



TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DEL POTENCIAL PRODUCTIVO Y
CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES OBTENIDOS
DE LOS CULTIVARES “PICUAL”, “ARBEQUINO” Y
“CORNEZUELO”**

Lourdes Gallardo González

Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra

Fdo.: Dña. Concepción de Miguel Gordillo

2015

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra



**CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y
TECNOLÓGICAS DE EXTREMADURA**



TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DEL POTENCIAL PRODUCTIVO Y
CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES OBTENIDOS
DE LOS CULTIVARES “PICUAL”, “ARBEQUINO” Y
“CORNEZUELO”**

Lourdes Gallardo González

2015

AGRADECIMIENTOS.

Mi agradecimiento quiero extenderlo a todas las personas que han hecho posible que este trabajo viera por fin la luz.

A mi directora de tesis, **Dra. D^a. Concepción de Miguel Gordillo**, por su gran dedicación, paciencia y apoyo durante todos estos años. Por todo lo que me ha enseñado en el campo profesional y humano y en especial, por su amistad.

A la Universidad de Extremadura, Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra y al Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (INTAEX) por poner a mi disposición todos los medios humanos y materiales que fueron necesarios. Al Ministerio de Ciencia y Educación por facilitar mi contratación en CESMA, SL a través de los programas Torres Quevedo.

A todo el personal del Área de Aceites del Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura.

D. Emilio Osorio Bueno y D. Jacinto Sánchez Casas, por darme la oportunidad de compartir con ellos unos años maravillosos, por su calor y su apoyo. Con ellos crecí como persona y como profesional.

A José María García Ballesteros, Julia Hernández Carretero, Julia Barahona Nogales, Manuel Fuentes de Mendoza y José Manuel González Castillo por ayudarme en toda la parte experimental (muestreo-laboratorio). Gracias por vuestro compañerismo y amistad. Por esos “desayunos almazareros” que tan buenos ratos nos han hecho pasar. Vuestra ayuda y colaboración han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. A D. Manuel Martínez Cano, por haberme ayudado con la estadística.

A todo el personal de CESMA, SL: Victoria Lozano, Isa Sánchez y Raquel Marquez, por todos esos años de trabajo juntas y por la amistad que, aún hoy, sigue habiendo. A Agustín Mateos y Felipe Paredes por ser paciente conmigo durante esas largas horas de campaña y en especial a D. Fernando Sánchez-Mohíno Arias por mostrarme la parte “real” del mundo del Aceite de Oliva, por todas nuestras vivencias y viajes y sus sabios consejos. De todos ellos me llevo lo mejor.

Por último agradecer a mis padres, Juan Antonio y Laly, y a mis hermanos su apoyo incondicional. A Trotrin por ayudarme en el diseño de este trabajo, por su paciencia y tesón y por estar siempre a mi lado y a nuestro hijo **Eloy**, a quien dedico este trabajo.

INDICE DE TABLAS	1
INDICE DE FIGURAS	5
LISTADO DE ABREVIATURAS	9
RESUMEN	13
SUMMARY	15
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	17
I.1. EL OLIVO	18
I.1.1. Origen y distribución.....	18
I.1.2. La Aceituna: composición y maduración.....	18
I.1.3. Variedades de olivo.....	20
I.1.4. Importancia del sector oleícola.....	23
I.2. ELABORACIÓN DEL ACEITE DE OLIVA	27
I.2.1. Recolección y transporte de la aceituna a la almazara.....	28
I.2.2. Elaboración propiamente dicha.....	29
I.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE DE OLIVA	31
I.3.1. Composición de la fracción saponificable.....	32
I.3.2. Composición de la fracción insaponificable.....	33
I.4. CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN	37
I.4.1. Parámetros de calidad y pureza.....	37
I.4.1.1. Parámetros de Calidad.....	37
I.4.1.2. Parámetros de Pureza.....	40
I.4.1.3. Categorías de aceites de oliva.....	42
I.4.2. Oxidación del aceite de oliva virgen.....	44
I.5. FACTORES QUE INCIDEN EN LA CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN	45
I.5.1. Factores agronómicos.....	45
I.5.2. Factores tecnológicos.....	46
CAPITULO II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	50
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	53
III.1. ESTUDIO DE LA PLANTACIÓN	54

III.1.1. Características edafoclimáticas.....	55
III.1.2. Material vegetal.....	56
III.1.2.1. Variedad “Picual”: tipificación agronómica.....	56
III.1.2.2. Variedad “Cornezuelo”: tipificación agronómica.....	57
III.1.2.3. Variedad “Arbequina”: tipificación agronómica.....	58
III.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	59
III.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ALMAZARA INDUSTRIAL.....	60
III.4. TOMA DE MUESTRAS.....	61
III.5. METODOS ANALÍTICOS EN ACEITUNAS.....	62
III.5.1. Índice de madurez.....	62
III.5.2. Humedad.....	63
III.5.3. Rendimiento graso de la pasta de aceituna.....	64
III.5.4. Rendimiento graso obtenido con el sistema Abencor.....	65
III.5.5. Extractabilidad.....	66
III.6. METODOS ANALÍTICOS EN ACEITE DE OLIVA VIRGEN.....	66
III.6.1. Parámetros de Calidad.....	66
III.6.1.1. Grado de acidez.....	66
III.6.1.2. Índice de peróxidos.....	67
III.6.1.3. Absorbancia a la radiación ultravioleta (K_{232} y K_{270}).....	68
III.6.1.4. Análisis organoléptico.....	69
III.6.2. Estabilidad oxidativa.....	70
III.6.2.1. Estabilidad Rancimat.....	71
III.6.2.2. Fenoles totales.....	72
III.6.3. Parámetros de Pureza.....	73
III.6.3.1. Ácidos grasos.....	73
III.6.3.2. Triglicéridos.....	74
III.6.3.3. Esteroles.....	77
III.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	78
III.7.1. Estadística descriptiva.....	78
III.7.2. Análisis de la varianza.....	79
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	80

IV.1. FRUTOS	81
IV.1.1. Ciclo de maduración del fruto.....	81
IV.1.1.1. Variedad “Picual”.....	82
IV.1.1.1.1. Índice de Madurez.....	82
IV.1.1.1.2. Rendimiento graso.....	83
IV.1.1.1.3. Humedad.....	86
IV.1.1.2. Variedad “Cornezuelo”.....	87
IV.1.1.2.1. Índice de Madurez.....	87
IV.1.1.2.2. Rendimiento graso.....	89
IV.1.1.2.3. Humedad.....	92
IV.1.1.3. Variedad “Arbequina”.....	93
IV.1.1.3.1. Índice de Madurez.....	93
IV.1.1.3.2. Rendimiento graso.....	95
IV.1.1.3.3. Humedad.....	98
IV.1.1.4. Comparación entre variedades.....	99
IV.1.1.4.1. Índice de Madurez.....	99
IV.1.1.4.2. Rendimiento graso.....	100
IV.1.1.4.3. Humedad.....	103
IV.1.2. Comportamiento tecnológico.....	104
IV.1.2.1. Variedad “Picual”.....	106
IV.1.2.1.1. Extractabilidad.....	107
IV.1.2.1.2. Rendimiento Abencor.....	108
IV.1.2.1.3. Rendimiento Industrial Aproximado.....	109
IV.1.2.2. Variedad “Cornezuelo”.....	109
IV.1.2.2.1. Extractabilidad.....	110
IV.1.2.2.2. Rendimiento Abencor.....	111
IV.1.2.2.3. Rendimiento Industrial Aproximado.....	112
IV.1.2.3. Variedad “Arbequina”.....	112
IV.1.2.3.1. Extractabilidad.....	113
IV.1.2.3.2. Rendimiento Abencor.....	114
IV.1.2.3.3. Rendimiento Industrial Aproximado.....	115
IV.1.2.4. Comparación entre variedades.....	116
IV.1.2.4.1. Extractabilidad.....	116
IV.1.2.4.2. Rendimiento Abencor.....	117

IV.1.2.4.3. Rendimiento Industrial Aproximado.....	119
IV.2. ACEITES DE OLIVA VIRGEN EXTRA.....	120
IV.2.1. Parámetros de calidad.....	121
IV.2.1.1. Acidez.....	121
IV.2.1.2. Índice de peróxidos.....	127
IV.2.1.3. Absorción en el ultravioleta: K_{232} y K_{270}	130
IV.2.1.4. Análisis organoléptico.....	130
IV.2.2. Parámetros de estabilidad.....	141
IV.2.2.1. Fenoles totales.....	142
IV.2.2.2. Estabilidad Rancimat.....	148
IV.2.3. Parámetros de pureza.....	149
IV.2.3.1. Ácidos grasos.....	150
IV.2.3.2. Triglicéridos.....	159
IV.2.3.3. Esteroles.....	166
CAPITULO V. CONCLUSIONES.....	173
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA.....	176

INDICE DE TABLAS.**I. INTRODUCCIÓN.**

Tabla I.1. Producción mundial de aceite de oliva.....	23
Tabla I.2. Superficie de cultivo del olivo en el mundo en 2011/2012.....	24
Tabla I.3. Distribución de la superficie total de olivar por CCAA, años 2007 y 2012.....	25
Tabla I.4. Porcentaje de los diferentes ácidos grasos presentes en el aceite de oliva.....	32
Tabla I.5. Porcentajes medios de los diferentes triglicéridos presentes en el aceite de oliva.....	33
Tabla I.6. Principales componentes de la fracción insaponificable del aceite de oliva virgen.....	34
Tabla I.7. Características de calidad de los aceites de oliva.....	41
Tabla I.8. Características de pureza de los aceites de oliva.....	42

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

Tabla III.1. Valores agroclimáticos del observatorio de Almendralejo en 2005/06, 2006/07 y 2007/08.....	55
--	----

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Tabla IV.1. Datos de índice de madurez de la variedad “Picual” a lo largo del ciclo de maduración.....	82
Tabla IV.2. Datos de rendimiento graso sobre materia húmeda de la variedad “Picual” a lo largo del ciclo de maduración.....	84
Tabla IV.3. Datos de rendimiento graso sobre materia seca de la variedad “Picual” a lo largo del ciclo de maduración.....	84
Tabla IV.4. Datos de porcentaje de humedad de la variedad “Picual” a lo largo del ciclo de maduración.....	86

Tabla IV.5. Datos de índice de madurez de la variedad “Cornezuelo” a lo largo del ciclo de maduración.....	88
Tabla IV.6. Datos de rendimiento graso sobre materia húmeda de la variedad “Cornezuelo” a lo largo del ciclo de maduración.....	90
Tabla IV.7. Datos de rendimiento graso sobre materia seca de la variedad “Cornezuelo” a lo largo del ciclo de maduración.....	90
Tabla IV.8. Datos de porcentaje de humedad de la variedad “Cornezuelo” a lo largo de la campaña.....	82
Tabla IV.9. Datos de índice de madurez de la variedad “Arbequina” a lo largo del ciclo de maduración.....	94
Tabla IV.10. Datos de rendimiento graso sobre materia humedad de la variedad “Arbequina” a lo largo del ciclo de maduración.....	95
Tabla IV.11. Datos de rendimiento graso sobre materia seca de la variedad “Arbequina” a lo largo del ciclo de maduración.....	96
Tabla IV.12. Datos de porcentaje de humedad de la variedad “Arbequina” a lo largo de la campaña de muestreo.....	98
Tabla IV.13. Datos de índice de madurez medio de las tres variedades a lo largo de la campaña de muestreo.....	99
Tabla IV.14. Datos de rendimiento graso medio sobre materia húmeda de las tres variedades a lo largo del ciclo de maduración.....	101
Tabla IV.15. Datos de rendimiento graso medio sobre materia seca de las tres variedades a lo largo del ciclo de maduración.....	101
Tabla IV.16. Datos de porcentaje de humedad de las tres variedades a lo largo de la campaña de muestreo.....	103
Tabla IV.17. Valores de extractabilidad, rendimiento Abencor, rendimiento industrial aproximado, porcentaje de humedad e índice de madurez de la variedad “Picual”.....	106
Tabla IV.18. Valores de extractabilidad, rendimiento Abencor, rendimiento industrial aproximado, porcentaje de humedad e índice de madurez de la variedad “Cornezuelo”.....	110
Tabla IV.19. Valores de extractabilidad, rendimiento Abencor, rendimiento industrial aproximado, porcentaje de humedad e índice de madurez de la variedad “Arbequina”.....	113
Tabla IV.20. Valores medios de extractabilidad, rendimiento Abencor, rendimiento industrial aproximado, porcentaje de humedad e índice de madurez de las tres variedades.....	116

Tabla IV.21. Valores de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) de las muestras obtenidas en almazara para las tres campañas y para cada una de las variedades.....	125
Tabla IV.22. Valores medios de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) de los AOV por variedad de aceituna y método de extracción.....	126
Tabla IV.23. Valores medios de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) de los AOV por variedad de aceituna y campaña oleícola.....	127
Tabla IV.24. Medianas de los atributos positivos: frutado, manzana, amargo, picante y dulce de los AOV por variedad de aceituna y método de extracción.	139
Tabla IV.25. Valores medios de los atributos positivos: frutado, manzana, amargo, picante y dulce de los AOV por variedad de aceituna y campaña oleícola	140
Tabla IV.26. Valores medios de los parámetros de estabilidad fenoles totales y estabilidad rancimat de los AOV por variedad de aceituna y método de extracción.....	146
Tabla IV.27. Valores medios, de los AOV extraídos en abencor, de los parámetros de estabilidad: polifenoles totales y estabilidad Rancimat por variedad de aceituna y campaña oleícola.....	147
Tabla IV.28. Composición en ácidos grasos (%) de un aceite de oliva virgen extra.....	151
Tabla IV.29. Contenido medio de ácidos grasos (expresados en %) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor de las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina” durante las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09.	152
Tabla IV.30. Contenido medio, de las tres campañas analizadas, de ácidos grasos (expresado en %) en AOV obtenido mediante sistema Abencor y Almazara industrial en las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”.....	155
Tabla IV.31. Sumatorios y relación de ácidos grasos de las muestras obtenidas mediante sistema Abencor y Almazara industrial en las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”.....	157
Tabla IV.32. Sumatorio y relaciones de ácidos grasos de las muestras obtenidas mediante sistema Abencor de las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina” durante las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09.	158
Tabla IV.33. Contenido medio en triglicéridos (en % y agrupados en su número de carbonos equivalentes: ECN) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor de las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina” durante las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09.....	161

Tabla IV.34. Contenido medio en triglicéridos (en % y agrupados en su número de carbonos equivalentes: ECN) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor y Almazara industrial en las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”.....165

Tabla IV.35. Contenido medio en esteroles (en %) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor de las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina” durante las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09.....167

Tabla IV.36. Contenido medio en esteroles (en %) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor y Almazara industrial en las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”...172

INDICE DE FIGURAS.
I. INTRODUCCIÓN.

