno de los cultivares estudiados y en cada una de las fechas de recolección de muestra. En dos meses se realizaron siete tomas de muestra de cada uno de los cultivares de aceituna a excepción del cultivar Morruda que por ser más precoz solo pudo muestrearse en seis ocasiones.

En la última fecha de muestreo de cada uno de los cultivares se realizó una caracterización de acuerdo a los parámetros establecidos por el protocolo pomológico UPOV (TG/99/4) de fecha 20 de octubre de 2011. La caracterización se llevó a cabo para los parámetros relativos al fruto y al endocarpio, claves UPOV 14 a 40 y se expuso en forma de tablas.

### 3.5 Determinación del color en aceite

Para determinar la variación del color de los aceites de oliva vírgenes obtenidos de las diferentes cultivares estudiados se ha utilizado la escala de índices colorimétricos propuesta en 1986 por Gutiérrez y Gutiérrez que se basa en una modificación del método ABT utilizado en el caso de aceites refinados. Desde el punto de vista de Tous (1992) esta escala presenta las siguientes ventajas:

- Se prepara fácilmente mezclando en cantidades variables dos soluciones 1/15 M de fosfato monopotásico con fosfato disódico. A la solución tampón resultante se le agregan cantidades crecientes entre 20 y 200 mL de azul de bromotimol al 6%.
- Sus colores son estables si se conservan las soluciones bien tapadas y en la oscuridad.
- No es necesario preparar la escala de color completa, nos podemos limitar a las tonalidades deseadas.

En la siguiente tabla se expresan las cantidades requeridas para formar un litro de la escala de color ABT modificada para aceites de oliva vírgenes (en mL).

**Tabla 8.** Índice para la obtención de color método ABT modificado.

Azul de bromotimol (6%)	Fosfato monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) (1/15 M)					
	950	925	900	875	850	825
200	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10
180	2/9	3/9	4/9	5/9	6/9	7/9
160	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8
140	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7
120	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	7/6
100	2/5	3/5	4/5	5/5	6/5	7/5
80	2/4	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4
60	2/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3
40	2/2	3/2	4/2	5/2	6/2	7/2
20	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1
	50	75	100	125	150	175
	Fosfato disódico ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (1/15 M)					

Fuente: Modificación método ABT de Gutiérrez González Quijano (1987)

La nomenclatura con la que se identifica cada índice de color en la tabla anterior se da en forma de fracción, en la cual el numerador equivale a un múltiplo de 25 mL de fosfato disódico y el denominador a un múltiplo de 20 mL de azul de bromotimol.

Para formar, por ejemplo, el color 3/4 se mezclan 75 mL (3x25 mL) de fosfato disódico, se completa hasta un litro con 925 mL de la solución de fosfato monopotásico y a la solución obtenida de ambos tampones se le añaden 80 mL (4x20 mL) de azul de bromotimol al 6% obteniendo un volumen total de 1,080 litros.

Preparamos la disolución de 1/15 M de fosfato monopotásico pesando 9,078 gramos de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y disolviéndolos en un litro de agua destilada.

Preparamos la disolución 1/15 M de fosfato disódico pesando 11,866 gramos de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y disolviéndolo en un litro de agua destilada.

La gama y tonalidades de color obtenidas pueden verse en el anexo 1. La comparación de los colores de aceite y sus patrones se ha realizado mediante la confrontación visual entre ambos, para ello se han empleado placas petri steriplan de iguales dimensiones (40x12mm) y calidad de vidrio sobre un fondo de color blanco.

Con el objetivo de obtener una gama más amplia de tonalidades amarillo-verdosas procedemos a realizar de nuevo la escala con una concentración mayor de azul de bromotimol, el 10%, y ampliamos el número de patrones estudiados desarrollando la tabla por la derecha.

**Tabla 9.** Índice para la obtención de color método ABT modificado (Azul de Bromotimol al 10%)

Azul de bromotimol (10%)	Fosfato monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) (1/15 M)							
	950	925	900	875	850	825	800	775
200	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10
180	2/9	3/9	4/9	5/9	6/9	7/9	8/9	9/9
160	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8	9/8
140	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7	8/7	9/7
120	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	7/6	8/6	9/6
100	2/5	3/5	4/5	5/5	6/5	7/5	8/5	9/5
80	2/4	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	8/4	9/4
60	2/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3	9/3
40	2/2	3/2	4/2	5/2	6/2	7/2	8/2	9/2
20	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1
	50	75	100	125	150	175	200	225
	Fosfato disódico ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (1/15 M)							

Fuente: Modificación método ABT de Gutiérrez González Quijano (1987)

### 3.6 Tratamiento estadístico de los datos

El tratamiento estadístico se realiza mediante el programa informático STATGRAPHICS X64 con el objetivo de determinar si existen o no diferencias significativas entre los caracteres morfométricos de los diferentes cultivares, para ello se ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95%.

Se completa el estudio con un análisis multivariado que muestra las correlaciones entre cada par de variables estudiado.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

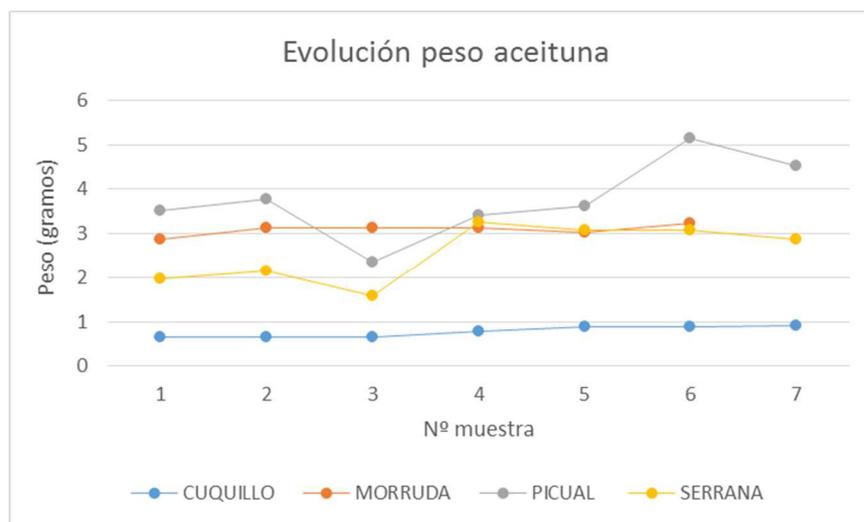
## 4.1 Comparación morfométrica del fruto

En este apartado se comparan las características principales del fruto de la aceituna para cada uno de los cultivares estudiados y en cada una de las fechas de recogida de muestra.

### 4.1.1 Evolución del peso del fruto

En el gráfico que se encuentra a continuación observamos la evolución del peso del fruto de cada uno de los cultivares estudiados desde el 25 de septiembre al 25 de noviembre de 2013.

**Figura 5.** Evolución peso del fruto



Destaca por encima del resto en cuanto a peso el cultivar Picual encontrándose en los momentos óptimos de maduración en valores de entorno a cinco gramos. Llama la atención el descenso del peso del fruto que sufre este cultivar, mucho más acentuado que el resto de los estudiados en esta zona, Picual es el único foráneo de entre los cultivares estudiados y en principio el menos adaptado a nuestras condiciones ecoambientales.

Los cultivares Morruda y Serrana son muy similares entre sí en lo que a peso se refiere, ambos alcanzan valores cercanos a tres gramos en maduración, pero, sin embargo, se observa que su tendencia de crecimiento es diferente, mientras que el cultivar Morruda apenas ganó peso entre la primera y la última fecha de muestreo, el cultivar Serrana si fue creciendo progresivamente en este intervalo de tiempo.

En cuanto al cultivar Cuquillo, su peso final alcanza valores que no llegan a superar al gramo, tratándose pues de una aceituna de muy poco peso.

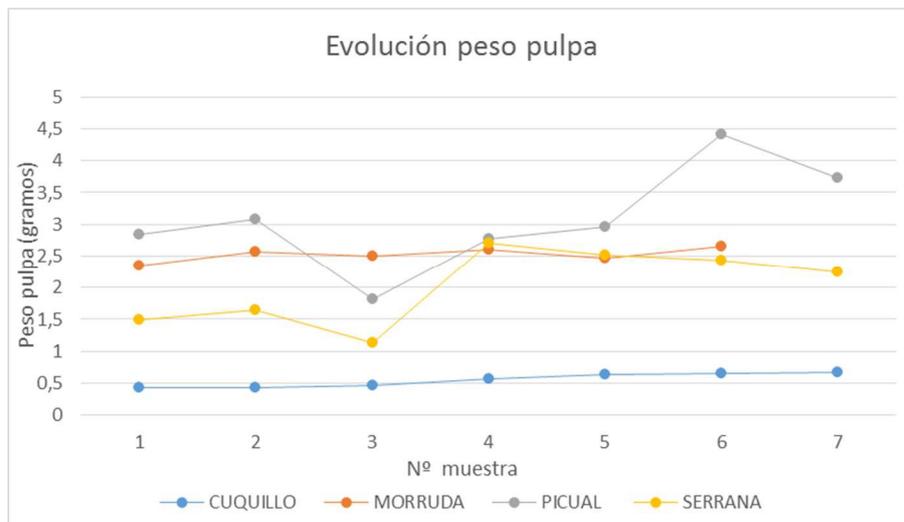
En general se observa que todos los cultivares a excepción de Cuquillo sufren una deshidratación progresiva una vez transcurrido el punto óptimo de maduración. Cuquillo es un cultivar ancestral (Rojas Clemente, 1815) que ha sufrido una mayor adaptación al medio, y, en

especial, a la sequía, lo que explicaría que su peso se mantuviese constante aún después del momento óptimo de recolección.

#### 4.1.2 Evolución del peso de la pulpa

En cuanto a la evolución del peso de la pulpa los resultados son muy similares a los de la evolución del peso del fruto dado que en el periodo estudiado el endocarpio ya se ha formado por completo y su peso no varía.