Figura I.1. Distribución geográfica nacional de las variedades de olivo más representativas.....	22
Figura I.2. Comarcas olivareras de Extremadura.	26
Figura I.3. Distribución de las variedades de olivo de Extremadura.	26

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

Figura III.1. Panorámica de la finca “El Hoyo”. Oliva de Mérida (Badajoz).....	54
Figura III.2. Características morfológicas del fruto de la variedad “Picual”.....	57
Figura III.3. Características morfológicas del fruto de la variedad “Cornezuelo”.....	58
Figura III.4. Características morfológicas del fruto de la variedad “Arbequina”.....	59
Figura III.5. Línea de extracción de aceite de oliva virgen PEGASO 500.....	61
Figura III.6. Índice de Madurez de las aceitunas.....	63
Figura III.7. Muestras de pasta de aceitunas en estufa.....	64
Figura III.8. Extractor Soxhlet y matraces con la grasa extraída.....	64
Figura III.9. Sistema Abencor de elaboración de aceite de oliva.....	65
Figura III.10. Espectrofotómetro Agilent, modelo 8453.	68
Figura III.11. Hojas de perfil para la cata de aceite de oliva de la Unión Europea, norma comunitaria 2568/91/CEE.....	69
Figura III.12. Copa de cata normalizada.....	70
Figura III.13. Equipo Rancimat E-617 (Metrohm).....	71
Figura III.14. Extracción del extracto fenólico (foto de la izquierda) y reacción con Folin-Ciocalteu (foto de la derecha).....	72
Figura III.15. Cromatógrafo de gases modelo HP 6890 y PC.....	73
Figura III.16. Cromatograma de ésteres metílicos de los ácidos grasos de un AOV del cv. Morisca.....	74
Figura III.17. GC y Cromatógrafo HPLC (Agilent 1200).....	75
Figura III.18. Cromatograma de triglicéridos de un AOV del cv. Morisca.....	76
Figura III.19. Cromatograma de esteroides de un AOV del cv. Morisca.....	78

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Figura IV.1. Índice de maduración de la variedad “Picual” respecto a la fecha de muestreo expresada en días de campaña.....	83
Figura IV.2. Rendimiento graso en pasta de aceituna húmeda de la variedad “Picual” respecto al índice de madurez.....	85
Figura IV.3. Rendimiento graso en pasta de aceituna seca de la variedad “Picual” respecto al índice de madurez.....	85
Figura IV.4. Contenido en humedad de la pasta de aceituna de la variedad “Picual” respecto a la fecha de muestreo expresado en días de campaña.....	87
Figura IV.5. Índice de maduración de la variedad “Cornezuelo” respecto a la fecha de muestreo expresada en días de campaña.....	89
Figura IV.6. Rendimiento graso en pasta de aceituna húmeda de la variedad “Cornezuelo” respecto al índice de madurez.....	91
Figura IV.7. Rendimiento graso en pasta de aceituna seca de la variedad “Cornezuelo” respecto al índice de madurez.....	91
Figura IV.8. Contenido en humedad de la pasta de aceituna de la variedad “Cornezuelo” respecto a la fecha de muestreo expresado en días de campaña.....	93
Figura IV.9. Índice de maduración de la variedad “Arbequina” respecto a la fecha de muestreo expresada en días de campaña.....	94
Figura IV.10. Rendimiento graso en pasta de aceituna húmeda de la variedad “Arbequina” respecto al índice de madurez.....	96
Figura IV.11. Rendimiento graso en pasta de aceituna seca de la variedad “Arbequina” respecto al índice de madurez.....	97
Figura IV.12. Contenido en humedad de la pasta de aceituna de la variedad “Arbequina” respecto a la fecha de muestreo expresado en días de campaña.....	99
Figura IV.13. Índice de maduración: comparación entre las tres variedades.....	100
Figura IV.14. Rendimiento graso en pasta de aceituna húmeda: comparación entre variedades.....	102
Figura IV.15. Rendimiento graso en pasta de aceituna seca: comparación entre variedades.....	10

Figura IV.16. Contenido en humedad de la pasta de aceituna: comparación entre variedades.....	104
Figura IV.17. Extractabilidad de la variedad “Picual” respecto al porcentaje de humedad.....	107
Figura IV.18. Rendimiento Abencor de la variedad “Picual” respecto al índice de madurez.....	108
Figura IV.19. Rendimiento industrial aproximado de la variedad “Picual” respecto al índice de madurez.....	109
Figura IV.20. Extractabilidad de la variedad “Cornezuelo” respecto al porcentaje de humedad.....	111
Figura IV.21. Rendimiento Abencor de la variedad “Cornezuelo” respecto al índice de madurez.....	111
Figura IV.22. Rendimiento industrial aproximado de la variedad “Cornezuelo” respecto al índice de madurez.....	112
Figura IV.23. Extractabilidad de la variedad “Arbequina” respecto al porcentaje de humedad.....	114
Figura IV.24. Rendimiento Abencor de la variedad “Arbequina” respecto al índice de madurez.....	114
Figura IV.25. Rendimiento industrial aproximado de la variedad “Arbequina” respecto al índice de madurez.....	115
Figura IV.26. Extractabilidad media de las tres variedades respecto al porcentaje de humedad.....	117
Figura IV.27. Rendimiento Abencor medio de las tres variedades respecto al índice de madurez.....	118
Figura IV.28. Rendimiento industrial aproximado medio de las tres variedades respecto al índice de madurez.....	119
Figura IV.29. Evolución de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Picual” durante las campañas 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.....	122
Figura IV.30. Evolución de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Cornezuelo” durante las campañas 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.....	123

Figura IV.31. Evolución de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Arbequina” durante las campañas 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.....	124
Figura IV.32. Mediana de los atributos frutado, manzana, amargo, picante y dulce del aceite obtenido en laboratorio por el sistema abencor y los extraídos en almazara para las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”.....	132
Figura IV.33. Evolución de los atributos positivos (frutado, amargo, picante y dulce) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Picual” durante las campañas 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.....	134
Figura IV.34. Evolución de los atributos positivos (frutado, amargo, picante y dulce) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Cornezuelo” durante las campañas 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.....	135
Figura IV.35. Evolución de los atributos positivos (frutado, amargo, picante y dulce) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Arbequina” durante las campañas 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.....	136
Figura IV.36. Evolución de los parámetros de estabilidad (fenoles totales y estabilidad Rancimat) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Picual” durante las campañas 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.....	143
Figura IV.37. Evolución de los parámetros de estabilidad (fenoles totales y estabilidad Rancimat) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Cornezuelo” durante las campañas 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.....	144
Figura IV.38. Evolución de los parámetros de estabilidad (fenoles totales y estabilidad Rancimat) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Arbequina” durante las campañas 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.....	145

LISTADO DE ABREVIATURAS

3,4-DHPEA-AC	Acetato del ácido elenoico unido al hidroxitirosol
3,4-DHPEA-EA	Forma aldehídica del ácido elenoico unido al hidroxitirosol
3,4-DHPEA-EDA	Forma dialdehídica del ácido elenoico unido al hidroxitirosol
AGS	Ácidos grasos saturados
ANOVA	Análisis de la varianza
AOA	Forma aldehídica de la aglycona oleuropeina
AOV	Aceite de oliva virgen
AOVE	Aceite de oliva virgen extra
C.O.I	Consejo Oleícola Internacional
C14:0	Ácido mirístico
C16:0, P	Ácido palmítico
C16:0/C18:2	Ácido palmítico / Ácido linoleico
C16:1, Po	Ácido palmitoleico
C17:0, M	Ácido margárico
C17:1	Ácido margaroleico
C18:0, S	Ácido esteárico
C18:1, O	Ácido oleico
C18:2, L	Ácido linoleico
C18:2/C18:3	Ácido linoleico / Ácido linolénico
C18:3, Ln	Ácido linolénico
C20:0, A	Ácido aráquico
C20:1	Ácido gadoléico
C22:0	Ácido behénico
C24:0	Ácido lignocérico
CCAA	Comunidades Autónomas
CE	Comisión Europea
CEE	Comunidad Económica Europea
CESMA, SL	Corporación Empresarial Sánchez-Mohíno Arias, SL
CN	Número de carbonos acilos
CODEX	Código Alimentario

CV	Cultivar
DO	Denominación de Origen
DOP	Denominación de Origen Protegida
ECN	Número equivalente de átomos de carbono
EEM	Error estándar típico de la media
ETP	Evapotranspiración potencial del cultivo (mm)
FAOSTAT	Programa estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FID	Detector de ionización de llamas
GC	Cromatografía de gases
h	Horas
H	Humedad
ha	Hectáreas
HPLC	Cromatografía líquida de alta resolución
I. P.	Índice de peróxidos.
IM	Índice de madurez
INTAEX-CICYTEX	Instituto Agroalimentario de Extremadura – Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura
IR	Detector de índice de refracción
KOH	Hidróxido potásico
Kg	Kilogramos
L	Excedentes de humedad (mm)
MAGRAMA	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Md	Mediana del defecto
Mf	Mediana del frutado
min	Minutos
MM	Miles de millones
nm	Nanometros
OMT, Spa	Officine Meccaniche Toscane, Spa
p- HPEA-EDA	Forma aldehídica del ácido elenoico unido al tirosol
P	Precipitación (mm)
p	Probabilidad de significación
R	Reservas de agua del suelo (mm)
RG	Rendimiento graso

RGS/Húmedo	Rendimiento graso sobre materia húmeda
RGS/Seco	Rendimiento graso sobre materia seca
rpm	Revoluciones por minuto
Rto. Abencor	Rendimiento graso Abencor
Rto. Ind. Aprox.	Rendimiento industrial aproximado
SD	Desviación estándar típica de la media
t	Toneladas
tm	Temperatura media (°C)
UE	Unión Europea
UV	Ultravioleta
vs	Versus
ΣAGI	Sumatorio de ácidos grasos insaturados
ΣAGI/ΣAGS	Relación sumatorio ácidos grasos insaturados/saturados
ΣAGMI	Sumatorio ácidos grasos monoinsaturados
ΣAGMI/ΣAGPI poliinsaturados	Relación sumatorio ácidos grasos monoinsaturados / poliinsaturados
ΣAGMI/ΣAGS	Relación sumatorio ácidos grasos monoinsaturados/saturados
ΣAGPI	Sumatorio ácidos grasos poliinsaturados
ΣAGS	Sumatorio de ácidos grasos saturados

RESUMEN
SUMMARY

RESUMEN

En la Comunidad Autónoma de Extremadura el olivar es el cultivo al que se dedica mayor superficie dentro del total de tierras cultivadas. Cuenta con una superficie de unas 265.000 ha, representando cerca del 11% de la superficie nacional, sólo superada por Andalucía y Castilla-La Mancha.

Con la realización del presente trabajo se pretende por una parte estudiar el potencial productivo de los cultivares “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequino” en el Término Municipal de Guareña (Finca “El Hoyo”) perteneciente a la zona oleícola Vegas del Guadiana; y por otra, utilizar los criterios de calidad y pureza como herramientas para caracterizar dichos aceites. Para llevar a cabo esta caracterización y contribuir así a poner en valor estos productos, muy demandados por el consumidor actual, se ha realizado un análisis físico-químico y sensorial de los aceites procedentes de dichas variedades, elaborados tanto a escala de laboratorio -sistema Abencor- como a escala industrial. Para todo ello, y durante tres campañas oleícolas, se realizaron muestreos de aceitunas correspondientes a los estados de maduración (verde, envero y maduro), con el fin de ver su evolución en cuanto a índice de madurez, rendimiento graso, humedad y extractabilidad, y a los aceites correspondientes se les realizó la analítica físico-química de parámetros de calidad, pureza y análisis sensorial.

Los resultados obtenidos durante el estudio del comportamiento tecnológico de las tres variedades han permitido encuadrar a las mismas como variedades de alto contenido graso. La variedad “Cornezuelo” es la que presenta un mayor rendimiento graso durante el periodo óptimo de recolección (I.M.= 2-3,5) y es también de la que se obtienen mayores rendimientos industriales.

Al analizar las muestras de aceites, procedentes tanto de almazara industrial como los extraídos por el sistema abencor, los criterios de calidad (grado de acidez, índice de peróxidos, prueba espectrofotométrica en el ultravioleta) se encontraron dentro de los niveles establecidos por la normativa europea permitiendo clasificar a todas las muestras dentro de la categoría de aceites de oliva virgen extra (Reglamento CE N° 2568/91 y modificaciones posteriores). Además, se ha encontrado una clara influencia del sistema de extracción sobre el parámetro índice de peróxidos, obteniéndose valores más elevados en almazara que en abencor. En el análisis organoléptico de los aceites también se han

encontrado diferencias significativas entre ambos sistemas de extracción siendo los aceites procedentes de almazara industrial los que presentan menor intensidad en los atributos frutado, manzana, amargo y picante y mayor intensidad en el atributo dulce.

En cuanto a la estabilidad oxidativa (fenoles totales y estabilidad Rancimat) de los aceites, así como en los parámetros de pureza (ácidos grasos, triglicéridos y esteroides), se han encontrado diferencias significativas entre variedades, siendo la “Picual” la que proporciona aceites más estables.

El contenido en ácidos grasos mayoritarios (ácido palmítico, oleico y linoleico), triglicéridos y esteroides ha permitido establecer dos grupos de variedades, por un lado la “Picual” y por el otro las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina”. La variedad “Picual” es la que presenta un mayor porcentaje en ácido oleico y en contraposición, menor porcentaje en ácidos palmítico y linoleico, un alto porcentaje en trioleína (OOO) y un mayor contenido en β sitosterol.

Por último, señalar la leve influencia que el sistema de extracción ejerce en los parámetros de pureza; siendo la zona geográfica y el año climático los factores que más condicionan el perfil de un aceite de oliva.

SUMMARY

With a cultivated area of 265.000 hectares, the olive grove is the most widespread type of cultivation in the autonomous community of Extremadura covering the 11% of total agricultural land under olive crops in Spain, surpassed only by Andalusia und Castile – La Mancha.

The aim of this thesis was to study, on the one hand, the potential of the varieties “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequino” produced in the township of Guareña (Finca “El Hoyo”), that belong to the olive oil zone “Vegas del Guadiana”. On the other hand, it was intended to define the physical-chemical parameters and the sensory evaluation of the three single varieties olive oils that were extracted using the “Abencor” system (laboratory) during the industrial process as well.

In order to obtain reliable results, the samples of olives were taken in three crop seasons and in three ripeness indexes (green stage, purple stage and black stage) and the fruit evolution were studied in term of ripening, behaviour of oil extraction yield and moisture. Moreover, the oil samples were analyzed to describe the physical-chemical parameters of quality, purity and a sensory analysis was also carried out.

The results obtained while testing the technological behaviour of these three varieties allowed to categorise them as varieties with a high fat content according to the cataloguing established by *Tous* and *Romero* (1994) (more than 46%). It is also noteworthy that the variety “Cornezuelo” was, among the three varieties, which had the greatest behaviour of oil extraction yield in its best time of harvest (I.M. = 2-3, 5) and from which the best industrial output was achieved.

At the moment that the analysis of the samples, which had been taken from the industrial oil mill as well as from the “Abencor” System, were conducted, the criteria of quality (acidity, peroxide index, test in the ultraviolet spectrophotometric) of the oils studied were within the European legislation (Regulation CEE nº 2568/91 and modifies) and they were categorised as extra virgin olive oils. At the same time, it was shown that there is a clear influence of the extraction system on the parameter “peroxide index”, obtaining higher values

in the oil mill than in the laboratory. Significant differences were found among both extraction methods when testing the organoleptic properties of the samples. In this way, the oils obtained from the industrial mill showed a lower intensity in attributes like fruity, apple, bitter and pungent and a higher intensity in the attribute “sweet”.

In terms of the determination of oxidative stability (total phenolics and Rancimat stability) and the purity parameters of the oils (fatty acids, triglycerides and sterols), significant differences have been found among varieties. Moreover, it was proved that the oils obtained from the picual variety are the most stable.

The content of main fatty acids (palmitic, oleic and linoleic), triglycerides and sterols prompted to establish two groups of varieties. On the one hand the variety “Picual” and, on the other hand the varieties “Cornezuelo” y “Arbequina”. The “Picual” variety has a higher percentage of oleic acid and lower percentage of palmitic and linoleic acids in contrast with the other varieties. In addition, it shows an elevated content of triolein (OOO) and a higher percentage of β -Sitosterol.

Finally, it should be point out the slight influence that the extraction method has over the parameters of purity. The geographical zone and the weather conditions are actually the factors that determine the features of olive oils the most.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

I.1. EL OLIVO.

I.1.1. Origen y distribución.

El Olivo es un árbol de la familia de las oleáceas, muy apreciado desde la antigüedad por sus frutos, las aceitunas, y la calidad del aceite que de ellas se obtiene. El cultivo del olivo (*Olea europae* L.) se originó hace más de 6.000 años en Oriente Medio. Existen dos hipótesis sobre el origen del olivo, una que postula que proviene de las costas de Siria, Líbano e Israel y otra que lo considera originario de Asia menor. Fue introducido en España por fenicios y griegos. Los romanos expandieron su cultivo por toda la península y los árabes perfeccionaron las técnicas de producción de aceite (la propia palabra "aceite" es de origen árabe, procedente de la palabra "az-zait", que quiere decir "jugo de aceituna"). Fue llevado a América por los españoles, durante los siglos XVI y XVII, por lo que actualmente se encuentra en California y zonas de Sudamérica.

Desde la expansión del Imperio Romano, el olivo, ha quedado vinculado al mar Mediterráneo y ha sido cultivado ininterrumpidamente hasta nuestros días. Todos los pueblos que han ocupado el Mediterráneo han aportado cultura, regadío y otras tecnologías al cultivo del olivo y a la extracción del aceite, haciendo de él un producto de uso habitual y una mercancía principal en los intercambios comerciales de todas las épocas.

El olivo en estado silvestre se llama Acebuche y proporciona unas aceitunas pequeñas y con poco rendimiento en aceite. El olivo es un árbol rústico, uno de los frutales que más toleran la salinidad, que admite un clima semiárido y suelos pocos fértiles y superficiales; pero es preciso tener en cuenta que en estas condiciones la productividad es baja. La experiencia demuestra que, cuando el olivo se cultiva en suelos fértiles, se le aporta la pluviometría necesaria y se amplía la densidad de plantación, el aumento de la producción es espectacular.

I.1.2. La Aceituna: composición y maduración.

El fruto del olivo es la aceituna, una drupa ovalada de tamaño variable dependiendo de las variedades, naturaleza de los suelos, climatología del año, etc.

En la aceituna se puede distinguir un tejido superficial, que sirve de envoltura, denominado epicarpio y que representa entre el 2% y el 2,5% del peso del fruto. La parte carnosa de la aceituna es el mesocarpio, al que corresponde la mayor parte del peso del fruto, entre el 70 y el 80%. El endocarpio o hueso que supone entre el 15% y el 23% de la aceituna encierra la semilla con el embrión (del 2% al 4% del peso del fruto).

Desde el punto de vista de la elaboración del aceite, en el momento de la recolección, la aceituna tiene entre un 40-55% de agua de vegetación y 18-32% de aceite, el resto del peso del fruto lo constituyen: hueso (14-22%), almendra o semilla (1-3%), epicarpio y resto de pulpa (8-10%).

En el crecimiento del fruto, desde la fecundación hasta la maduración, se distinguen cinco periodos o fases con mayor o menor duración, dependiendo de las variedades y del medio ambiente. La primera fase supone un escaso despegue del tamaño de la aceituna, con un crecimiento celular intenso. En la segunda fase continua el crecimiento celular y el desarrollo del fruto se hace patente y veloz. En estas primeras fases, los frutos en crecimiento activo necesitan una gran cantidad de asimilados, actuando estos como factor limitativo de la cosecha. En la tercera fase el crecimiento es escaso, sin embargo ocurren hechos importantes: el cigoto pasa a embrión, concluye el endurecimiento del hueso llegando a su tamaño definitivo y es en este tiempo cuando se produce la inducción floral del ciclo vegetativo venidero. La cuarta fase es la etapa de mayor crecimiento de los frutos, extendiéndose hasta el otoño cuando empiezan los cambios de color del fruto y los procesos de síntesis y acumulación de aceite (lipogénesis). En la quinta y última fase el crecimiento va decreciendo paulatinamente y se inician los procesos de maduración de la aceituna (Civantos, 1999).

Se denomina periodo de maduración de la aceituna al transcurrido desde que comienza el cambio de color externo del fruto (enverado) hasta que el color negro o violáceo característico, según el cultivar, se generaliza en la epidermis. Es un proceso lento durante el cual el fruto se enriquece en aceite y cuya duración depende de la climatología, la magnitud de la cosecha del árbol, las características varietales y las prácticas culturales, estableciéndose su duración media entre 35 y 106 días. Su conocimiento es de especial importancia para determinar el periodo óptimo de recolección (Barranco et al., 1998).

El inicio de la maduración coincide con el momento en que empieza a disminuir el contenido de clorofila (color verde) y se inicia la acumulación de antocianina (responsable del color púrpura y azul) estando el fruto completamente maduro cuando tanto la piel como la pulpa adquieren un color negro debido a la oxidación de compuestos fenólicos, incluida la oleuropeina.

En el interior de la aceituna se producen numerosos procesos de transformación y síntesis de sustancias orgánicas durante la maduración entre los que destaca la síntesis de triglicéridos, que se acumulan en el interior de las células del mesocarpio de las drupas, y que constituyen la casi totalidad del aceite de oliva. Además del agua y el aceite, en las aceitunas maduras se encuentran azúcares (glucosa, fructosa y pequeñas cantidades de sacarosa en la pulpa), proteínas, ácidos orgánicos, taninos, oleuropeina, componentes inorgánicos, etc., cuyas proporciones varían con los cultivares, con el clima, grado de madurez, etc.

I.1.3. Variedades de olivo.

El cultivo del olivar, desde que se origina, no tarda en difundirse de Este a Oeste a través de las orillas del Marem Nostrum. Por consiguiente, los cultivos actuales son, por desarrollo generacional, el resultado de aquellas propagaciones vegetativas, consecuencia de un largo proceso biológico que se han ido consolidando en todos los espacios naturales de la cuenca mediterránea (Ávila, 2000).

Hay repartidos por la geografía mundial olivarera unos 30 géneros y cerca de 600 especies de olivos, la mayoría de las cuales, sin embargo, se localizan en la cuenca mediterránea. El género *Olea* engloba unas 35 especies incluida la especie *Olea europae* L. (olivo), dentro de la cual se encuentran todos los olivos cultivados y también los acebuches u olivos silvestres. Existen diferentes criterios para clasificarlos dentro de la especie, aunque generalmente se considera que los olivos cultivados pertenecen a la subespecie *sativa* y los silvestres a la *sylvestris* (Llerena et al., 2009).

En la Península Ibérica perviven numerosas variedades locales, más o menos extendidas, de aceitunas que han hecho posible la comercialización de diferentes tipos de aceites. Rallo et al. (2005) establecen una clasificación de las variedades de olivar en variedades principales, aquellas que son base de plantaciones y su superficie plantada es la

dominante en alguna comarca y tiene importancia a nivel nacional; variedades secundarias, aquellas que son base en las plantaciones regulares pero o no llegan a ser dominantes en ninguna comarca o su superficie plantada, aunque considerable, no tiene importancia a nivel nacional; variedades difundidas, aquellas localizadas en varias comarcas, donde son bien conocidas pero con escasa importancia nacional; variedades locales, aquellas que se han localizado en una sola zona donde tienen, generalmente, muy poca difusión.

Solo en España se contabilizan más de 260 variedades cultivadas de olivo. A título de ejemplo, destacamos a continuación las características de algunas de las principales:

Picual.- Es la variedad más importante del mundo, representando el 50% de las aceitunas y árboles de España y por tanto, aproximadamente, el 20% mundial. 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. Esta variedad recibe diferentes nombres según la zona de producción, pero su nombre principal se debe a la forma del fruto como un pezón pronunciado terminado en pico. Destaca por su alto rendimiento graso, rápida entrada en producción y su fácil mecanización durante la recolección; su aceite presenta una gran estabilidad oxidativa.

Hojiblanca.- El nombre le viene del color del envés de la hoja que le confiere una claridad al árbol, teniendo éste un aspecto plateado en la lejanía. Su área de influencia se extiende por Andalucía, en concreto por el este de la provincia de Sevilla, el sur de Córdoba y todo el norte de la provincia de Málaga. Su uso es tanto para aceituna de mesa negra estilo "californiano" por la firme textura de su pulpa, como para la producción de aceite.

Arbequina.- Se halla entre las variedades españolas más conocidas. Aunque llega a internarse en las provincias de Zaragoza y Huesca, en la comunidad de Aragón, es originaria de la localidad de Arbeca (Lérida), de donde le viene el nombre. Presenta buen rendimiento graso y muy buena calidad de aceite, con el inconveniente de los frutos muy pequeños y ramos que transmiten muy mal la vibración durante la recolección; porte arbustivo que permite mayores densidades de plantación.

Manzanilla Sevillana.- Es la variedad de olivo más difundida internacionalmente. Su cultivo

en España se concentra en las provincias de Sevilla, Badajoz y Huelva. En España se recoge en verde para su aderezo por fermentación al estilo "sevillano". Es la variedad de mesa más apreciada internacionalmente por su productividad y calidad de fruto. Por otro lado, su contenido en aceite es medio y de elevada calidad y estabilidad.

Cornezuelo o Cornicabra.- Es la segunda variedad española en cuanto a superficie cultivada. Actualmente se encuentra en las provincias de Ciudad Real, Toledo, Madrid, Badajoz y Cáceres. Es apreciada por su elevado rendimiento graso y por la calidad de sus aceites, de excelentes características organolépticas y elevada estabilidad.

Manzanilla Cacereña.- Es variedad principal en las provincias de Cáceres, Badajoz, Salamanca, Ávila y Madrid. Variedad con doble aptitud. Es muy apreciada para su aderezo, tanto en verde como en negro, por la calidad de su pulpa. Su contenido en aceite es bajo, aunque de calidad.

Morisca o Basta.- Esta variedad se cultiva fundamentalmente en el sur de la provincia de Badajoz y en el norte de la de Sevilla. Variedad apreciada para aceite, por su elevado rendimiento graso, y para mesa, por su tamaño y facilidad de aderezo.

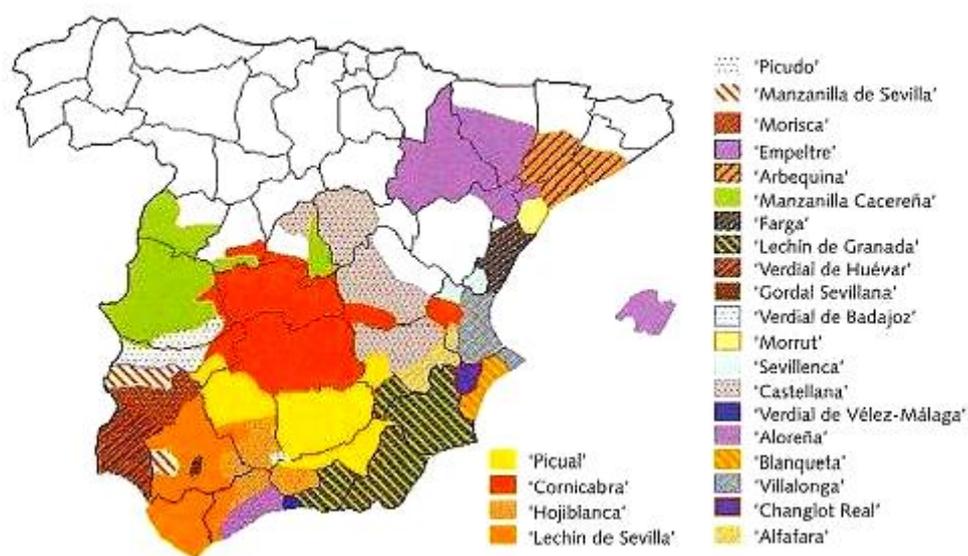


Figura I.1. Distribución geográfica nacional de las variedades de olivo más representativas. Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

I.1.4. Importancia del sector oleícola.