**Figura 6.** Evolución del peso de la pulpa



En el caso de Picual, de sus cinco gramos de peso en el punto de maduración prácticamente el 86% correspondían a pulpa, observando más acentuadamente la disminución de peso entre el muestreo 6 y 7, como ya se había constatado en el caso del peso del fruto. Los resultados de Morruda y Serrana de nuevo se pueden agrupar, en ambos casos el 83% del peso del fruto corresponde al peso de la pulpa. En cuanto a Cuquillo sorprende que el 73% del peso de la aceituna se corresponda con el peso de la pulpa, en este cultivar el peso de la aceituna es muy bajo pero el peso del endocarpio también lo es, de ahí, que el porcentaje de pulpa en cuanto al peso total no difiera mucho del resto de cultivares.

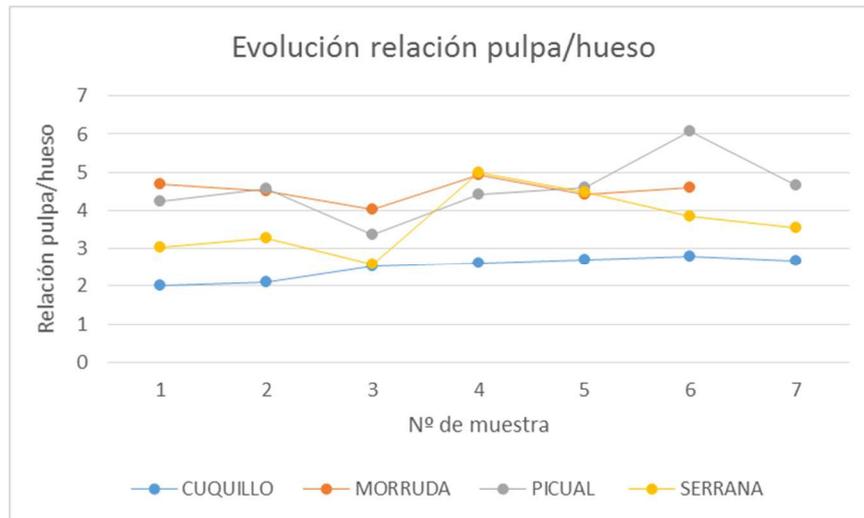
El descenso observado en el peso tanto del fruto como de la pulpa en la toma de datos número tres se corresponde con un ataque de mosca.

#### 4.1.3 Evolución de la relación pulpa/hueso

La evolución de la variable pulpa/hueso nos permite identificar el momento óptimo de recolección para cada uno de los cultivares estudiados, debiéndose llevar la aceituna a almazara cuando este parámetro es máximo, es decir antes de que la pulpa empiece a sufrir deshidratación, dados unos índices de maduración establecidos (en este caso el índice de

maduración está entre 3 y 3,5). El hecho de que la mayor parte del aceite (95-97%) se encuentre en el pericarpio hace destacar la importancia de este parámetro para la producción de aceite (Ortega *et. al*, 2004).

**Figura 7.** Evolución de la relación pulpa/hueso

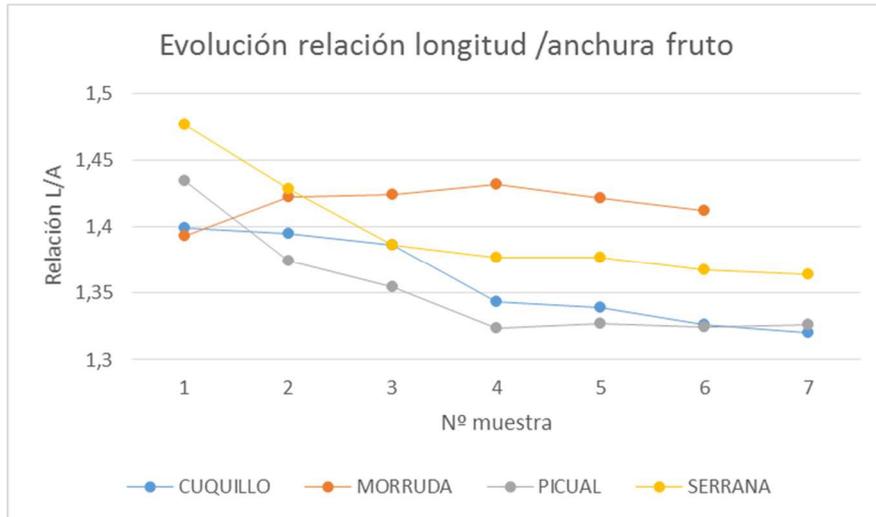


En cuanto a este parámetro, podemos diferenciar claramente dos grupos, un primer grupo de cultivares más tempranos que en el muestreo número cuatro (16 de octubre de 2013) ya se encontraban en su punto óptimo de recolección y que engloba tanto a Morruda como a Serrana; y, un grupo de cultivares más tardíos en el que se encuentran Cuquillo y Picual cuyo óptimo de recolección coincide con el sexto muestreo. En el anexo 2 se incluye el análisis LSD para cada uno de los cultivares.

En el caso de la totalidad de los cultivares estudiados la aceituna se recogió en una fecha posterior a la óptima. Llama especialmente la atención los casos de Picual y Serrana. El cultivar Picual se recogió una semana más tarde de su momento óptimo, en ese tiempo la relación pulpa/hueso disminuyó un 23%. El cultivar Serrana se recogió tres semanas después de la fecha óptima y en el transcurso de este tiempo la relación pulpa/hueso disminuyó un 30%.

#### 4.1.4 Esfericidad del fruto

La relación entre la longitud y la anchura del fruto permite expresar de forma cuantitativa la esfericidad de la aceituna. Además de ser una característica importante en la caracterización pomológica de un cultivar es un carácter relevante de cara a la doble aptitud de una aceituna, según los estudios realizados por Saracoglu en 2011, los consumidores buscan la esfericidad del fruto en aceituna de aderezo.

**Figura 8.** Evolución relación longitud/anchura del fruto

Los cultivares Cuquillo y Picual son los más esféricos con relaciones L/A inferiores a 1,35 por lo que sería interesante valorar su aptitud como aceituna de aderezo. Si bien el peso en pulpa del cultivar Cuquillo es muy bajo se trata de un cultivar ancestral que engloba un valor cultural y a la vez, que cuenta, en principio, con unas características deseables como aceituna de aderezo, deberían ser, por lo tanto, revisadas sus características organolépticas.

## 4.2 Caracterización del fruto mediante norma UPOV

A continuación se presentan una serie de fichas resumen donde se recopila la información acerca de las características del fruto y el endocarpio de cada uno de los cultivares de acuerdo con parte del protocolo pomológico propuesto por la UPOV (TG/99/4) de 20 de octubre de 2011.

Con el objetivo de completar dicha caracterización cualitativa se ha realizado una caracterización cuantitativa mediante un análisis estadístico de las siguientes variables: peso de la drupa, la pulpa y el endocarpio; relación pulpa/hueso; longitud y anchos (A y B) tanto del fruto como del endocarpio y relaciones L/A del fruto y del hueso. Los resultados estadísticos obtenidos de cada uno de los cultivares en su momento óptimo de recolección se presentan en forma de tabla en el anexo 3.

## CUQUILLO. CARACTERES DEL FRUTO

	CLAVE UPOV	VALOR UPOV
<b>Peso</b>	16	1
<b>Forma:</b>		
Longitud	14	1
Forma en posición A	17	1
Relación longitud anchura A	18	3
Anchura posición B	15	3
<b>Simetría posición A</b>	23	2
<b>Forma de la base posición A</b>	26	3
<b>Forma del ápice posición A</b>	24	3
<b>Protuberancia</b>	25	1
<b>Color:</b>		
Fruto no maduro: intensidad color verde	19	1
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1
Fruto no maduro: tamaño de lenticelas	20	1
Sobrecolor en plena madurez	22	3
<b>Época de comienzo madurez</b>	41	1
<b>Pruina de la superficie</b>	27	3

## CUQUILLO. CARACTERES DEL ENDOCARPIO

	CLAVE UPOV	VALOR UPOV
<b>Peso</b>	32	1
<b>Forma:</b>		
Longitud	29	1
Forma en posición B	28	1
Relación longitud anchura	31	1
Anchura posición B	30	3
<b>Simetrías:</b>		
Simetría posición A	33	1
Simetría posición B	34	1
<b>Forma de la base posición A</b>	39	2
<b>Forma del ápice posición A</b>	37	3
<b>Mucrón</b>	38	1
<b>Surcos fibrovasculares</b>		
Número de surcos en la base	35	2
Distribución de surcos en la base	36	1
<b>Rugosidad de la superficie</b>	40	1

## MORRUDA. CARACTERES DEL FRUTO

	CLAVE UPOV	VALOR UPOV
<b>Peso</b>	16	7
<b>Forma:</b>		
Longitud	14	7
Forma en posición A	17	1
Relación longitud anchura A	18	5
Anchura posición B	15	7
<b>Simetría posición A</b>	23	2
<b>Forma de la base posición A</b>	26	1
<b>Forma del ápice posición A</b>	24	3
<b>Protuberancia</b>	25	2
<b>Color:</b>		
Fruto no maduro: intensidad color verde	19	2
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	2
Fruto no maduro: tamaño de lenticelas	20	2
Sobrecolor en plena madurez	22	2
<b>Época de comienzo madurez</b>	41	1
<b>Pruina de la superficie</b>	27	3

## MORRUDA. CARACTERES DEL ENDOCARPIO

	CLAVE UPOV	VALOR UPOV
<b>Peso</b>	32	7
<b>Forma:</b>		
Longitud	29	7
Forma en posición B	28	3
Relación longitud anchura	31	3
Anchura posición B	30	5
<b>Simetrías:</b>		
Simetría posición A	33	2
Simetría posición B	34	2
<b>Forma de la base posición A</b>	39	1
<b>Forma del ápice posición A</b>	37	3
<b>Mucrón</b>	38	9
<b>Surcos fibrovasculares</b>		
Número de surcos en la base	35	1
Distribución de surcos en la base	36	2
<b>Rugosidad de la superficie</b>	40	1