La superficie mundial dedicada al cultivo del olivar en la actualidad es de aproximadamente 8,5 millones de hectáreas, de las cuales 2,5 millones están en España, donde la superficie se reparte entre las distintas comunidades autónomas a excepción de Asturias y Cantabria. El sector oleícola es un elemento relevante de la agricultura de la Unión Europea, sobre todo en los países del sur, donde representa una importante cuota de la economía agrícola. Además, la UE lidera el mercado oleícola mundial siendo responsable del 70% de la producción global y el mayor exportador neto hacia regiones no productoras del mundo, como Norteamérica.

	2009/2010	2010/2011	2011/2012 (Prev.)	2012/2013 (Prev.)
CHIPRE	4,2	6,5	5,6	5,6
ESPAÑA	1.401,5	1.391,9	1.613,4	820
FRANCIA	5,7	6,1	3,3	4,3
GRECIA	320	301	295	350
ITALIA	480	440	450	490
PORTUGAL	62,5	62,9	76,2	68,6
ESLOVENIA	0,7	0,7	0,5	0,7
UE	2.224,6	2.209,1	2.444,0	1.739,2
ALBANIA	5	8	7	8,5
ARGELIA	26,5	67	54,5	56,5
ARGENTINA	17	20	32	17
CROACIA	5	5	4	4
EGIPTO	3	4	10	6,5
IRAN	4	4	7	6
ISRAEL	3,5	12,5	12	13
JORDANIA	17	27	35,5	35
LIBANO	9	32	18	18
LIBIA	15	15	15	15
MARRUECOS	140	130	120	100
MONTENEGRO	0,5	0,5	0,5	0,5
SIRIA	150	180	198	198
TUNEZ	150	120	180	220
TURQUIA	147	160	191	195
COI	2.917,1	2.994,4	3.328,5	2.632,2
ARABIA SAUDITA	3	3	3	3
AUSTRALIA	18	18	19	19
CHILE	12	16	21,5	21,5
EEUU	3	4	6	12
MEJICO	0	0	0	0
PALESTINA	5,5	25	15,5	15,5
OTROS PAISES PRODUCTORES	15	15	15	15
NO COI	56,5	81	80	86
TOTAL	2.973,6	3.075,1	3.408,5	2.718,2

Tabla I.1. Producción mundial de aceite de oliva (miles de toneladas).

Según datos publicados por el COI (Comité Oleícola Internacional) para la campaña 2014/2015, la producción mundial de aceite de oliva se podría situar en torno a los 2,3

millones de toneladas, de los que España aportará 826.000 toneladas, Grecia 300.000 toneladas e Italia 302.000 toneladas, todo ello en un contexto donde se estiman que los consumos a nivel mundial puedan llegar a los 2,82 MM de toneladas, esperándose una caída del consumo generalizada en todos los países, como consecuencia del incremento de precios del aceite de oliva en origen y la menor disponibilidad (publicado por el COI el 03/12/2014).

En lo que respecta a la superficie de cultivo, el olivo ocupa entre el 8 y el 9% del suelo agrícola total de España, Italia y Portugal, y el 20% de Grecia.

PAISES	SUPERFICIE (hectáreas)
España	2.427.500
Italia	1.125.382
Grecia	934.400
Siria	327.037
Turquía	805.500
Túnez	1.800.000
Marruecos	968.123
Portugal	345.700
Argelia	328.884
Jordania	62.687
Argentina	64.000

Tabla I.2. Superficie en hectáreas de cultivo del olivo en el mundo en 2011/2012. Fuente FAOSTAT, 2012.

Como se ha mencionado anteriormente, el olivar está presente en España en todas las regiones excepto Asturias y Cantabria, pero es en Andalucía donde se concentra más del 60% de la superficie nacional. En Castilla la Mancha se cultiva el 15,7% del olivar total, en Extremadura el 10,4% y el resto de Comunidades Autónomas representan el 13,6% del cultivo total (Tabla I.3).

El olivar de almazara es el más representativo, con el 94,4% de la superficie del olivar total. En aceituna de mesa Andalucía tiene el 77,2% de la superficie, cultivándose el resto en Extremadura (22,4%), Islas Baleares, Cataluña, C. Valenciana y Castilla la Mancha.

Extremadura posee unas 265.971 ha de olivar de las cuales 261.078 ha están en producción dando unas 454.808 toneladas de aceitunas de las que aproximadamente el 75% corresponde a aceituna con destino a aceite y el 25% restante se dedica a aderezo. El cultivo de olivar es el que presenta mayor superficie en la región además de tener una gran importancia social ya que, aproximadamente, uno de cada diez extremeños tiene un olivar. El 71% del olivar total se encuentra en la provincia de Badajoz y el 29% restante en la de Cáceres.

Comunidades Autónomas	Aceituna de mesa			Aceituna doble aptitud			Aceituna de almazara			Total olivar		
	Año 2007 (ha)	Año 2012 (ha)	% incremento 2007-2012	Año 2007 (ha)	Año 2012 (ha)	% incremento 2007-2012	Año 2007 (ha)	Año 2012 (ha)	% incremento 2007-2012	Año 2007 (ha)	Año 2012 (ha)	% incremento 2007-2012
Galicia								3			3	
P. de Asturias												
Cantabria												
País Vasco		18					352	289	-17,7%	352	308	-12,5%
Navarra							5.197	7.457	43,5%	5.197	7.457	43,5%
La Rioja					31		2.894	3.574	23,5%	2.894	3.605	24,6%
Aragón		3			1.425		60.479	58.050	-4,0%	60.479	59.477	-1,7%
Cataluña	43	20	-53,7%		1.200		114.426	114.825	0,3%	114.468	116.044	1,4%
Islas Baleares	195	30	-84,7%		212		8.580	7.495	-12,6%	8.775	7.737	-11,8%
Castilla y León		24					6.085	6.432	5,7%	6.085	6.456	6,1%
Madrid							28.224	28.042	-0,6%	28.224	28.042	-0,6%
Castilla la Mancha	9		-100,0%				397.164	406.751	2,4%	397.173	406.751	2,4%
Comunidad Valenciana	30	48	60,4%		13		91.671	94.661	3,3%	91.701	94.723	3,3%
Región de Murcia					62		27.434	29.672	8,2%	27.434	29.735	8,4%
Extremadura	20.415	19.966	-2,2%		510		234.895	248.875	6,0%	255.310	269.350	5,5%
Andalucía	70.150	57.599	-17,9%		63.639		1.445.169	1.433.533	-0,8%	1.515.320	1.554.771	2,6%
Islas Canarias		26			78			8	-100,0%	8	104	1272,1%
Total	90.843	77.734	-14,4%		67.170		2.422.576	2.439.660	0,7%	2.513.419	2.584.564	2,8%

Tabla I.3. Distribución de la superficie total de olivar por CCAA, años 2007 y 2012. Fuente: Estadísticas agrarias del MAGRAMA.

Extremadura se divide en 12 comarcas olivareras, según el criterio de su producción homogénea de aceite de oliva, fijadas en el Reglamento CE N° 2138/97 de la Comisión. Seis de ellas se encuentran en la provincia de Cáceres: Gata-Hurdes, Vera-Ambroz-Jerte, Ibores, Logrosán-Guadalupe, Montánchez y Tierras de Cáceres; y otras seis en la provincia de Badajoz: Alburquerque, Vegas del Guadiana, Tierra de Barros, Siberia, Serena y Jerez-Llerena.

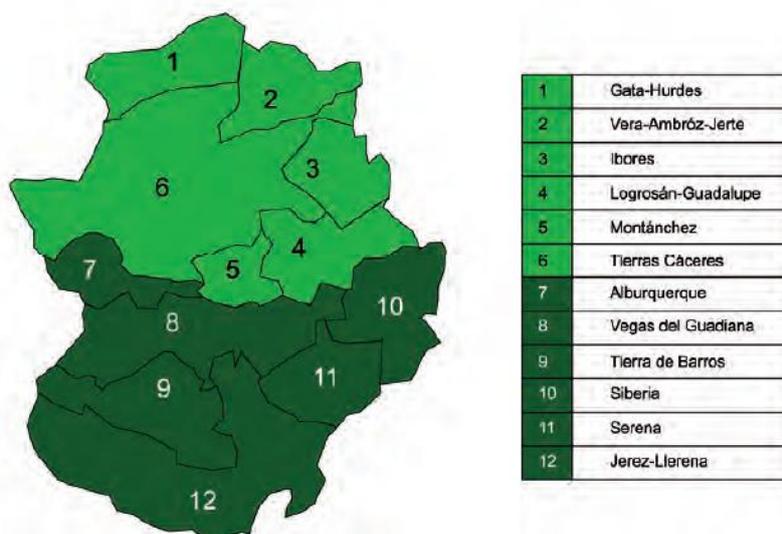


Figura I.2. Comarcas olivareras de Extremadura. Fuente: Anuario de La Agricultura y La Ganadería Extremeña en 2009 de la Caja de Badajoz.

Tierra de Barros es la comarca con mayor superficie dedicada al cultivo del olivar (56.531 has) y a su vez la de menor densidad de plantación, con unos 70 árboles por ha frente a los casi 225 de Gata-Hurdes. La integran 31 municipios donde se ubican 21 almazaras.



Figura I.3. Distribución de las variedades de olivo de Extremadura. Anuario de La Agricultura y La Ganadería Extremeña en 2009 de la Caja de Badajoz.

Las variedades, para almazara, más representativas de esta comarca son Carrasqueña (55,42%), Morisca (39,05%) y Picual (1,80%).

El elevado número de explotaciones olivereras existentes en Extremadura, (alrededor de 68.000, contabilizando tanto las de cultivo único como asociado), divididas en más de 276.000 parcelas declaradas y el hecho de que cerca del 40% del total de explotaciones tenga una superficie inferior a las 5 ha, evidencian el fuerte minifundismo de este sector. Estos datos también resaltan la importancia social del olivar, que supone un aporte económico fundamental de muchas familias extremeñas, tanto por el valor del producto como por los numerosos jornales que genera, sobre todo en comarcas de montaña o desfavorecidas donde existen pocas alternativas viables de aprovechamiento agrícola.

Respecto al aceite de oliva virgen producido en la región, Extremadura cuenta con dos Denominaciones de Origen Protegidas, distintivo de calidad. Los aceites con la Denominación de Origen Protegida “Aceite Monterrubio” son exclusivamente de oliva virgen extra, procedentes de aceitunas de las variedades “Cornezuelo” y “Picual” o “Jabata”, en un 90% como mínimo. Poseen un sabor afrutado, muy aromático, almendrado y de sabor algo amargo y picante. La zona geográfica de producción, elaboración y envasado se sitúa al este de la provincia de Badajoz, y comprende dieciséis términos municipales de las comarcas de La Serena, La Siberia y Campiña Sur. Los aceites con Denominación de Origen Protegida “Gata Hurdes”, son aceites de oliva virgen extra monovarietal, procedentes de la variedad Manzanilla Cacereña, con color verdoso, brillante e intenso aroma afrutado de aceituna, manzana y plátano, ausente de amargor y un ligero y agradable picante. Se desarrolla en la comarca norte de la provincia de Cáceres, donde se encuentran 30.000 ha de aceitunas de la variedad Manzanilla Cacereña, siendo ésta la única variedad utilizada para los aceites protegidos por la Denominación de Origen Protegida “Gata-Hurdes”.

I.2. ELABORACIÓN DEL ACEITE DE OLIVA.

La obtención del aceite de oliva virgen de calidad es un proceso en el que intervienen numerosos factores formando una cadena que comienza en el árbol y no finaliza hasta que el aceite envasado llega al consumidor. El proceso de extracción del aceite de oliva sigue este esquema:

I.2.1. Recolección y transporte de la aceituna a la almazara.

La recolección es la operación que consiste en la separación de la aceituna del árbol, ya sea por caída natural o por derribo, y que tiene una marcada influencia en la calidad del aceite. Esta fase tiene gran importancia en los costes de producción y asimismo una marcada influencia sobre la calidad del aceite obtenido. Tres son los aspectos a considerar en la recolección del fruto bajo la óptica de la calidad: la época, la procedencia del fruto y la forma o método de realizarla.

La época de recolección influye directamente en la composición de los aceites y en sus características organolépticas. A medida que avanza la maduración del fruto se obtienen aceites con aromas más apagados perdiendo parte de su fragancia y más suaves al paladar.

En esta fase es importante establecer cuándo se recoge la aceituna (momento óptimo), de dónde se recoge (suelo o vuelo) y cómo se recoge (método a utilizar). Teniendo en cuenta que la calidad sensorial del aceite de oliva depende, entre otras variables, del momento óptimo de recolección, es muy importante controlar su estado de maduración. Para calcular dicho momento óptimo se establece el parámetro índice de madurez, que cuenta con 8 categorías (del 0 al 7) en función del color de la piel y pulpa de la aceituna. De 0 a 2,5 se considera que la aceituna está verde, de 2,5-3,5 en envero (momento óptimo de recolección) y a partir del 3,5 la aceituna está madura.

La última de las operaciones de campo que corresponde al agricultor es la del transporte de la aceituna a la almazara. El fruto debe llegar a la almazara lo más intacto posible. El sistema más apropiado es el transporte en cajas perforadas, al igual que se hace para la aceituna de mesa; aunque, en la actualidad, es el transporte a granel el más utilizado. Éste es un sistema aceptable siempre que el fruto no alcance gran altura, evitando así roturas por el peso de la propia aceituna que conducen a fermentaciones que deterioran el aceite final. También es conveniente que una vez recogida la aceituna se lleve a la almazara el mismo día de la recolección y molturarla cuanto antes ya que, desde que la aceituna es separada del olivo, comienza la alteración de sus componentes.

I.2.2. Elaboración propiamente dicha.

1.- Recepción y limpieza de las aceitunas.

En el momento en que se recibe las aceitunas en la almazara, estas deben ser clasificadas en función de su estado (aceitunas con defectos o sanas) y procedencia (suelo o vuelo).

Clasificada la aceituna pasa a la zona de limpieza. Ésta se lleva a cabo en las almazaras por medio de limpiadoras en continuo cuyo mecanismo de limpieza se basa en hacer pasar al fruto por una corriente de aire que lo separa del resto de impurezas (hojas, tallos, piedras, pequeños terrones, etc.) al ser estas últimas más ligeras que la aceituna. De aquí las aceitunas pasan a la lavadora donde se ponen en contacto con un caudal de agua que las arrastra quedándose atrás los elementos más pesados (tierra, piedras más grandes, etc.). Es, por tanto, fundamental realizar el proceso cuando la aceituna venga demasiado sucia del campo, sin embargo no es necesario someter al lavado la aceituna procedente del vuelo.

2.- Preparación de la pasta: Molienda y Batido.

El aceite se encuentra en el mesocarpio de las aceitunas, dentro de las vacuolas de la célula, en formas de diminutas gotas. El primer paso para la extracción del aceite es la molienda, que consiste en el desgarramiento de los tejidos del fruto dando lugar a la pasta de aceitunas. La pasta de aceituna está formada por una fase sólida (hueso y pulpa) y una fase líquida continua (gotas de aceite y alpechín). Este paso debe realizarse con la mayor uniformidad posible para conseguir una mayor eficacia en la siguiente fase, el batido. Además, se debe limitar en lo posible la aireación de la pasta y la incorporación de impurezas que actúen como catalizadores de la oxidación del aceite.

La misión del batido es la de reunir las gotas de aceite disperso en la pasta molida con el fin de conseguir una fase oleosa continua que se pueda separar correctamente. Este proceso debe llevarse a cabo de forma que permita el mayor contacto posible entre las gotas de aceite, sin provocar emulsiones que luego dificultan la extracción. Por todo ello, es importante controlar el tiempo y la temperatura del batido. El tiempo debe ser el suficiente para extraer la mayor cantidad de aceite pero no muy prolongado ya que se pierden muchos componentes relacionados con las características organolépticas del aceite, y la temperatura ideal de batido

se sitúa entre 25-30°C, suficiente para separar el aceite ya que temperaturas mayores producen pérdidas de aromas, aumento del índice de peróxidos, pérdida de estabilidad oxidativa y dan sabor a “quemado” al aceite (Civantos et al., 1992).

3.- Separación sólido-líquido.

Actualmente la mayoría de las almazaras realizan la separación de la fase sólida y las líquidas mediante un sistema continuo de extracción en un equipo llamado Decanter o Centrífuga Horizontal. En la pasta de aceituna molida y batida pueden distinguirse ya tres fases: sólidos, agua de vegetación y aceite. Para separar las tres fases la pasta de aceituna se somete a la acción de la fuerza centrífuga que se genera en el decanter girando a un elevado número de revoluciones por minuto. Los distintos componentes de la pasta se separan en función de sus densidades; por un lado los sólidos (componentes más pesados), agua de vegetación (densidad intermedia) y por último el aceite con la densidad más baja.

Existen dos tipos de centrífuga horizontal: centrífuga horizontal de tres y dos fases. En el primer tipo (con tres salidas) la pasta de aceituna procedente de la batidora se fluidifica con una cantidad variable de agua necesaria para facilitar el transporte de la pasta, mantener la temperatura de trabajo y crear capas de líquidos de suficiente espesor para una adecuada separación de las tres fases. En consecuencia, los productos que salen por las tres salidas del decanter son: orujo húmedo (45-50% de humedad), alpechín y aceite. En el decanter de dos fases (dos salidas) la pasta no requiere adición de agua, se inyecta en el decanter y se somete la pasta a la acción de la centrifugación saliendo por un lado los sólidos junto con el agua de vegetación (alpeorujo 55-60% de humedad) y por otro el aceite.

4.- Separación de fases líquidas.

El aceite obtenido a través del decanter contiene pequeñas impurezas constituidas por pequeños sólidos y agua de vegetación. Estas impurezas hay que eliminarlas y para ello se realiza un último paso a través de una centrífuga vertical que completa la limpieza del aceite. Otra forma de eliminar las impurezas es dejando reposar el aceite en unos depósitos, unas 24 horas, para que decante de manera que los sólidos y el agua se van al fondo, eliminándose y quedando el aceite más o menos limpio. Después de la centrifuga vertical o decantación del

aceite, este se pasa por un filtro obteniendo así un aceite limpio, exento de humedad e impurezas.

5.- Almacenamiento y conservación del aceite.

El almacén o bodega es el lugar donde el aceite va a permanecer hasta su comercialización y donde va a madurar. En el momento de llevar el aceite a la bodega es cuando se debe tomar muestras del aceite obtenido para determinar la calidad del mismo, principalmente acidez, y determinar las características organolépticas, almacenándolos de este modo en función de la calidad obtenida.

El principal peligro del aceite almacenado proviene de su tendencia, como el resto de las grasas, a la reacción de los ácidos grasos con el oxígeno atmosférico. Esta reacción de autooxidación origina unos productos denominados peróxidos, estos se degradan dando productos cetónicos o aldehídos responsables de un característico olor y sabor a rancio.

En el aceite almacenado tiene poca importancia los procesos hidrolíticos si se ha eliminado el agua de vegetación antes de enviar los aceites a bodega, aunque pueden producirse fermentaciones de partículas sólidas, ricas en azúcares, no separadas en la centrifugación y decantación; es por tanto muy importante que los aceites lleguen a la bodega lo más limpio posible.

En general, para conseguir una buena conservación del aceite, la bodega debe estar aislada térmicamente (paredes y techo) con una temperatura media ambiente de 15-18°C, una iluminación moderada, alejada de cualquier foco que pueda transmitir al aceite sabores extraños y con un número suficiente de depósitos de manera que permita una correcta clasificación del aceite.

I.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE DE OLIVA.

El Aceite de Oliva es un nutriente de alto valor biológico y terapéutico y el secreto está en su estructura química. Se compone de una fracción saponificable (aquella que se transforma en jabones cuando se trata con un hidróxido alcalino y que representa alrededor del 98,5% del aceite) formada por ácidos grasos y triglicéridos, y otra fracción no saponificable (aproximadamente 1,5%) constituida por lo que se denomina componentes menores del aceite que, aunque se encuentran en un bajo porcentaje, son de gran importancia

desde el punto de vista nutricional así como de estabilidad y calidad organoléptica en los aceites (vitaminas, polifenoles y otros antioxidantes, esteroides y alcoholes, entre otros). De hecho, debido a su alta especificidad, los componentes menores se utilizan como criterio de calidad y autenticidad del aceite de oliva.

I.3.1. Composición de la fracción saponificable.

La fracción saponificable comprende el 98-99 % del total del peso del aceite. Está formada por los triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres y fosfolípidos. Los aceites se caracterizan por los ácidos grasos que forman la combinación en los triglicéridos existiendo un claro predominio del ácido oleico (entre el 55 y el 83% del total) y del ácido linoleico (entre un 4 y un 21%).

Los ácidos grasos son compuestos hidrocarbonados con un grupo metilo terminal y un grupo carboxilo. En función del grado de saturación podemos encontrar ácidos grasos saturados (no presentan ningún doble enlace en su cadena), monoinsaturados (con un único doble enlace en la cadena) y poliinsaturados (poseen más de un doble enlace en la cadena).

ACIDO GRASOS	PORCENTAJE
Mirístico (C14:0)	0,0-0,05
Palmítico (C16:0)	7,5-20,0
Palmitoleico (C16:1 n7)	0,3-3,5
Margárico (C17:0)	0,0-0,3
Margaroleico (C17:1)	0,0-0,3
Esteárico (C18:0)	0,5-5,0
Oleico (C18:1 n9)	55,0-83,0
Linoleico (C18:2 n6)	3,5-21,0
Linolénico (C18:3 n3)	0,0-0,9
Araquídico (C20:0)	0,0-0,6
Eicosenoico (C20:1 n9)	0,0-0,4
Behénico (C22:0)	0,0-0,2
Lignocérico (C24:0)	0,0-0,2

Tabla I.4. Porcentaje de los diferentes ácidos grasos presentes en el aceite de oliva. Fuente: Tesis doctoral "Aceite de oliva virgen extra y prevención de la aterosclerosis". De la Osada, J. (2010).

La composición de ácidos grasos que presentan las grasas va a condicionar tanto las cualidades físico-químicas como biológicas de las mismas, de este modo las grasas con predominio de ácidos grasos insaturados son líquidas a temperatura ambiente y comúnmente se denominan aceites. El perfil de ácidos grasos de un aceite viene determinado por la zona de producción, el clima, el grado de madurez del fruto y la variedad. La Tabla I.4 muestra los porcentajes medios de los ácidos grasos presentes en el aceite de oliva (Montedoro et al., 2007).

Los triglicéridos están formados por una molécula de glicerol esterificada con ácidos grasos y sus propiedades biológicas vendrán definidas por el tipo de ácido graso que tengan en su composición. La distribución de los ácidos grasos en la molécula de triglicéridos sigue un patrón definido ocupando siempre la posición central un ácido graso saturado. En la Tabla I.5 aparece el intervalo de porcentajes de los triglicéridos presentes en una muestra de aceite de oliva por orden de importancia.

TRIGLICÉRIDOS	PORCENTAJE
OOO	40-59
POO	15-22
OOL	12-20
POL	5,5-7
PLO	4-5
SOO	3-7
POP	2-4

Tabla I.5. Porcentajes medios de los diferentes triglicéridos presentes en el aceite de oliva. O: ácido oleico, P: ácido palmítico, L: ácido linoleico, S: ácido esteárico. Fuente: Tesis doctoral "Aceite de oliva virgen extra y prevención de la aterosclerosis". De la Osada, J. (2010).

I.3.2. Composición de la fracción insaponificable.

La fracción insaponificable constituye el 1,5 % del peso del aceite de oliva. Este

porcentaje engloba una gran cantidad de componentes menores que son muy importantes para la estabilidad, sabor, aroma y calidad del aceite de oliva. Comprende los hidrocarburos, esteroides, alcoholes triterpénicos y tocoferoles, entre otros. Los componentes minoritarios de los aceites vegetales se pierden en gran medida durante el proceso de refinación, por lo que solo en los aceites de oliva virgen y extra virgen se cuenta con estos componentes para dotar de aromas, fragancias y beneficios para la salud, además de ser utilizados como método de autenticación y detección de posibles adulteraciones.

En la Tabla I.6 se muestran los principales componentes de la fracción insaponificable de un aceite de oliva virgen.

COMPUESTOS	CANTIDAD O PROPORCIÓN
Terpenos:	
Escualeno	300-700 mg / 100 g.
Carotenos	0,5-10 mg / 100 g. (expresado como β -caroteno)
Clorofilas	0-9,7 ppm
Tocoferoles	7-30 mg / 100 g.
α -tocoferol	$\geq 93\%$
β y γ -tocoferol	$\leq 10\%$ del total de tocoferoles
δ -tocoferol	$\leq 10\%$
Esteroides	
Campesterol	80-240 mg / 100 g.
Estigmasterol	2,0-3,0 %
β -Sitosterol +	1,0-2,0 %
$\Delta 5$ - Avenasterol	95-97%
Compuestos fenólicos	50-500 mg / kg. (expresado como ácido cafeico)
Alcoholes	
Cetonas	
Esteres	
Eteres	
Derivados furánicos...	

Tabla I.6. Principales componentes de la fracción insaponificable del aceite de oliva virgen. Fuente: Mataix y Martínez de Victoria (1988).

El principal hidrocarburo presente en el aceite de oliva virgen es el escualeno, producto intermedio de la biosíntesis del colesterol y precursor de los esteroides, siendo su contenido en aceite de oliva virgen de suma importancia para su autenticación (Oueslati et al., 2009). Puede constituir hasta el 90% de los hidrocarburos del aceite de oliva virgen, mientras que en los aceites refinados su concentración se reduce considerablemente.

El β -caroteno es otro hidrocarburo tetraterpénico presente en el aceite de oliva virgen que junto con las clorofilas, es el responsable de la coloración verde-amarillenta del aceite de oliva virgen. Es un pigmento que previene la fotooxidación pero su interés, desde un punto de vista nutricional, radica en su actividad como Provitamina A. Desde un punto de vista químico, debido a su alto nivel de insaturaciones, los carotenos tienden a degradarse durante el procesado de los alimentos, almacenamiento y tratamientos térmicos (Zeb et al., 2011).

La composición clorofílica y carotenoides del aceite de oliva virgen depende del grado de madurez con el que se recolectan los frutos, el tiempo de permanencia en la fábrica y las condiciones más o menos drásticas del proceso de extracción (Gandul et al., 1996). La fracción clorofílica la integran la clorofilas a y b (color verde) y sus derivados libres de magnesio, las feofitinas a y b (color marrón). Tienen un efecto oxidante en presencia de la luz debido a que la clorofila absorbe luz en la zona de 320 a 700 nm, pero en la oscuridad actúan como antioxidantes.

La composición y el contenido total de pigmentos presentes de forma natural en el aceite de oliva son importantes parámetros para la determinación de su calidad, ya que están relacionados con el color que, aunque no es un parámetro de calidad recogido en el Reglamento de la CEE, es un atributo fundamental en la evaluación organoléptica determinando el grado de aceptación del consumidor.

Los tocoferoles contribuyen a dar estabilidad al aceite y desempeña un papel beneficioso en la salud por su actividad antioxidante. El tocoferol mayoritario es el α -tocoferol, que supone el 95% del total de los tocoferoles en el aceite de oliva virgen siendo el que presenta un mayor efecto antioxidante (Anastasopoulos et al., 2012) y el más activo biológicamente como Vitamina E. Las formas β y γ se encuentran por debajo del 10% y la forma δ en proporciones muy bajas.