## PICUAL. CARACTERES DEL FRUTO

	CLAVE UPOV	VALOR UPOV
<b>Peso</b>	16	7
<b>Forma:</b>		
Longitud	14	7
Forma en posición A	17	1
Relación longitud anchura A	18	5
Anchura posición B	15	7
<b>Simetría posición A</b>	23	3
<b>Forma de la base posición A</b>	26	3
<b>Forma del ápice posición A</b>	24	3
<b>Protuberancia</b>	25	2
<b>Color:</b>		
Fruto no maduro: intensidad color verde	19	2
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	1
Fruto no maduro: tamaño de lenticelas	20	2
Sobrecolor en plena madurez	22	3
<b>Época de comienzo madurez</b>	41	5
<b>Pruina de la superficie</b>	27	3

## PICUAL. CARACTERES DEL ENDOCARPIO

	CLAVE UPOV	VALOR UPOV
<b>Peso</b>	32	7
<b>Forma:</b>		
Longitud	29	7
Forma en posición B	28	3
Relación longitud anchura	31	2
Anchura posición B	30	5
<b>Simetrías:</b>		
Simetría posición A	33	3
Simetría posición B	34	2
<b>Forma de la base posición A</b>	39	2
<b>Forma del ápice posición A</b>	37	1
<b>Mucrón</b>	38	9
<b>Surcos fibrovasculares</b>		
Número de surcos en la base	35	2
Distribución de surcos en la base	36	1
<b>Rugosidad de la superficie</b>	40	3

## SERRANA. CARACTERES DEL FRUTO

	CLAVE UPOV	VALOR UPOV
<b>Peso</b>	16	7
<b>Forma:</b>		
Longitud	14	5
Forma en posición A	17	1
Relación longitud anchura A	18	5
Anchura posición B	15	7
<b>Simetría posición A</b>	23	3
<b>Forma de la base posición A</b>	26	3
<b>Forma del ápice posición A</b>	24	1
<b>Protuberancia</b>	25	1
<b>Color:</b>		
Fruto no maduro: intensidad color verde	19	1
Fruto no maduro: número de lenticelas	21	2
Fruto no maduro: tamaño de lenticelas	20	2
Sobrecolor en plena madurez	22	3
<b>Época de comienzo madurez</b>	41	3
<b>Pruina de la superficie</b>	27	3

## SERRANA. CARACTERES DEL ENDOCARPIO

	CLAVE UPOV	VALOR UPOV
<b>Peso</b>	32	7
<b>Forma:</b>		
Longitud	29	7
Forma en posición B	28	1
Relacion longitud anchura	31	2
Anchura posición B	30	5
<b>Simetrías:</b>		
Simetría posición A	33	1
Simetría posición B	34	1
<b>Forma de la base posición A</b>	39	1
<b>Forma del ápice posición A</b>	37	3
<b>Mucrón</b>	38	1
<b>Surcos fibrovasculares</b>		
Número de surcos en la base	35	1
Distribución de surcos en la base	36	1
<b>Rugosidad de la superficie</b>	40	1

#### 4.4. Análisis multivariado. Matrices de correlación.

Se establece a continuación una correlación entre las diferentes variables estudiadas para cada uno de los cultivares de olivo de manera que se pueda establecer un análisis más detallado de las características morfológicas de los mismos.

Las tablas que se exponen muestran las correlaciones 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 tienen un p-valor por debajo de 0,05 y por tanto, son significativos para un nivel de confianza del 95%

##### 4.4.1 Matriz de correlación cultivar Cuquillo

**Tabla 10.** Matriz de correlación cultivar Cuquillo

	Peso (g)	Longitud drupa (mm)	Ancho A drupa (mm)	Ancho B drupa (mm)	L/A drupa	Peso pulpa (g)	Pulpa/hueso	Peso hueso (g)	Longitud hueso (mm)	Ancho A hueso (mm)	Ancho B hueso (mm)	L/A hueso (mm)
Peso (g)		0,7008	0,7576	0,8465	-0,2227	0,9544	0,3511	0,5349	0,4033	0,5188	0,5764	-0,1693
Longitud drupa (mm)			0,5118	0,601	0,3288	0,6604	0,2199	0,3987	0,6706	0,2584	0,314	0,2849
Ancho A drupa (mm)				0,7867	-0,6375	0,7503	0,3438	0,328	0,1874	0,3601	0,3939	-0,1833
Ancho B drupa (mm)					-0,3639	0,8036	0,273	0,4648	0,2509	0,4747	0,4965	-0,2396
L/A drupa						-0,2465	-0,1766	-0,0231	0,4117	-0,1791	-0,1855	0,4841
Peso pulpa (g)							0,6017	0,2582	0,3301	0,4278	0,4267	-0,1335
Pulpa/hueso								-0,5666	-0,0124	-0,0192	-0,1396	0,0301
Peso hueso (g)									0,3707	0,468	0,6576	-0,1699
Longitud hueso (mm)										0,2789	0,275	0,5279
Ancho A hueso (mm)											0,6692	-0,6548
Ancho B hueso (mm)												-0,4498
L/A hueso (mm)												

En la matriz observamos que el valor que más relacionado está con el peso del fruto es el peso de la pulpa con un coeficiente de correlación de 0,9544.

Existe una mayor correlación entre la anchura del fruto y su peso que entre la longitud del mismo y su peso, teniendo el ancho B mayor correlación con el peso que el ancho A. El peso de un fruto, por tanto, está más relacionado con la anchura del mismo que con su longitud. Esta misma relación se da con el peso de la pulpa.

No existe una relación lineal fuerte entre la variable relación pulpa/hueso y las variables peso de la pulpa y peso del hueso.

Los coeficientes de correlación de la variable L/A de la drupa están en general muy cercanos a cero lo que hace pensar que la relación L/A del fruto sea una constante del cultivar. La relación L/A del hueso en encuentra en el mismo caso.

4.4.2 Matriz de correlación cultivar Morruda

**Tabla 11.** Matriz de correlación cultivar Morruda

	Peso (g)	Longitud drupa (mm)	Ancho A drupa (mm)	Ancho B drupa (mm)	L/A drupa	Peso pulpa (g)	Pulpa/hueso	Peso hueso (g)	Longitud hueso (mm)	Ancho A hueso (mm)	Ancho B hueso (mm)	L/A hueso (mm)
Peso (g)		0,6295	0,7422	0,813	-0,1655	0,9906	0,4074	0,7013	0,4008	0,5739	0,7136	-0,1411
Longitud drupa (mm)			0,2902	0,3152	0,5348	0,6172	0,2135	0,4742	0,7731	0,1511	0,2847	0,4652
Ancho A drupa (mm)				0,832	-0,6497	0,7226	0,2014	0,586	0,157	0,6428	0,6997	-0,3786
Ancho B drupa (mm)					-0,4991	0,8057	0,3198	0,5683	0,0993	0,6346	0,7056	-0,4196
L/A drupa						-0,1587	-0,0195	-0,1435	0,489	-0,4492	-0,3965	0,7168
Peso pulpa (g)							0,526	0,597	0,36	0,5164	0,6376	-0,1287
Pulpa/hueso								-0,3512	-0,079	-0,1001	-0,1552	0,0145
Peso hueso (g)									0,4738	0,6735	0,8611	-0,1563
Longitud hueso (mm)										0,1086	0,2275	0,6771
Ancho A hueso (mm)											0,737	-0,6535
Ancho B hueso (mm)												-0,3975
L/A hueso (mm)												

En este cultivar, la relación lineal entre el peso del fruto y el peso de la pulpa es de 0,9906; siendo por tanto el peso de la pulpa el parámetro que mejor explica el peso del fruto.

Tanto el peso del fruto como el peso de la pulpa tienen una relación lineal más importante con la anchura del fruto, en especial con la anchura B, que con la longitud del mismo.

No existe una relación lineal fuerte entre la variable relación pulpa/hueso y las variables peso de la pulpa y peso del hueso.

Las correlaciones de la variable L/A de la drupa con el resto de variables son poco importantes. Lo mismo ocurre con la relación L/A del hueso, de ahí que ambas relaciones sean probablemente características del cultivar.

4.4.3 Matriz de correlación cultivar Picual

**Tabla 12.** Matriz de correlación cultivar Picual

	Peso (g)	Longitud drupa (mm)	Ancho A drupa (mm)	Ancho B drupa (mm)	L/A drupa	Peso pulpa (g)	Pulpa/hueso	Peso hueso (g)	Longitud hueso (mm)	Ancho A hueso (mm)	Ancho B hueso (mm)	L/A hueso (mm)
Peso (g)		0,4801	0,617	0,5433	-0,2099	0,9937	0,5877	0,5346	0,364	0,4426	0,4927	-0,02
Longitud drupa (mm)			0,5819	0,5696	0,3423	0,4358	0,0152	0,5689	0,5404	0,3494	0,3298	0,2075
Ancho A drupa (mm)				0,8645	-0,5613	0,5691	0,0741	0,6623	0,3249	0,5085	0,4711	-0,106
Ancho B drupa (mm)					-0,4168	0,5052	0,0934	0,5524	0,2552	0,4124	0,3465	-0,0939
L/A drupa						-0,1999	-0,0629	-0,1781	0,1857	-0,2253	-0,2002	0,3376
Peso pulpa (g)							0,6728	0,4368	0,3018	0,3861	0,4424	-0,0288
Pulpa/hueso								-0,357	-0,1924	-0,1098	-0,0608	-0,0668
Peso hueso (g)									0,6472	0,6427	0,62	0,0572
Longitud hueso (mm)										0,2606	0,2729	0,6594
Ancho A hueso (mm)											0,721	-0,551
Ancho B hueso (mm)												-0,3276
L/A hueso (mm)												

El coeficiente de correlación en este cultivar entre el peso de la drupa y el peso de la pulpa es 0,9937; existe por tanto entre ambos una fuerte relación lineal.