Los esteroides constituyen el mayor porcentaje de la porción de insaponificable

presente en la mayoría de los aceites vegetales. Pueden existir como formas libres o esterificados con un ácido graso (Manai et al., 2006). Son compuestos derivados del escualeno cuya característica común es el anillo esterol y las diferencias radican en la cadena lateral. Su función principal es estructural ya que son constituyentes de las membranas celulares vegetales, aunque algunos fitoesteroles presentan también una cierta acción hormonal (Jones et al., 1997). El análisis de la fracción esterólica del aceite de oliva virgen puede ser usado para valorar el grado de calidad del mismo y la ausencia de adulteraciones con otros aceites vegetales (Ouni et al., 2011). El fitosterol más importante es el β -sitosterol, que constituye el 90-95% del total de los esteroides del aceite de oliva. En menor proporción se encuentran el Δ^5 -avenasterol (5-36%), campesterol (3%) y estigmasterol (1%). Existen varios factores que afectan cuantitativamente a la fracción esterólica de un aceite entre los que se encuentran el estado de madurez del fruto, la variedad, el sistema de extracción del aceite y los procesos de refinación y almacenaje del aceite de oliva virgen (Ben et al., 2008).

Los polifenoles forman parte de la fracción polar que se obtiene normalmente por extracción del aceite con metanol/agua. Son compuestos característicos de las plantas verdes con estructura aromática cuya unidad básica es el fenol. Se conocen más de 8.000 polifenoles vegetales entre los que figuran quinonas, cumarinas, lignanos y flavonoides. El grupo de compuestos fenólicos identificados en el aceite de oliva virgen abarca un elevado número de sustancias como ácido gálico, ácido vanílico, ácido cafeico, ácido cinámico, ácido elenólico, tirosol e hidroxitirosol (Mataix et al., 1988). Los polifenoles son sustancias mayoritariamente hidrosolubles presentes en la pulpa de la aceituna y que se extraen durante el proceso de elaboración del aceite de oliva, siendo la mayor parte arrastrados por el alpechín, quedando un pequeño porcentaje en el aceite que actúa como antioxidante. En aceites españoles el contenido en polifenoles varía entre 50 y 500 ppm de ácido cafeico (Vázquez et al., 1975). Esta variabilidad depende de la variedad, cultivo y grado de madurez de las aceitunas (mínimo cuando las aceitunas están muy maduras), del estado sanitario y conservación de las aceitunas (las aceitunas dañadas o conservadas mucho tiempo sufren fenómenos de oxidación y de hidrólisis formando derivados con mayor polaridad y solubilidad en agua) y del sistema de extracción del aceite (conforme aumenta el agua utilizada en la extracción disminuye su contenido) (Fedeli, 1993).

I.4. CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN.

En líneas generales, la calidad de un producto viene representada por el conjunto de características propias que permiten apreciarlo como igual, mejor o peor que los restantes de su especie.

En el aceite de oliva virgen el patrón de calidad vendrá representado por un zumo oleoso obtenido de aceitunas sanas y en perfectas condiciones de madurez y habrá que evitar para ello toda manipulación o tratamiento que altere la naturaleza química de sus componentes tanto en la extracción como en el transcurso de su almacenamiento.

Los parámetros de calidad, usualmente aplicables al aceite de oliva virgen, son: acidez, relacionada con los procesos hidrolíticos, grado de oxidación y características sensoriales. Existen otros parámetros que determinan no solo la calidad de los distintos aceites de oliva, sino también su pureza, indicándonos posibles fraudes (Jiménez et al., 2002).

Los criterios objetivos de calidad se miden por métodos de laboratorio y se refieren a la determinación de parámetros que ponen de manifiesto los deterioros habidos en el aceite o la existencia de causas próximas que los van a producir (Civantos, 1999).

I.4.1. Parámetros de calidad y pureza.

Las normas internacionales propuestas por el Comité Oleícola Internacional y publicadas en el Reglamento CEE N° 2568/91 y sus posteriores modificaciones, proponen una serie de parámetros de calidad y pureza que hay que tener en cuenta a la hora de clasificar los aceites en función de su calidad. Dentro de los parámetros de calidad se encuentran la acidez, índice de peróxidos, absorbancia a la radiación ultravioleta (K_{232} , K_{270} y ΔK) y análisis sensorial. Entre los parámetros de pureza establecidos en el Reglamento encontramos ácidos grasos, triglicéridos, esteroides, eritrodioleína, ceras, estigmastadienos y alcoholes alifáticos.

I.4.1.1 Parámetros de Calidad.

El grado de acidez determina la cantidad de ácidos grasos libres presentes en un aceite, expresados en ácido oleico (%). El aceite contenido en una aceituna sana que está en árbol tiene 0% de acidez libre, la presencia de ácidos grasos libres es consecuencia de factores

como un mal estado del fruto, mala conservación del mismo o un mal procesado. Cuando la acidez es elevada los aceites no pueden ser utilizados para alimentación humana debiendo ser refinados (aceites con acidez superior a 2%).

El índice de peróxidos determina el estado de oxidación primaria de un aceite antes de que se aprecie el olor y sabor a rancio. Se expresa en miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de aceite. Las grasas se oxidan al entrar en contacto con el oxígeno del aire formándose diversos compuestos, entre ellos los peróxidos, que se consideran productos primarios de la oxidación. El índice de peróxidos detecta una oxidación incipiente, antes de que se hayan formado grupos carbonilos, y por tanto, antes de que haya manifestación de olores y sabores. Su límite máximo para consumo está en 20 meq/kg.

La absorbancia en el ultravioleta es una analítica que se fundamenta en la medida espectrofotométrica ultravioleta del coeficiente de extinción a distintas longitudes de onda: 232 nm (K_{232}) y 270 nm (K_{270}). El K_{232} , al igual que el índice de peróxidos, indica la oxidación inicial de un aceite estando el límite máximo para un aceite de oliva virgen extra en 2,5. El K_{270} detecta un estado oxidativo más avanzado. Esta medida sirve también como parámetro de pureza porque los aceites con tratamientos industriales, como es el proceso de refinación, incrementan los trienos conjugados, estableciendo la normativa un límite de 0,22 para los aceites de oliva virgen extra.

El análisis sensorial se define como una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las reacciones humanas ante aquellas características de los alimentos que son perceptibles por los sentidos. Catar es apreciar, analizar mediante los órganos de los sentidos las cualidades de un producto.

Las características sensoriales que presentan los aceites de oliva virgen son un conjunto de rasgos que, junto a otros de carácter no deseables como pueden ser olores y sabores a agrio-avinado, rancio, atrojado, etc., permiten definir y clasificar a los aceites teniendo en cuenta las peculiaridades que presentan (Sánchez et al., 2006).

A la hora de encuadrar un aceite de oliva virgen dentro de las distintas categorías existentes en el reglamento de la Comisión Europea, nos basamos, entre otros parámetros, en la evaluación sensorial. Existe una relación directa entre la composición físico-química (compuestos volátiles y fenólicos) de dichos aceites y su perfil sensorial (Manai et al., 2007).

La calidad sensorial de un aceite de oliva virgen puede verse afectada por numerosos factores como la variedad y estado de maduración del fruto que afectan a la composición química de los aceites (aromas, ácidos grasos, polifenoles). Los factores tecnológicos que influyen en la calidad sensorial del aceite de oliva abarcan desde la entrada y almacenamiento de la aceituna en la almazara hasta la conservación final de los aceites extraídos.

Puesto que el análisis sensorial es realizado por personas, son apreciaciones subjetivas que con toda probabilidad serán diferentes entre unas personas y otras, para salvar ese obstáculo se usa el método de panel de cata. El panel es un instrumento objetivo de control formado con elementos subjetivos (catadores). El catador es la persona con los conocimientos, entrenamiento y experiencia necesarios para evaluar un producto alimentario desde el punto de vista sensorial. El panel de cata se basa en ensayos organolépticos realizados, bajo condiciones controladas, por un grupo de catadores previamente seleccionados y entrenados de acuerdo con técnicas sensoriales preestablecidas. Tiene como fin sustituir un juicio individual por el criterio medio de un grupo de catadores dando al resultado una base amplia. A la hora de analizar sensorialmente un aceite de oliva hay que evaluar una serie de atributos: positivos (frutado, amargo, picante, dulce, manzana, etc.) y negativos (atrojado, avinado-avinagrado, cocido-quemado, metálico, moho-humedad, etc.). Los datos obtenidos por el catador se reflejan en una hoja de perfil, reflejando la intensidad con la que percibe cada atributo, tanto positivo como negativo, en una escala no estructura de 10 cm (hoja de perfil del COI).

El método establecido por el COI permite valorar las características del flavor del aceite de oliva virgen y desarrolla la metodología para su clasificación y el Reglamento (CEE) N° 2568/91 y sus posteriores modificaciones clasifica los aceites dentro de una de las tres categorías en función de la mediana de los defectos: “Virgen Extra” debe tener la mediana de los defectos (Md) igual a 0 y una mediana del atributo frutado (Mf) mayor de 0, la categoría “Virgen” debe tener una $Md < 3,5$ siempre y cuando tenga una $Mf > 0$ y “Lampante” son todos aquellos que no cumplan lo anteriormente expuesto y con una $Md > 3,5$.

El Reglamento (UE) N° 61/2011 añadía un nuevo parámetro de calidad a los aceites de oliva virgen extra: el contenido en ésteres metílicos y etílicos, en su conjunto “ésteres alquílicos”. Un alto contenido de estos compuestos en los aceites indica que se han obtenido

de aceitunas deterioradas, por exceso de maduración en el caso de los metílicos o por fermentación de la materia orgánica en el caso de los etílicos. Dada la controversia suscitada entre los diferentes países productores acerca del contenido máximo permitido de estos compuestos en los aceites de oliva vírgenes, se ha ido modificando la legislación hasta llegar al reglamento más actual (Reglamento de Ejecución (UE) N° 1348/2013) que elimina como parámetro de calidad el contenido en ésteres metílicos y restringe mucho el contenido en los etílicos: se establece el valor máximo en 40 mg/kg para la campaña 2013/14, 35 mg/kg para la campaña 2014/15 y 30 mg/kg para campañas posteriores.

I.4.1.2 Parámetros de Pureza.

El estudio de los parámetros de pureza se realiza analizando entre otros compuestos los ácidos grasos, triglicéridos, esteroides, eritrodioleína+uvaol, ceras, estigmastadienos y alcoholes alifáticos. Los ácidos grasos son los que van a diferenciar una grasa de otra. Los aceites de semilla y el de oliva tienen los mismos ácidos grasos pero en distinta proporción. En el aceite de oliva el ácido oleico (C18:1) es el que presenta un mayor porcentaje (55-83%) mientras que en los aceites de semilla es el ácido linoléico (C18:2) el mayoritario (50-70% en el caso del aceite de girasol). La normativa refleja solamente los límites para los ácidos grasos minoritarios siendo para el aceite de oliva virgen: Mirístico ($\leq 0,05\%$), Linoléico ($\leq 1\%$), Araquídico ($\leq 0,6\%$), Eicosenoico ($\leq 0,4\%$), Behénico ($\leq 0,2\%$) y Lignocérico ($\leq 0,2\%$).

El contenido de triglicéridos se analiza como el número de carbonos equivalentes (ECN) utilizando la normativa el ECN 42 para detectar la presencia de pequeñas cantidades de aceites de semillas ricos en ácido oleico en todas las categorías de aceites de oliva. En el aceite de oliva el triglicérido mayoritario es la trioleína (OOO) y prácticamente no existe la trilinoleína (LLL), siendo este triglicérido el que se encuentra en mayor porcentaje en los aceites de semilla. Con una fórmula estadística se calcula el contenido teórico de ECN42 y se compara con el contenido real obtenido por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). La diferencia entre ambos no puede ser mayor a 0,2 para un aceite de oliva virgen extra.

La concentración y composición de esteroides permiten determinar la presencia de aceites de semillas en aceites de oliva (Moreda et al., 1995). El β -Sitosterol es el esteroide mayoritario en el aceite de oliva ($\geq 93\%$ para un aceite de oliva en todas sus categorías). En

los aceites de semilla, sin embargo, se encuentran en alto porcentaje el Campesterol, Estigmasterol, Δ -7-Campesterol y Δ -7-Estigmasterol, en porcentajes variables en función del tipo de semilla. Los límites máximos establecidos en la legislación para los esteroides minoritarios en los aceites de oliva vírgenes son de 0,5% para el Colesterol y Δ -7-Estigmasterol, 0,1% para Brasicasterol, y 4,0% para Campesterol respecto del total de esteroides. El contenido en Estigmasterol no debe superar al de Campesterol. Junto a los esteroides se analizan el Eritrodiol y Uvaol, dos dialcoholes triterpénicos que se encuentran en altas cantidades en los aceites de oliva obtenidos mediante extracción. Su contenido máximo admisible es de 4,5% respecto del total de esteroides, en todos los aceites de oliva virgen.

Las características que deben cumplir los distintos tipos de aceite de oliva y de orujo de oliva en función de su categoría se presentan en las Tablas I.7 y I.8, atendiendo a las especificaciones recogidas en el Reglamento (CEE) N° 2568/91 y sus modificaciones posteriores. La última de estas modificaciones, Reglamento de Ejecución (UE) N° 1348/2013, hace coincidente los criterios de pureza y calidad de la UE y COI en parámetros como ésteres metílicos de ácidos grasos, ésteres etílicos de ácidos grasos, ceras, estigmastadienos y análisis sensorial, antes con criterios diferentes.