Pese a que, como en los casos anteriores, la correlación entre la anchura y el peso del fruto es superior a la correlación entre la longitud y el peso del mismo, en el cultivar Picual, los valores de los coeficientes de correlación son menores y por tanto la relación lineal entre estos parámetros es menos fuerte que en los otros cultivares.

Del mismo modo que ocurría en los cultivares analizados previamente, los coeficientes de correlación de la variable pulpa/hueso con el resto de variables se alejan de 1 y -1, y por tanto, la variable pulpa/hueso se podría considerar como una constante con respecto a las variables morfológicas estudiadas. No existe además una relación lineal entre el peso de la pulpa y el peso del hueso.

Esto mismo ocurre en el caso de la relación L/A de la drupa y L/A del hueso.

4.4.4 Matriz de correlación cultivar Serrana

Tabla 13. Matriz de correlación cultivar Serrana

	Peso (g)	Longitud drupa (mm)	Ancho A drupa (mm)	Ancho B drupa (mm)	L/A drupa	Peso pulpa (g)	Pulpa/hueso	Peso hueso (g)	Longitud hueso (mm)	Ancho A hueso (mm)	Ancho B hueso (mm)	L/A hueso (mm)
Peso (g)		0,8422	0,8121	0,8406	-0,1048	0,9938	0,606	0,6155	0,356	0,325	0,3122	0,04
Longitud drupa (mm)			0,6371	0,6706	0,282	0,8404	0,5423	0,4941	0,4206	0,2476	0,2276	0,1881
Ancho A drupa (mm)				0,9017	-0,5578	0,8145	0,5431	0,4472	0,206	0,2128	0,2677	0,0045
Ancho B drupa (mm)					-0,4012	0,8356	0,502	0,5161	0,2374	0,3209	0,2485	-0,0809
L/A drupa						-0,1105	-0,0989	-0,0195	0,1983	0,0066	-0,0848	0,1942
Peso pulpa (g)							0,6895	0,5243	0,2967	0,261	0,2853	0,0431
Pulpa/hueso								-0,2466	-0,2054	-0,2665	0,0021	0,0567
Peso hueso (g)									0,6255	0,6404	0,3695	0,0008
Longitud hueso (mm)										0,5388	0,2557	0,5049
Ancho A hueso (mm)											0,4298	-0,4506
Ancho B hueso (mm)												-0,1892
L/A hueso (mm)												

La variable que mayor correlación tiene con el peso del fruto es, también en este caso, el peso de la pulpa con un coeficiente de correlación de 0,9938.

En este cultivar, la variable pulpa/hueso sí parece presentar una relación lineal aunque de tipo bastante débil, tanto con el peso del fruto como con el peso de la pulpa, aunque no con el peso del endocarpio.

La correlación entre la anchura del fruto y el peso del mismo es muy similar a la correlación entre la longitud del fruto y su peso. En este cultivar por tanto, la anchura no está más correlacionada con el peso que la longitud como ocurría en los casos anteriores.

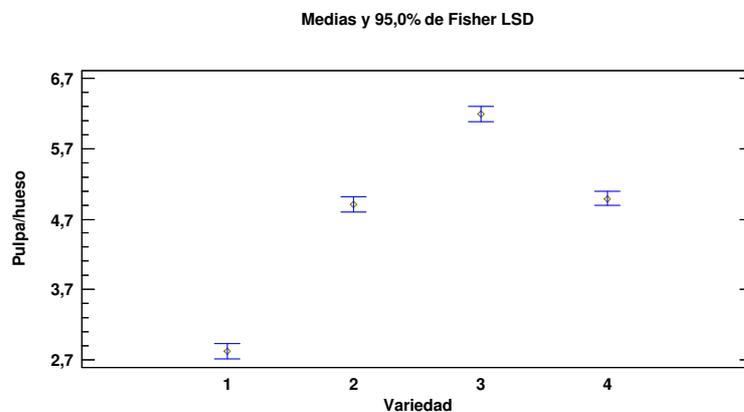
Las variables L/A drupa y L/A del endocarpio, al igual que en los cultivares previos, no presentan relación lineal con el resto de variables y por tanto se podrían considerar constantes con respecto a estas variables.

4.5 Análisis de la varianza.

Con el objetivo de determinar si las relaciones pulpa/hueso, L/A de la drupa y L/A del endocarpio se pueden considerar parámetros distintivos de cada uno de los cultivares estudiados se realizó un análisis de la varianza de estas tres relaciones.

4.5.1 Análisis de la varianza de la variable pulpa/hueso

**Figura 9.** Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso



**Tabla 14.** Prueba de múltiples rangos de la variable pulpa/hueso

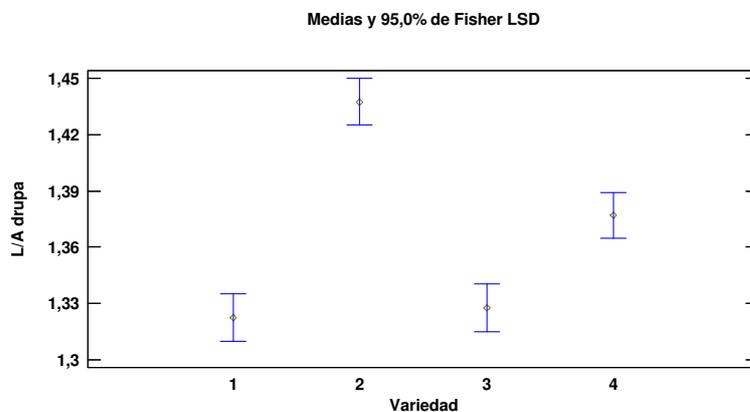
	Nº de casos	Media	Grupos Homogéneos
Cuquillo	100	2,81542	X
Morruda	100	4,90352	X
Serrana	100	4,99377	X
Picual	100	6,1949	X

Estadísticamente, en cuanto a las relaciones medias pulpa/hueso de los cuatro cultivares estudiados, y con un nivel de confianza del 95% se distinguen tres grupos homogéneos.

En un primer grupo encontramos al cultivar Cuquillo con una relación pulpa/hueso media significativamente inferior de la del resto de cultivares. El segundo grupo engloba a Morruda y Serrana cuyas relaciones pulpa/hueso no difieren entre sí. Y finalmente, en un tercer grupo destaca el cultivar Picual con una relación pulpa/hueso estadísticamente superior al resto.

4.5.2 Análisis de la varianza de la variable L/A drupa

**Figura 10.** Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable L/A drupa



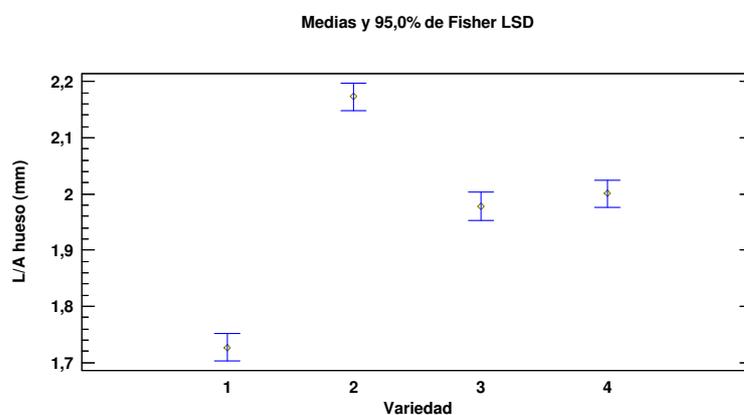
**Tabla 15.** Prueba de múltiples rangos de la variable L/A de la drupa

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cuquilo	100	1,32242	X
Picual	100	1,32783	X
Serrana	100	1,37711	X
Morruda	100	1,43752	X

El análisis de la varianza de la variable L/A de la drupa diferencia tres grupos en función de la esfericidad del fruto. No existen diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares Cuquillo y Picual por lo que se agrupan en un mismo conjunto homogéneo que se caracteriza por tener una relación L/A más pequeña que el resto de cultivares estudiados. El cultivar con mayor relación L/A de la drupa es Morruda y por lo tanto es el que se puede considerar más alargado o lo que es lo mismo, menos esférico.

#### 4.5.2 Análisis de la varianza de la variable L/A endocarpio

**Figura 11.** Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable L/A endocarpio



**Tabla 16.** Prueba de múltiples rangos de la variable L/A del endocarpio

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cuquillo	91	1,72721	X
Morruda	90	1,97805	X
Serrana	95	2,00045	X
Picual	94	2,17266	X

El cultivar Cuquillo presenta la relación longitud/anchura del endocarpio más pequeña. El cultivar Picual, pese a ser uno de los más esféricos en cuanto a su relación L/A de la drupa, es el que se caracteriza por tener la relación L/A del endocarpio más grande y por tanto el hueso más alargado de los cultivares estudiados. Los cultivares Serrana y Morruda no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellos en cuanto a este parámetro de caracterización.

#### 4.6 Análisis de regresión múltiple

A continuación se presentan los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre el peso de la pulpa (expresado en miligramos) y la anchura y longitud del fruto (expresadas en milímetros). En el anexo 4 se adjuntan las figuras correspondientes de valores observados contra predichos.

**Tabla 17.** Modelo de regresión. Ecuaciones del peso de la pulpa

Cultivar	Variable dependiente	Ecuación	Error absoluto medio	Error estandar	R <sup>2</sup>
<b>Cuquillo</b>	Peso de la pulpa (mg)	Peso pulpa (mg) = -218,019 + 3,34095 anchura media <sup>2</sup> drupa + 4,8318 anchura media x longitud drupa	33,675	42,4002	79,79%
<b>Morruda</b>	Peso de la pulpa (mg)	Peso pulpa (mg) = -1089,45 + 4,84836 anchura media <sup>2</sup> drupa + 7,44222 anchura media x longitud drupa	106,193	134,911	89,04%
<b>Pical</b>	Peso de la pulpa (mg)	Peso pulpa (mg) = -58,6028 + 2,64748 longitud <sup>2</sup> drupa + 9,57709 anchura media <sup>2</sup> drupa	442,857	549,095	55,90%
<b>Serrana</b>	Peso de la pulpa (mg)	Peso pulpa (mg) = -1044,79 + 11,0141 anchura media x longitud drupa	131,645	161,805	86,79%

El p-valor de todos estos modelos es menor que 0,05 por lo que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95%

Gracias a las ecuaciones anteriores, tomando una muestra representativa de aceituna podemos predecir el número de kilogramos que entraran en almazara en una campaña determinada y por tanto una estimación de la producción de aceite que se puede obtener.

Los modelos también resultarían de utilidad de cara a una selección mecanizada de la aceituna en almazara, de forma que introduciendo las ecuaciones en la maquina esta pudiese descartar en base a relaciones peso volumen aceitunas afectadas por mosca o con otro tipo de deficiencias.

En los últimos años ha crecido el uso del endocarpio de la aceituna para biocombustible, por lo que resulta interesante ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre el peso del endocarpio (expresado en miligramos) con respecto a la anchura y longitud del fruto (expresados en milímetros) con el objetivo de poder predecir la cantidad de hueso de la que podremos disponer en una campaña determinada. En el anexo 4 se adjuntan las figuras correspondientes de valores observados contra predichos.

**Tabla 18.** Modelo de regresión. Ecuaciones del peso del endocarpio

Cultivar	Variable dependiente	Ecuación	Error absoluto medio	Error estandar	R <sup>2</sup>
<b>Cuquillo</b>	Peso del hueso (mg)	Peso hueso (mg) = -1067,57 - 25,4387 anchura media hueso <sup>2</sup> + 353,638 anchura media hueso + 1,5021 anchura media *longitud hueso	16,5675	23,1306	50,68%
<b>Morruda</b>	Peso del hueso (mg)	Peso pulpa (mg) = -1089,45 + 4,84836 anchura media <sup>2</sup> drupa + 7,44222 anchura media x longitud drupa	27,749	39,3717	76,66%
<b>Pical</b>	Peso del hueso (mg)	Peso hueso (mg) = 2535,59 + 1,33651 longitud <sup>2</sup> hueso - 652,589 anchura media hueso + 46,2905 anchura media hueso <sup>2</sup>	46,4996	60,9712	75,13%
<b>Serrana</b>	Peso del hueso (mg)	Peso hueso (mg) = 1206,25 - 320,032 anchura media hueso + 23,7572 anchura media hueso <sup>2</sup> + 3,16169 anchura media x longitud hueso	29,2492	38,2895	63,47%

El p-valor de todos estos modelos es menor que 0,05 por lo que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95%.

La bondad del ajuste de las ecuaciones obtenidas para los cultivares Cuquillo y Serrana no es demasiado alta por lo que, pese a que la relación entre variables es estadísticamente significativa, el modelo para estos dos cultivares no se ajusta tan bien como los obtenidos para los cultivares Morruda y Picual.

#### 4.7 Caracterización del color de los aceites

Actualmente en España la norma UNE 55021 recoge que el método oficial de medida del color de los aceites es el método Azul de Bromotimol (ABT) que se basa en la confrontación visual de la muestra de aceite con un conjunto de patrones preestablecidos, los denominados patrones ABT. En función del porcentaje de Azul de Bromotimol (de 0 a 100% de ABT) que se utilice a la hora de preparar la escala de color obtendremos unas tonalidades u otras, por lo que, una de las principales características de esta escala es que es muy amplia.

Dentro de los amplios márgenes que ofrece la escala y basándonos en los resultados obtenidos por Tous (1992) preparamos la escala ABT completa con porcentajes de Azul de Bromotimol del 6% y 10% (la escala de color obtenida puede verse en el anexo 1). Los resultados de la caracterización obtenidos mediante la confrontación visual realizada de forma individual por 10 observadores se recogen en la siguiente tabla.

**Tabla 19.** Caracterización aceites según escala ABT

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Picual *		7/10	7/10	7/10	5/10	5/10
Serrana *		8/7	7/10	7/8		
Cuquillo *	7/10					
Morruda **			4/8	4/10		

\* ABT 10% \*\* ABT 6%

Los aceites que mejor se adaptan a las escalas obtenidas son los que proceden de los cultivares Picual y Serrana. Tal y como se desprende de la tabla anterior, los aceites de Morruda y en especial de Cuquillo no se adaptan a la colorimetría obtenida con estos porcentajes de ABT. Sería por tanto necesario adoptar una tabla particularizada que tuviese en cuenta no solo los cultivares en estudio sino también los ecosistemas en los que dichos cultivares se han desarrollado dado que como indicaban Tous y Romero (1992) la zona de cultivo es uno de los factores principales que influye en el color de los aceites.

## **5. CONCLUSIONES**

En base a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos en el apartado anterior concluimos:

1. Sobre la caracterización UPOV de los materiales en estudio y las observaciones realizadas concluimos:

- El cultivar Picual es el que cuenta con mayor peso de pulpa y mayor relación pulpa/hueso, seguido de los cultivares Serrana y Morruda y por último de Cuquillo.
- La variable que mayor correlación lineal tiene con el peso de la drupa es el peso de su pulpa. La correlación entre el ancho del fruto y el peso del mismo es superior a la correlación entre la longitud del fruto y su peso.
- Dado que las correlaciones entre la relación pulpa/hueso y el resto de variables estudiadas es débil se considera que se trata de una constante del cultivar de gran utilidad de cara a su caracterización. Lo mismo ocurre con las relaciones longitud/anchura de la drupa y longitud/anchura del endocarpio.
- En base a los parámetros estudiados, el momento óptimo de recolección de Morruda y Serrana coincide y se sitúa en esta campaña en la última semana de octubre. Picual y Cuquillo maduran ligeramente más tarde, la segunda semana de noviembre.
- En cuanto a la esfericidad del fruto, los cultivares Cuquillo y Picual cuentan con relaciones longitud/anchura muy inferiores a las que presentan Serrana y en especial Morruda. Cuquillo, por no presentar mucrón podría resultar interesante en aceituna de aderezo.

2. En cuanto a la evolución del comportamiento de los cuatro cultivares en estudio en los dos meses previos a su recolección:

- El cultivar Morruda es el que menos cambios sufre en su evolución del peso, seguido de Cuquillo. Picual y Serrana sí presentan importantes aumentos de peso.
- Tras el óptimo de recolección, todos los cultivares a excepción de Cuquillo tienden a deshidratarse lo que puede demostrar la mayor adaptabilidad del Cuquillo a nuestras condiciones ecoambientales.
- La relación L/A de la drupa de los diferentes cultivares decrece a medida que el fruto va ganando peso. Lo cual indica que en la maduración los frutos tienden a la esfericidad.
- Se han establecido dos modelos de regresión lineal, uno para preveer la proporción de pulpa para la obtención de aceite y otro, que determina la cantidad de endocarpio con destino biocombustible.

3. Se ha determinado que la caracterización colorimétrica ABT de los aceites es una herramienta adicional, útil para la almazara de cara a la determinación del momento óptimo de recolección de los cultivares, pero la escala a adoptar en cada caso debe ser particularizada al cultivar y tener en cuenta el ecosistema del que proviene.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- ACEVEDO-COUTHINHO, L. (1956). *Subsidio para o studio cardiologico de Olea Europaea L.* Lisboa: Gen. Iber.
- AGUSTI, M. (2004). *Fruticultura*. Madrid: Mundi-prensa.
- ALOS, E., CERCOS, M., RODRIGO, M., ZACARIAS, L., & TALÓN, M. (2006). Regulation of colour break in citrus fruit. Changes in pigment profiling and gene expression induced by gibberelins and nitrates, two ripening retardants. *Journal of agricultural and chemistry industry*, 54, 4888-4895.
- AMANE, M., LUMARET, R., OUAZZANI, N., & DEBAIN, C. (2000). *Chloroplast DNA variation in the wild and cultivated olives (Olea europaea L.) of Morocco*. Casablanca : Euphytica.
- ANTOLÍN, C., AÑÓ, C., CARBÓ, E., & ÁLVAREZ, D. (1997). Capacidad de uso del suelo en la Comunidad Valenciana. Una aproximación a la planificación territorial. *Boletín de la sociedad española de la ciencia del suelo*, 3-2, 387-392.
- BARRANCO, D., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., & RALLO, L. (2008). *El cultivo del olivo*. Córdoba: Mundi-prensa.
- BELAJ, A., CABALLERO, J., BARRANCO, D., RALLO, L., & TRUJILLO, I. (2003). Genetic characterization and identification of new accessions from Syria in an olive germplasm bank by means of RAPD markers. *Euphytica*, 261-268.
- BESNARD, G., KHADARI, P., BADARAT, P., & BERVILLÉ, A. (2000). Multiple origins for Mediterranean olive (*Olea europaea L. spp europaea*) based upon mitochondrial DNA polymorphisms. *Sciences de la vie*, 323, 173-181.
- BLAQUEZ, J. (1996). Evolución e historia. En *Enciclopedia mundial del olivo* (págs. 19-30). Madrid: Consejo Oleico Internacional.
- CABALLERO, P., DE MIGUEL, M., & FERNÁNDEZ, M. (2006). La gestión del minifundio a través de las cooperativas en la Comunidad Valenciana. *Revista de economía pública, social y cooperativa*, 55, 193-220.
- CHEVALIER, A. (1948). L'origine de l'olivier cultivé et ses variations. *Rev. Int. de Bot. Appl. et d'Agriculture*, 303-304.
- CONSEJO OLEICOLA INTERNACIONAL. (23 de marzo de 2014). *Consejo Oleicola Internacional*. Obtenido de <http://www.internationaloliveoil.org/>