Categoría	Acidez (%)	Índice de peróxidos mEq O ₂ /kg	Ceras mg/kg (**)	Ácidos saturados en posición 2 de los triglicéridos (%)	Estigmastadieno mg/kg	Diferencia entre ECN42 HPLC y ECN42 (cálculo teórico)	K232	K270	Delta-K	Evaluación organoléptica Mediana del defecto (Md)	Evaluación organoléptica Mediana del atributo frutado (Mf)
Aceite de oliva virgen extra	≤ 0,8	≤ 20	≤ 250	≤ 1,5	≤ 0,15	≤ 0,2	≤ 2,50	≤ 0,22	≤ 0,01	Md = 0	Mf > 0
Aceite de oliva virgen	≤ 2,0	≤ 20	≤ 250	≤ 1,5	≤ 0,15	≤ 0,2	≤ 2,60	≤ 0,25	≤ 0,01	Md ≤ 2,5	Mf > 0
Aceite de oliva lampante	> 2,0	—	≤ 300	≤ 1,5	≤ 0,50	≤ 0,3	—	—	—	Md > 2,5	—
Aceite de oliva refinado	≤ 0,3	≤ 5	≤ 350	≤ 1,8	—	≤ 0,3	—	≤ 1,10	≤ 0,16	—	—
Aceite de oliva compuesto exclusivamente por aceites de oliva refinados y aceites de oliva vírgenes	≤ 1,0	≤ 15	≤ 350	≤ 1,8	—	≤ 0,3	—	≤ 0,90	≤ 0,15	—	—
Aceite de orujo de oliva crudo	—	—	> 350	≤ 2,2	—	≤ 0,6	—	—	—	—	—
Aceite de orujo de oliva refinado	≤ 0,3	≤ 5	> 350	≤ 2,2	—	≤ 0,5	—	≤ 2,00	≤ 0,20	—	—
Aceite de orujo de oliva	≤ 1,0	≤ 15	> 350	≤ 2,2	—	≤ 0,5	—	≤ 1,70	≤ 0,18	—	—

Tabla I.7. Características de calidad de los aceites de oliva. Elaboración propia a partir del Reglamento (CE) N° 1989/2003.

Categoría	Contenido de ácidos grasos						Sumas de los isómeros trans-oleicos (%)	Sumas de los isómeros trans-linoleicos + trans-linolénicos (%)	Composición de esteroides					Esteroides totales (mg/kg)	Eritrodil y uvaol (%)	
	Mirístico (%)	Linolénico (%)	Araquídico (%)	Eicosenoico (%)	Behénico (%)	Lignocérico (%)			Colesterol (%)	Brassicasterol (%)	Campesterol (%)	Estigmasterol (%)	Beta-Sitosterol (%)			Delta 7-estigmasterol (%)
1. Aceite de oliva virgen extra	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	< Camp	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5
2. Aceite de oliva virgen	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	< Camp	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5
3. Aceite de oliva lampante	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	—	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5
4. Aceite de oliva refinado	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,20	≤ 0,30	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	< Camp	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5
5. Aceite de oliva compuesto exclusivamente por aceites de oliva refinados y aceites de oliva vírgenes	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,20	≤ 0,30	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	< Camp	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5
6. Aceite de orujo de oliva crudo	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,3	≤ 0,2	≤ 0,20	≤ 0,10	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 4,0	—	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 2 500	> 4,5
7. Aceite de orujo de oliva refinado	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,3	≤ 0,2	≤ 0,40	≤ 0,35	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 4,0	< Camp	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 800	> 4,5
8. Aceite de orujo de oliva	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,3	≤ 0,2	≤ 0,40	≤ 0,35	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 4,0	< Camp	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 600	> 4,5

Tabla I.8. Características de pureza de los aceites de oliva. Elaboración propia a partir del Reglamento (CE) N° 1989/2003.

I.4.1.3. Categorías de aceites de oliva.

El Reglamento (CEE) N° 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis y sus sucesivas modificaciones, junto a definiciones recogidas en la norma comercial establecida por el COI/T.15/NC n°3/Rev. 7 de mayo de 2013 y en la normativa del CODEX STAN 33-1981 establecen la siguiente clasificación de los aceites de oliva:

Aceites de oliva vírgenes.

El aceite de oliva virgen es el obtenido del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos o por otros medios físicos en condiciones, especialmente térmicas, que no produzcan la alteración del aceite, que no haya tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado, con exclusión de los aceites obtenidos mediante disolventes o por procedimientos de reesterificación y de cualquier mezcla con aceites de otra naturaleza.

Se clasifica y se comercializa según las denominaciones y definiciones siguientes:

- **Aceite de oliva virgen extra:** aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico no supera 0,8 g por cada 100 g, y cuyas otras características son conformes a las establecidas para esta categoría.
- **Aceite de oliva virgen:** aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico no supera 2,0 g por cada 100 g, y cuyas otras características son conformes a las establecidas para esta categoría.
- **Aceite de oliva lampante:** aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es superior a 2,0 g por cada 100 g, y/o cuyas otras características son conformes a las establecidas para esta categoría. Es un aceite defectuoso no apto para consumo y que necesita ser refinado.

Aceites de oliva no vírgenes.

- **Aceite de oliva refinado** es el obtenido por refinado de aceites de oliva vírgenes cuya acidez libre, expresada en ácido oleico, es como máximo de 0,3 g por cada 100 g, y cuyas otras características son conformes a las establecidas para esta categoría.
- **Aceite de oliva** es el constituido por una mezcla de aceite de oliva refinado y de aceites de oliva vírgenes distintos del aceite lampante, cuya acidez libre, expresada en ácido oleico, no podrá ser superior a 1 g por cada 100 g, y cuyas otras características son conformes a las establecidas para esta categoría.
- **Aceite de orujo de oliva crudo** es el aceite que se obtiene del orujo de oliva mediante un tratamiento con disolvente o empleando medios físicos, o que corresponde, salvo en determinadas características, al aceite de oliva lampante, y cuyas otras características se ajustan a las establecidas para esta categoría, excluido el aceite obtenido por un procedimiento de esterificación o como resultado de una mezcla con aceites de otros tipos.
- **Aceite de orujo de oliva refinado** es el aceite obtenido mediante refinado de aceite de orujo de oliva crudo cuya acidez libre, expresada en ácido oleico, no podrá ser superior a 0,3 g por cada 100 g, y cuyas otras características son conformes a las establecidas para esta categoría.
- **Aceite de orujo de oliva** es el aceite constituido por una mezcla de aceite de orujo de

oliva refinado y aceites de oliva vírgenes distintos del lampante cuya acidez libre, expresada en ácido oleico, no podrá ser superior a 1 g por cada 100 g, y cuyas otras características son conformes a las establecidas para esta categoría.

I.4.2. Oxidación del aceite de oliva virgen.

Las alteraciones producidas en el aceite de oliva virgen se deben, principalmente, a procesos de hidrólisis sobre los triglicéridos llevados a cabo por enzimas lipolíticas.

Existen, además, procesos de fermentación que se desencadenan sobre frutos (en el campo, en el troje o durante otras manipulaciones en la almazara), en los orujos y en las materias extrañas que acompañan a los aceites durante la elaboración. Los procesos oxidativos se ven potenciados por la presencia de luz, aire, calor y trazas metálicas. Además, es importante la pérdida de sustancias volátiles (aromas) como consecuencia de una elevada aireación y especialmente por el calentamiento excesivo de masas (pasta de aceitunas) y aceites.

El control del estado oxidativo de un aceite de oliva se puede llevar a cabo con métodos como el Rancimat (estabilidad oxidativa), midiendo la resistencia a la oxidación de un aceite, y mediante el contenido en fenoles totales, antioxidantes naturales existentes en pequeñas cantidades en las aceitunas.

La estabilidad, frente a la oxidación, por el método Rancimat (expresado en horas Rancimat) proporciona un valor aproximado del estado puntual de oxidación de una grasa permitiéndonos establecer o valorar la vida útil de un aceite.

La cantidad y composición de los compuestos fenólicos en un aceite dependen de varios factores como la variedad, el índice de madurez del fruto, los cuidados agronómicos y con aspectos relacionados con la extracción del mismo (Douzane et al., 2013). Los compuestos fenólicos están también implicados en las características sensoriales de un aceite proporcionando amargor a los mismos. Los polifenoles son sintetizados por las plantas como respuesta a un estrés producido por el medio en el que se encuentran e infecciones microbianas y es sabido que poseen propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas además de actuar como antioxidante (Anastasopoulos et al., 2012).

I.5. FACTORES QUE INCIDEN EN LA CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN.

I.5.1. Factores agronómicos.

Los factores agronómicos tienen una marcada incidencia en la calidad de los aceites ya que afectan directamente a la aceituna. Entre ellos encontramos la variedad de aceituna y el medio en el que se cultivan. Las características genéticas de los cultivares están relacionadas con su sensibilidad o resistencia a enfermedades, plagas y condiciones climáticas, por lo que al elegir un cultivar o variedad de olivo se está determinando la futura calidad de los aceites.

El tamaño de los frutos, la fecha de maduración, la resistencia del fruto al desprendimiento, etc., son características de cada cultivar e influyen de manera directa o indirecta en la calidad de los aceites. Cualquier variedad y medio pueden dar aceite de oliva virgen extra, sin embargo, dependiendo del cultivar y de las características del entorno encontraremos diferencias en la composición del aceite (fracción ácida y contenidos en polifenoles, tocoferoles y carotenoides) y por lo tanto en su caracterización sensorial. Factores del medio como la temperatura y las precipitaciones inciden en el comportamiento fisiológico de la planta y, por tanto, en la calidad del aceite. Este tipo de factores (factores intrínsecos) son difíciles de modificar.

Los factores extrínsecos son aquellos que pueden ser controlados con relativa facilidad por el propio agricultor como son: técnicas agronómicas de cultivo, recolección y transporte del fruto. Las prácticas culturales como la poda, riego y abonado tienen poca significación sobre la calidad del aceite pero, sin embargo, si es necesario el control de las plagas y enfermedades para la obtención de un aceite de calidad. De entre todas, las más importantes son las que atacan al fruto en el proceso de maduración o una vez alcanzada ésta, y por tanto afectan a la calidad del aceite. Las más relevantes por su presencia en el olivar extremeño son las que causan la caída del fruto como el Barrenillo (*Phloeotribus scarabeoides*) y el Repilo (*Cycloconim oleaginum*) y las que producen galerías y heridas en la pulpa de la aceituna como la Mosca del olivo (*Bactrocera oleae*).

En la recolección hay que tener en cuenta tres factores que influyen en la calidad, el

momento, la procedencia del fruto y el método empleado. La composición de los aceites varía a lo largo del proceso de maduración disminuyendo la relación de los ácidos monoinsaturados/poliinsaturados y aumentando el contenido de polifenoles hasta un punto en que empiezan a decaer, por lo que cada vez tienen aromas más apagados, pasando de más amargos a más dulces. La recolección repercute tanto en la calidad como en la cantidad del aceite extraído. El mejor momento para recoger la aceituna es cuando está formado todo el aceite, es decir, cuando queden pocos frutos verdes en el árbol, la mayoría en envero y algunos negros.

La forma idónea de transportar las aceitunas es en caja de plástico, con paredes porosas y que permitan una buena circulación del aire. Lo importante es que los frutos no se deterioren ni aplasten en el transporte, evitando el inicio de procesos de fermentación que provocan la alteración del fruto y en consecuencia el deterioro de la calidad del aceite producido.

I.5.2. Factores tecnológicos.

En cuanto a las operaciones previas a la extracción del aceite de oliva, hay que poner especial cuidado en la selección y almacenamiento de los frutos. En el momento de entrada de las aceitunas en las almazaras deben ser dirigidas a puntos de descarga diferentes las que están sucias de las que están poco sucias.

La limpieza y el lavado del fruto son imprescindible si se quieren eliminar hojas y ramas que comunican sabor verde al aceite, así como tierra, polvo, etc., que comunican sabores extraños al producto final. El lavado de la aceituna debe realizarse en función del grado de suciedad que traigan, ya que al aumentar el grado de humedad de los frutos se reduce la extractabilidad, estabilidad oxidativa y la valoración sensorial (Uceda et al., 2006).

La preparación de la pasta se lleva a cabo en dos fases; primero se realiza la molienda de la aceituna y posteriormente se bate la pasta resultante. Con estas operaciones se pretende liberar y agrupar las gotas de aceite para su posterior separación. Durante la molienda debe evitarse la formación de emulsiones, ya que afectaría al rendimiento y a la calidad del aceite, además de prestar atención a la aireación que debe ser la menor posible y evitar la incorporación de trazas metálicas que producen alteraciones en el color y sabor de los aceites,

al tiempo que catalizan los procesos oxidativos, disminuyendo su estabilidad. En el batido de la masa se procede a un calentamiento de la pasta a fin de reducir viscosidad y facilitar la formación de la fase oleosa. Este proceso favorece la extractabilidad pero es claramente perjudicial para la calidad, al perderse parte de los aromas, iniciarse los procesos oxidativos y disminuir la estabilidad de los aceites. El tiempo y la temperatura del batido son dos parámetros que están muy relacionados. Uceda (2006) en su estudio sobre la extracción del aceite de oliva y la calidad establece un rango mínimo de tiempo de batido entre 60 y 90 minutos ya que al fijar una temperatura, mayores tiempos de batido no implicaban una mayor extracción del aceite. No obstante, sí se ha demostrado que a menor tiempo de batido menor pérdida de compuestos fenólicos relacionados con la estabilidad oxidativa y el amargor de los aceites. Del mismo modo, mientras más baja sea la temperatura menor será la pérdida de compuestos aromáticos responsables del flavor del aceite (Uceda et al., 2006; Aguilera et al., 2010).

La tecnología de extracción tiene una gran influencia sobre las características del aceite de oliva, siendo uno de los factores que más afectan a la calidad del aceite de oliva virgen extra.

El proceso de extracción del aceite de oliva virgen ha evolucionado mucho en los últimos treinta años. El sistema tradicional de extracción por presión fue reemplazado por el sistema de centrifugación de la pasta de aceituna que permitía separar el aceite de otras fases. Los sistemas de centrifugación han permitido reducir los costes de elaboración, aumentar la capacidad de producción y disminuir el tiempo de almacenamiento de las aceitunas previo a su molturación (Del Caro et al., 2005). Todo ello contribuye a mejorar la calidad del aceite de oliva virgen.