- CONSELLERIA DE PRESIDENCIA, AGRICULTURA, PESCA, ALIMENTACIÓN Y AGUA DE LA GENERALITAT VALENCIANA. (13 de Enero de 2014). Obtenido de <http://www.agricultura.gva.es>
- DAHLGREN, R. (1980). A revised system of classification of angiosperms. *Bot. J, Linn*, 80, 91-124.
- DCOOP. (2014). La superficie de olivar en España sigue estable en 2,58 millones de hectáreas. *DCOOP*, 10-11.
- ESQUINAS, J. (1993). La diversidad genética como material básico para el desarrollo agrícola. En J. CUBERO, & M. MORENO, *La agricultura del siglo XXI* (págs. 79-102). Madrid: Mundi-prensa.
- FERNÁNDEZ, J., MORENO, F., CABRERA, F., ARRUE, J., & MARTÍN-ARANDA, J. (1991). Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of the olive trees. *Plant and soil*, 133, 239-251.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2013). *Production crop*. FAOSTAT. Obtenido de <http://faostat.fao.org/>
- FRIAS, L., GARCIA-ORTIZ, A., HERMOSO, M., JIMENEZ, A., LLAVERO, P., BERNARDIO, J., & UCEDA, M. (1990). *Analista de laboratorio de almazara*. Jaén: Junta de Andalucía.
- FUENTES DE MENDOZA, M. (2013). Caracterización de los aceites de oliva virgen producidos en la zona oleícola de Tierra de Barros. En I. t. Extremadura. Badajoz: Universidad de Extremadura .
- GUTIÉRREZ, R., & GUTIÉRREZ, F. (1986). Método rápido para definir y clasificar el color de los aceites de oliva vírgenes. *Grasas y aceites*, 37, 282-284.
- IÑIGUEZ, A., PAZ, S., & ILLA, F. (2001). *Variedades de olivo cultivadas en la Comunidad Valenciana* . Valencia: Generalitat Valenciana Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentació.
- LÓPEZ-CÓRTEZ, I., & SALAZAR, D. M. (2006). *Variedades de Olivo y composición de sus aceites en el Oeste del Mediterráneo*. Phytoma.
- MARTINEZ, F., MOYANO, M., ALBA, J., RUIZ, M., HIDALGO, F., & HEREDIA, F. (1999). Método rápido de obtención de aceite de oliva virgen para determinación de aceite . *Grasas y aceites*, 50, 122-126.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. (2013). *Encuesta de superficies y rendimientos de cultivos*. Madrid: MAGRAMA.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. (27 de Enero de 2014).  
Obtenido de <http://www.magrama.gob.es/es/>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. (4 de Febrero de 2014).  
*Agencia de Información y Control Alimentarios*. Obtenido de [aplicaciones.magrama.es/pwAgenciaAO/index.jsp](http://aplicaciones.magrama.es/pwAgenciaAO/index.jsp)
- MORETTINI, A. (1972). *Olivicoltura*. Roma: Ramo Editorial Degli Agricoltori.
- NORMA UNE 55021:1963. (15 de Julio de 1963). Índice de color A.B.T. AENOR.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. (13 de enero de 2014). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/home/es/>
- ORTEGA, D., BELTRÁN, G., AGUILERA, M., & UCEDA, M. (2004). Influencia del régimen hídrico en la formación de aceite en Arbequina. *Vida rural*, 60.
- PAGLIARINI, E., STRAMBA, P., & SEMERIA, L. (1994). Study of the subjective affective meaning and motivational aspects towards extra virgin olive oil. *Grasas y aceites*, 45, 65-67.
- RALLO, L., BARRANCO, D., CABALLERO, J., DEL RÍO, C., MARTÍN, A., TOUS, J., & TRUJILLO, I. (2005). *Variedades de olivo en España*. Madrid: Junta de Andalucía, MAPA y Ediciones Mundi-prensa.
- RALLO, P., MARTIN, A., & DORADO, G. (2005). Identificación de variedades de olivo por marcadores moleculares SSRs. En L. Rallo, & D. e. Barranco, *Variedades de olivo en España Libro III: Mejora genética y biotecnología* (págs. 221-225). Madrid : Mundi-Prensa.
- REGLAMENTO (CEE) nº 2568/91 DE LA COMISIÓN. (11 de julio de 1991). Características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. L.248. *Anexos II y III*. Diario oficial de las Comunidades Europeas.
- REGLAMENTO (CEE) nº 282/98 DE LA COMISIÓN. (3 de Febrero de 1998). Modificación reglamento 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos. Diario oficial de las Comunidades Europeas.
- RIUS, X., & LACARTE, J. (2010). *La revolución del olivar.El cultivo en seto*. Madrid: El autor.
- RODRIGUEZ DE LA BARBOLLA, J., FERNÁNDEZ, J., & GONZÁLEZ, F. (1955). Cambios en la composición de la aceituna durante su desarrollo. *Grasas y aceites*, 6, 5-22.

- SARACOGLU, T., UCER, N., & OZARSLAN, C. (2011). Engineering Properties and Susceptibility to Bruising Damage of Table Olive (*Olea europaea*) Fruit. *International Journal of agriculture and biology*, 13, 801-805.
- STEBBINS. (1975). Flowering plants: evolution above the species. En D. ROSEN, & R. SCHUH, *Systematic zoology* (pág. 399). Cambridge: Taylor & Francis Ltd.
- TAKHTAJAN, A. (1980). Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). *Botanical review*, 46, 225-2359.
- TOUS, J. (2009). *Algunas contribuciones sobre Olivicultura y Elaiotecnia desde la perspectiva de la experiencia*. Madrid: GEA Westfalia Separator Andalucía, S.L.
- TOUS, J., & ROMERO, A. (1992). Caracterización del color de los aceites de oliva vírgenes de cultivares catalanes. *Grasas y Aceites*, 43, 347-350.
- UPOV. (2011). *Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad del olivo. TG/99/4*. Ginebra: Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones vegetales.
- VAVILOV, N. (1951). *Studies in the origin of cultivated plants*. Leningrado: Ed. leningrado.
- VERNET, J. (1990). *Man and vegetation in the mediterranean area during the last 2000 years*. Dodrecht: Kluwer Ac. Press.

## **7. ANEXOS**

## 7.1 Anexo 1. Gama de tonalidades de color obtenidas mediante escala ABT

Figura 12. Escala ABT obtenida con 6% de ABT.

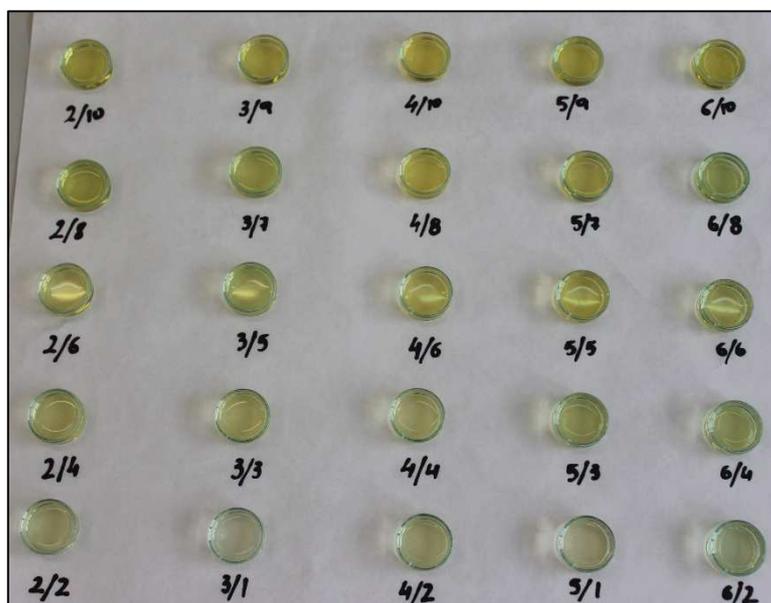
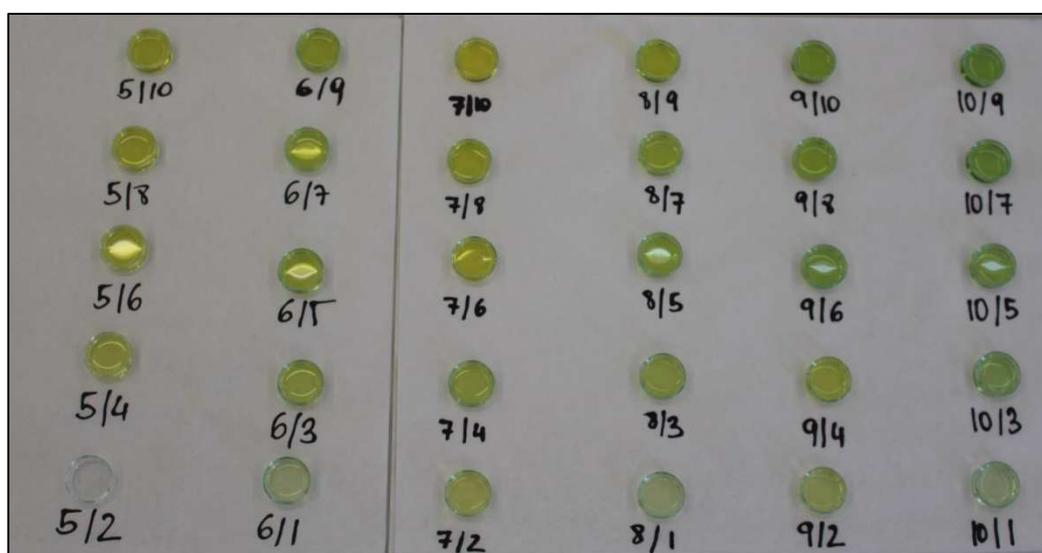


Figura 13. Escala ABT obtenida con 10% de ABT.

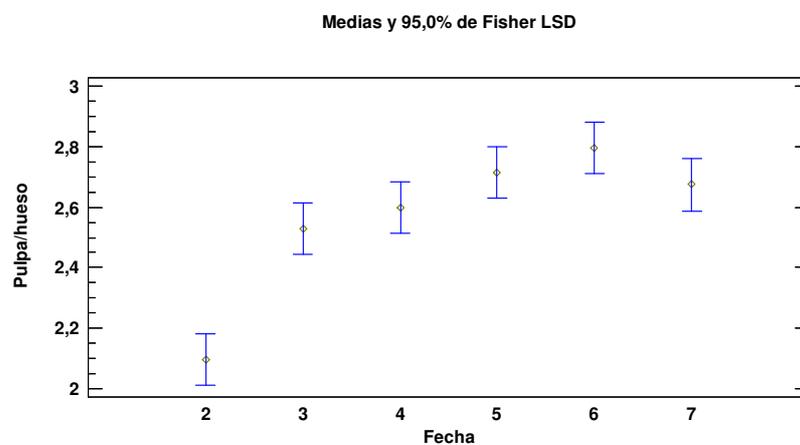


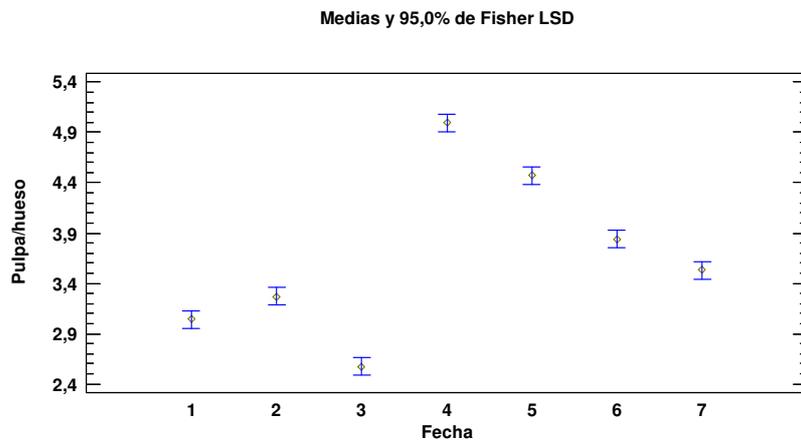
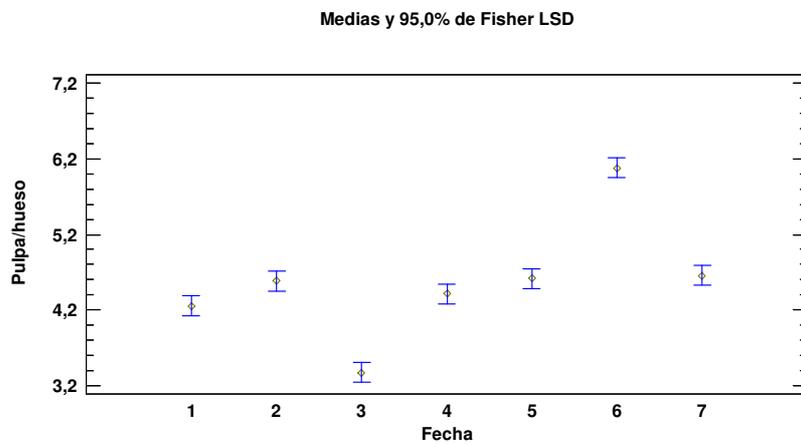
**Figura 14.** Color de los aceites obtenidos en cada muestreo para cada cultivar

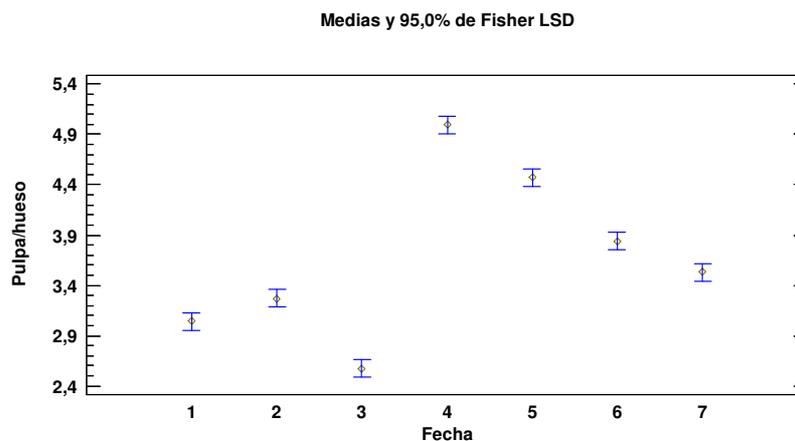


## 7.2 Anexo 2. Determinación momento óptimo de maduración

**Figura 15.** Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso en Cuquillo



**Figura 16.** Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso en Morruda**Figura 17.** Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso en Picual

**Figura 18.** Gráfico de medias e intervalos LSD de la variable pulpa/hueso en Serrana

### 7.3 Anexo 3. Principales parámetros estadísticos del fruto en el momento óptimo de maduración

En las tablas que se muestran a continuación se exponen los principales estadísticos de cada una de las variables medidas.

**Tabla 20.** Análisis estadístico cultivar Cuquillo

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
Peso (g)	100	0,888557	0,115163	12,96%	0,5	1,17	0,67	-0,533471	1,3389
Longitud drupa (mm)	100	12,6478	0,610876	4,83%	11,09	13,99	2,9	0,340989	-1,00189
Ancho A drupa (mm)	100	9,55309	0,590671	6,18%	8,42	12,08	3,66	6,1877	10,8626
Ancho B drupa (mm)	100	9,27711	0,503577	5,43%	7,96	10,81	2,85	-0,00210323	0,677666
L/A drupa	100	1,32662	0,0683729	5,15%	1,05638	1,48079	0,424406	-3,88032	5,79987
Peso pulpa (g)	100	0,651546	0,10072	15,46%	0,29	0,88	0,59	-1,13599	1,48344
Pulpa/hueso	100	2,7955	0,551916	19,74%	1,38095	5,28571	3,90476	4,91948	10,7583
Peso hueso (g)	100	0,23701	0,0355951	15,02%	0,14	0,38	0,24	2,38626	4,50129
Longitud hueso (mm)	100	10,6847	0,61184	5,73%	9,26	12,4	3,14	0,254143	-0,232995
Ancho A hueso (mm)	100	6,20227	0,439039	7,08%	5,33	8,94	3,61	10,432	29,5311
Ancho B hueso (mm)	100	5,95763	0,347373	5,83%	5,21	6,85	1,64	1,40519	-0,00236899
L/A hueso (mm)	100	1,72826	0,120947	7,00%	1,18233	2,03515	0,852823	-3,99839	7,5301

Tabla 21. Análisis estadístico cultivar Morruda

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
Peso (g)	100	3,12778	0,475848	15,21%	2,01	4,31	2,3	0,740375	-0,539019
Longitud drupa (mm)	100	22,2553	1,42155	6,39%	18,23	26	7,77	0,521833	1,06024
Ancho A drupa (mm)	100	15,6008	1,09592	7,02%	12,76	18,4	5,64	0,586647	-0,0691309
Ancho B drupa (mm)	100	15,073	1,00727	6,68%	12,71	17,41	4,7	0,526713	-0,947704
L/A drupa	100	1,43169	0,113927	7,96%	1,10746	1,73509	0,627634	-0,310696	0,755781
Peso pulpa (g)	100	2,59576	0,422855	16,29%	1,59	3,67	2,08	0,455739	-0,261807
Pulpa/hueso	100	4,91672	0,709196	14,42%	3,41975	6,75676	3,337	1,53841	-0,0616549
Peso hueso (g)	100	0,53202	0,0812527	15,27%	0,36	0,81	0,45	3,67685	2,29025
Longitud hueso (mm)	100	16,9753	1,29846	7,65%	13,32	20,26	6,94	-1,33997	0,416884
Ancho A hueso (mm)	100	7,85283	0,608021	7,74%	6,74	9,98	3,24	3,87155	1,90995
Ancho B hueso (mm)	100	7,44636	0,494965	6,65%	6,5	8,6	2,1	2,95476	-0,272932
L/A hueso (mm)	100	2,17261	0,218342	10,05%	1,55862	2,6234	1,06477	-1,1297	-0,490241

Tabla 22. Análisis estadístico cultivar Picual

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
Peso (g)	100	5,1437	0,956805	18,60%	2,68	7,33	4,65	0,260727	-0,44152
Longitud drupa (mm)	100	23,849	1,58628	6,65%	18,85	27,59	8,74	-0,644028	0,998947
Ancho A drupa (mm)	100	18,0586	1,35714	7,52%	14,04	20,77	6,73	-0,929507	0,134946
Ancho B drupa (mm)	100	17,3888	1,47798	8,50%	11,93	20,55	8,62	-2,33246	3,05636
L/A drupa	100	1,32427	0,0868199	6,56%	1,10055	1,67048	0,569925	1,63298	4,28434
Peso pulpa (g)	100	4,4102	0,898874	20,38%	2,22	6,42	4,2	-0,138977	-0,606578
Pulpa/hueso	100	6,07901	1,16023	19,09%	2,53409	8,45902	5,92493	-1,12308	0,501745
Peso hueso (g)	100	0,7335	0,118904	16,21%	0,46	1,13	0,67	1,83957	0,961554
Longitud hueso (mm)	100	17,1821	1,2804	7,45%	12,66	20,54	7,88	-1,60557	2,26589
Ancho A hueso (mm)	100	8,7151	0,590096	6,77%	7,22	10,37	3,15	0,190054	-0,419608
Ancho B hueso (mm)	100	8,0756	0,532143	6,59%	6,98	9,34	2,36	1,22466	-0,668393
L/A hueso (mm)	100	1,97784	0,170871	8,64%	1,4743	2,31465	0,840346	-0,335433	-0,357028

Tabla 23. Análisis estadístico cultivar Serrana

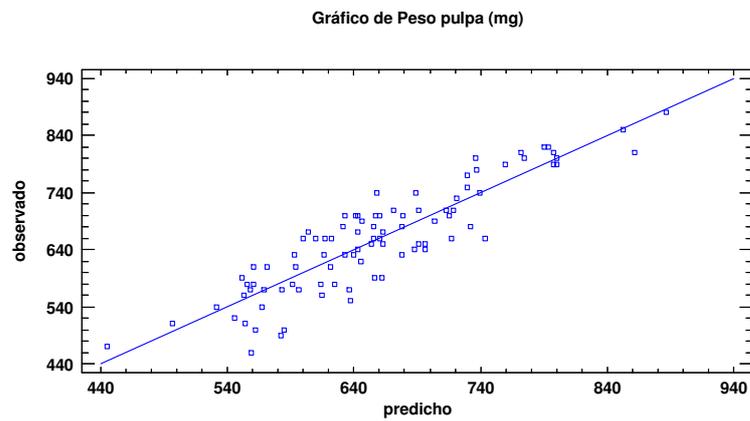
	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
Peso (g)	100	3,25344	0,47616	14,64%	2,17	4,33	2,16	-0,0653259	-0,685815
Longitud drupa (mm)	100	21,7478	1,2157	5,59%	17,61	24,01	6,4	-2,32222	0,936003
Ancho A drupa (mm)	100	15,8201	1,02763	6,50%	13,66	17,75	4,09	-0,956356	-1,25328
Ancho B drupa (mm)	100	15,4855	1,07643	6,95%	13,2	17,73	4,53	-0,767967	-1,06153
L/A drupa	100	1,37734	0,0737407	5,35%	1,23026	1,60873	0,378463	2,88707	2,0167
Peso pulpa (g)	100	2,70865	0,440704	16,27%	1,68	3,66	1,98	-0,300339	-0,879212
Pulpa/hueso	100	4,99246	0,740106	14,82%	3,31579	6,85	3,53421	0,580259	-0,24694
Peso hueso (g)	100	0,544792	0,0620183	11,38%	0,4	0,67	0,27	-1,69112	-0,233126
Longitud hueso (mm)	100	16,102	1,0211	6,34%	11,36	17,93	6,57	-5,52338	9,52825
Ancho A hueso (mm)	100	8,05967	0,508271	6,31%	5,85	9,97	4,12	-2,82137	11,165
Ancho B hueso (mm)	100	7,20958	0,834817	11,58%	0,18	8,15	7,97	-26,0472	107,362
L/A hueso (mm)	100	2,00116	0,117638	5,88%	1,55366	2,35618	0,802522	-0,507888	4,5697

Figura 20. Esfericidad del endocarpio

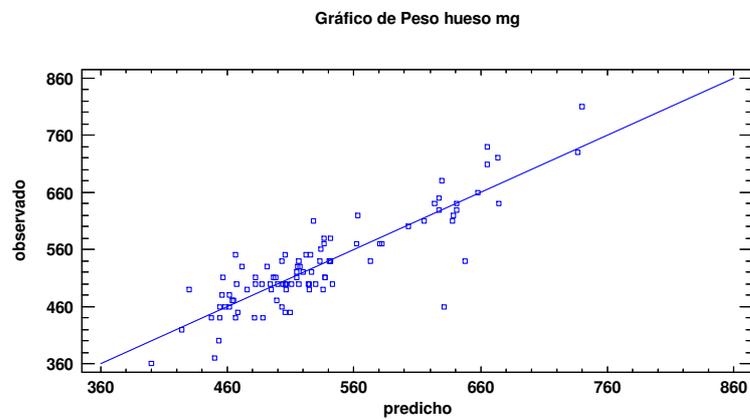


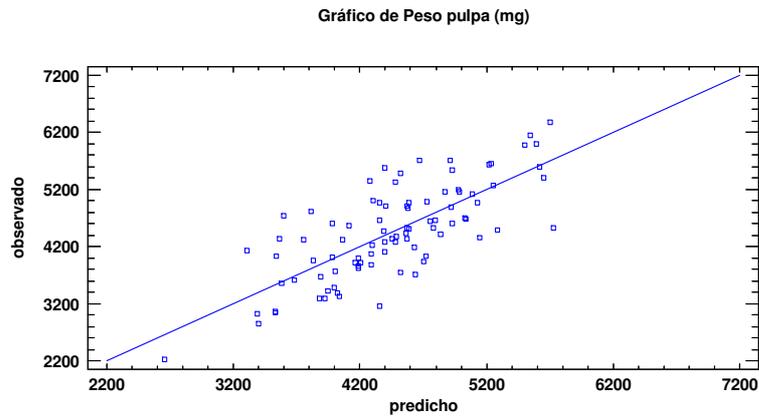
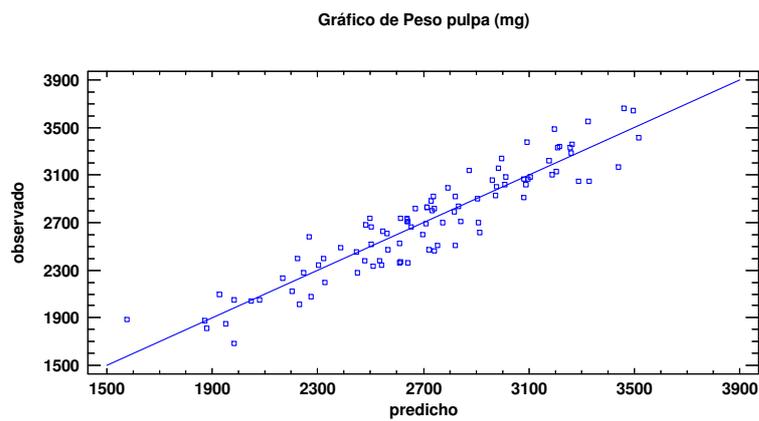
## 7.4 Anexo 4. Ajuste de los modelos de regresión

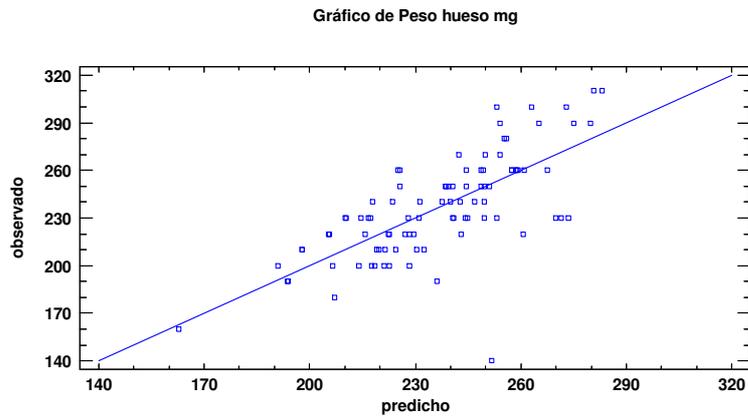
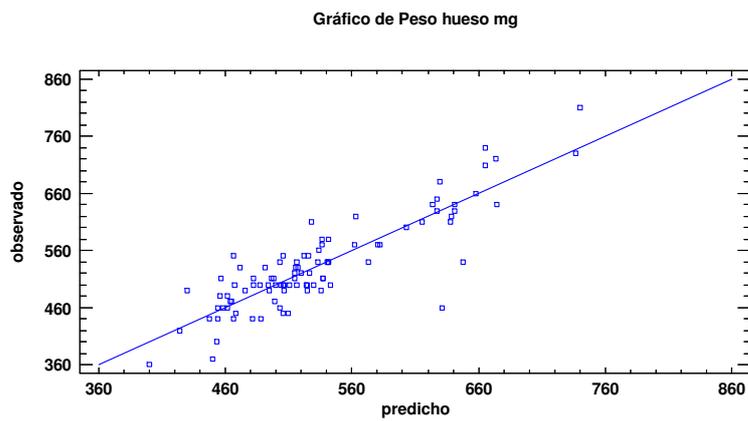
**Figura 21.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso de la pulpa Cuquillo

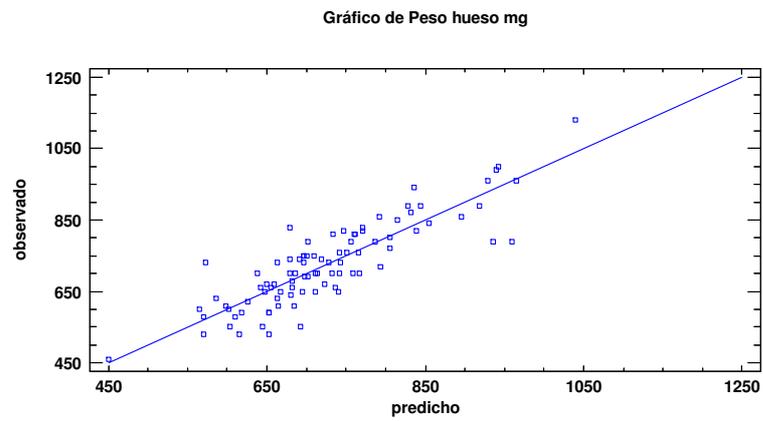


**Figura 22.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso de la pulpa Morruda



**Figura 23.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso de la pulpa Picual**Figura 24.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso de la pulpa Serrana

**Figura 25.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso del hueso Cuquillo**Figura 26.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso del hueso Morruda

**Figura 27.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso del hueso Picual**Figura 28.** Valores observados contra predichos de la ecuación peso del hueso Serrana