El primer sistema de centrifugación se planteó con tres salidas: una para la fase oleosa (aceite), otra para la acuosa (alpechín) y otra para la fase sólida (orujo). Para producir la separación de las tres fases la pasta de aceituna se fluidifica con agua caliente (40°C), con el inconveniente de las pérdidas de aromas y antioxidantes (compuestos fenólicos solubles en agua), influyendo en la calidad del aceite, junto al problema de eliminación de residuos líquidos. Algunos años después, para solventar el problema de residuos de la centrifugación de tres fases apareció el sistema de centrifugación de dos fases, capaz de centrifugar la pasta oleosa sin la dilución previa con agua caliente, permitiendo resolver desde la raíz el problema del tratamiento de efluentes en almazaras, resultando aceites cualitativamente superiores sobre

todo por la mayor estabilidad oxidativa y por las mejores características sensoriales (Ranalli et al., 1995).

Podemos afirmar que la calidad de un aceite nace en el campo por la combinación de factores ambientales (clima y suelo), genéticos (variedad) y agronómicos (técnicas de cultivo) y que las operaciones siguientes a la recolección, como son transporte y manejo de la aceituna, extracción y conservación del aceite deben mantener íntegras las características cualitativas del aceite contenido en la aceituna. (Humanes, 1995; Maestro et al., 1990; Montedoro et al., 1992).

Hoy en día casi la totalidad de las almazaras realizan la separación de las distintas fases contenidas en la pasta de aceitunas con sistemas continuos de extracción por centrifugación. En los sistemas de centrifugación por tres fases hay que tener cuidado con la adición de agua caliente ya que puede provocar la disminución de polifenoles, de aromas e iniciar los procesos oxidativos. Esto no ocurre en la centrifugación de dos fases, sin adición de agua, de la que se obtienen aceites más estables, más aromáticos, más amargos y más picantes.

Los aceites de oliva virgen, que se obtienen sólo por medios físicos y a bajas temperaturas, presentan componentes que le dan su característica de producto natural. Estos componentes del aceite obtenido con un adecuado proceso de elaboración pueden perderse o degradarse si éste no es almacenado adecuadamente. Los factores que favorecen este proceso son el contacto con el aire (trasiegos, vertido en depósitos, etc.), el calor (debe almacenarse en ambientes frescos y acondicionados a temperaturas en torno a 15-18°C), la luz y la incorporación de trazas metálicas.

Junto con el adecuado equipamiento en almacenes y depósitos, se imponen unas series de normas de manejo para la correcta conservación del producto:

- Procurar que los aceites pasen limpios a la bodega.
- Limpiar adecuadamente los depósitos antes de su llenado.
- Clasificar los aceites en función de su calidad previo a su almacenamiento con el parámetro acidez y las características organolépticas. Este paso es fundamental para agrupar partidas de igual calidad.

- Purgar los depósitos periódicamente para eliminar los restos de agua y sólidos que hayan podido quedar.
- Mantener las instalaciones limpias y cuidar la temperatura ambiente.

CAPITULO II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Extremadura es la tercera comunidad autónoma productora de aceite de oliva a nivel nacional, detrás de Andalucía y Castilla la Mancha (con un 5,1% de la producción nacional), siendo uno de los sectores agrícolas extremeños de mayor valoración productiva (representa el 17,3% de la producción final agrícola); además su presencia como cultivo es determinante en la actividad económica de algunas comarcas como generador de ocupación (de 2,5 a 3 millones de jornales al año).

En Extremadura destacan siete cultivares bien diferenciados y adaptados a diferentes comarcas oleícolas que responden a las variedades “Manzanilla Cacereña”, “Cornezuelo”, “Corniche”, “Morisca”, “Carrasqueña”, “Picual” y “Verdial de Badajoz”. El conocimiento del proceso de maduración de la aceituna, así como su comportamiento tecnológico en el proceso de extracción, y la caracterización de los aceites elaborados ha sido objeto de estudio por diversos autores. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que las diferentes características edafoclimáticas del medio en el que se ha adaptado el cultivar lleva asociado producciones, tiempos de maduración y comportamiento de las aceitunas que difieren tanto en su comportamiento agronómico como tecnológico.

Teniendo en cuenta estos aspectos, se ha planteado como **objetivo fundamental** de esta tesis el estudio del potencial productivo de los cultivares “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequino” de la subzona oleícola de Guareña-Oliva de Mérida, perteneciente a la comarca oleícola “Vegas del Guadiana” y la caracterización de los aceites obtenidos.

Para la consecución de este objetivo general se propusieron los siguientes **objetivos específicos**:

1. Estudiar la evolución de los parámetros tecnológicos de los cultivares objeto de estudio en función de su ciclo de maduración.
2. Establecer la calidad potencial de las variedades a lo largo de su maduración en base a su contenido graso y comportamiento tecnológico.
3. Caracterizar mediante índices de estabilidad, calidad y pureza, y análisis sensorial los aceites obtenidos en laboratorio y en almazara industrial.
4. Determinar, a través del análisis estadístico de los resultados obtenidos, qué parámetros tecnológicos varían significativamente durante el ciclo de maduración; qué

parámetros de calidad, pureza y estabilidad contribuyen significativamente a la caracterización de los aceites obtenidos de los cultivares seleccionados y si existen, tanto a nivel físico-químico como sensorial, diferencias significativas entre los aceites industriales y los obtenidos a escala de laboratorio.

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

III.1. ESTUDIO DE LA PLANTACIÓN.

III.1.1. Características edafoclimáticas.

Las muestras necesarias para la realización del trabajo de investigación se tomaron de un olivar, de unas 400 ha, ubicado en la finca “El Hoyo” situada en el término municipal de Oliva de Mérida (Badajoz).

Del total de hectáreas de la finca se han trazado tres zonas distintas correspondientes a las tres variedades de olivar estudiados: “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”. Las variedades “Picual” y “Cornezuelo” se encuentran en un marco de plantación de 5x7 m, con una densidad de unos 286 olivos por hectárea, mientras que la variedad “Arbequina” con un marco intensivo de 3,5x5 m, tiene una densidad de plantación de 571 olivos por hectárea.

El suelo en el que se asientan los cultivares tiene una textura franca, siendo un suelo neutro y con un porcentaje en materia orgánica adecuado para el cultivo del olivo (1,75% de materia orgánica total).



Figura III.1. Panorámica de la finca “El Hoyo”. Oliva de Mérida (Badajoz). Fuente: Cesma SL.

Los datos meteorológicos proceden de una estación agrometeorológica automática situada en el observatorio de Almendralejo (coordenadas: longitud 6° 24′ 21″, latitud: 38° 42′ 50″, altitud: 336 metros). Dicha estación consta de sensores para medir distintos parámetros climáticos (temperatura del aire, temperatura del suelo, velocidad y dirección del viento, pluviometría y humedad relativa del aire) (Tabla III.1).

CAMPAÑA 2006/2007 (de septiembre 2006 a agosto 2007)													
	Sp	Oc	Nv	Dc	En	Fb	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Año
tm (°C)	23,2	18,2	13,4	6,9	6,6	9,3	10,4	13,9	18,5	22,4	26,4	25,8	16,2
P (mm)	45	139	118	41	20	59	7	70	28	25	0	38	591
ETP (mm)	103	55	81	18	12	24	42	49	90	133	178	153	937
R (mm)	0	54	100	100	100	100	66	87	25	0	0	0	-
L (mm)	-	21	23	8	36	-	-	-	-	-	-	-	87
Horas Fríos	-	-	104	290	297	220	-	-	-	-	-	-	911
Nº Heladas	-	-	-	11	9	2	2	-	-	-	-	-	24
CAMPAÑA 2007/2008 (de septiembre 2007 a agosto 2008)													
	Sp	Oc	Nv	Dc	En	Fb	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Año
tm (°C)	23,7	16,6	11,1	7,9	9,8	11,4	11,7	14,9	16,1	22,6	24,2	24,6	16,2
P (mm)	57	79	24	5	30	54	3	61	56	1	0	0	368
ETP (mm)	105	79	44	20	16	27	45	51	83	134	168	148	919
R (mm)	0	0	0	0	14	40	0	9	0	0	0	0	-
L (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Horas Fríos	-	-	169	261	205	161	-	-	-	-	-	-	796
Nº Heladas	-	-	6	8	-	-	1	-	-	-	-	-	15
CAMPAÑA 2008/2009 (de septiembre 2008 a agosto 2009)													
	Sp	Oc	Nv	Dc	En	Fb	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Año
tm (°C)	20,6	15,8	9,2	7,4	10,1	12,4	16,9	17,3	23,3	27,9	28,2	29,0	18,2
P (mm)	18	69	3	56	57	40	10	30	10	26	1	9	327
ETP (mm)	95	76	38	19	17	29	58	57	105	154	186	167	1002
R (mm)	0	0	0	37	77	88	39	12	0	0	0	0	-
L (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Horas Fríos	-	-	223	273	198	133	-	-	-	-	-	-	827
Nº Heladas	-	-	1	5	6	-	-	-	-	-	-	-	12

Tabla III.1. Valores agroclimáticos del observatorio de Almendralejo en 2005/06, 2006/07 y 2007/08: tm: temperatura media (°C); P: precipitación (mm); ETP: evapotranspiración potencial de los cultivos (mm); R: reservas de agua del suelo (mm); L: excedentes de humedad (mm); Horas frío: número de horas frío por debajo de 7°C, (Expresión de Mota); Nº Heladas: número de heladas. Fuente: Paniagua et al. Anuario de La Agricultura y La Ganadería Extremeña en 2007, 2008 y 2009 de la Caja de Badajoz.

Durante las tres campañas estudiadas, la temperatura media anual fue de 16,2 (campañas 2006/07 y 2007/08) casi coincidente con la temperatura media anual histórica y 18,2°C (campaña 2008/09). Las temperaturas mínimas absolutas estuvieron comprendidas entre -4,7 y -3,5°C en los meses de enero y diciembre y las máximas absolutas entre 34,8 y 43,0 °C en agosto. Las horas frío acumuladas ascendieron a 911, 796 y 827, siendo 837 para el año medio de la serie histórica.

Las precipitaciones anuales para las campañas fueron de 591 mm, 368 mm y 327 mm. La campaña 2006/07, con una precipitación anual de 591 mm, 161 mm por encima del valor medio anual de la serie histórica, presentó importantes precipitaciones en los meses de octubre, noviembre y abril. Ello supuso que las reservas de agua en el suelo estuvieran en niveles muy superiores a los valores medios y se produjeran excedentes de agua de lluvia entre los meses de noviembre y febrero. Sin embargo, en las campañas 2007/08 y 2008/09 las precipitaciones fueron, respectivamente, de 62 y 103 mm menos que las precipitaciones medias anuales de la serie histórica, 430 mm. Esto hizo que no se produjeran excedentes de agua de lluvia, que es lo normal en esta zona.

Respecto a los cuidados agronómicos, se trata de un olivar tradicional, en el que se realizan las labores culturales típicas de la zona y los tratamientos fitosanitarios recomendados por el técnico. Todas las variedades estudiadas reciben un riego de apoyo desde el mes de mayo hasta el mes septiembre, una vez cada dos días y unas 4 horas durante cada riego, aplicándose en el mismo el abonado mediante fertirrigación.

III.1.2. Material vegetal.

III.1.2.1. Variedad "Picual": tipificación agronómica.

Recibe esta denominación por el ápice apuntado de sus frutos. Es la variedad más importante de España. La principal variedad en Andalucía con una superficie plantada de más de 850.000 ha. En Extremadura apenas supera las 8.000 ha cultivadas. Se sitúa mayoritariamente en la provincia de Badajoz con el 94,91% de su superficie, encontrándose principalmente en la zona oleícola de La Serena (Llerena et al., 2009).

El árbol es muy vigoroso, de porte abierto y densidad de copa espesa. Los ramos fructíferos presentan entrenudos de longitud corta y son de color gris claro. La hoja es de tamaño medio, corta y estrecha. El color del haz es verde, mientras que el del envés es verde grisáceo.

El fruto es de tamaño mediano, con forma elíptica y asimétrica. El ápice es apuntado, de base redondeada, no suele presentar pezón, o si lo muestra es pequeño y con abundantes

lenticelas. La relación pulpa/hueso es media-alta.

Su producción se establece precozmente, elevada y relativamente constante. Se considera muy rústica por su adaptación a diversas condiciones de clima y suelo; en particular se estima tolerante a las heladas y al exceso de humedad en suelo. Su época de floración es media y asegura normalmente un cuajado suficiente en autopolinización. Madura precozmente y el fruto tiene baja resistencia al desprendimiento, que facilita la recolección mecanizada de los mismos, aunque aguante en el árbol hasta la recolección.

Tiene un rendimiento graso elevado que puede alcanzar el 25%, una alta estabilidad oxidativa, debido a su elevado contenido en polifenoles, y un alto contenido en ácido oleico. Su aceite es sensorialmente potente en amargos y picantes dando un aceite de gran calidad.



Figura III.2. Características morfológicas del fruto de la variedad “Picual”. Fuente: Cesma SL.

Las principales sinonimias encontradas están “Jabata” y “Marteño”.

III.1.2.2. Variedad “Cornezuelo”: tipificación agronómica.

Es la segunda variedad española en cuanto a superficie cultivada. Actualmente ocupa más de 270.000 ha en las provincias de Ciudad real, Toledo, Madrid, Badajoz y Cáceres. En Extremadura se encuentra muy difundida especialmente implantada en las zonas oleícolas de La Siberia y La Serena en la provincia de Badajoz, ocupando una superficie de cultivo de

más de 39.000 ha (Llerena et al., 2009).

Su fruto es de gran tamaño, ovoidal y asimétrico, con ápice redondeado y base truncada, sin pezón y con abundantes lenticelas. El endocarpio tiene forma elíptica y ligeramente asimétrico. De ápice apuntado y base redondeada. Su superficie es rugosa y la terminación del ápice es con mucrón.



Figura III.3. Características morfológicas del fruto de la variedad “Cornezuelo” Fuente: Cesma SL.

Su entrada en producción es tardía, la productividad es elevada y la producción alternante. La maduración de sus frutos es tardía y presentan elevada resistencia al desprendimiento, lo que dificulta su recolección mecanizada. Es una variedad rústica aunque no tolera bien el exceso de frío en invierno. Tiene una capacidad de enraizamiento medio y parcialmente autofértil, muy apreciada tanto para su aderezo, por la calidad de su pulpa, como para la obtención de aceite al tener un alto rendimiento y dar un aceite de muy buena calidad.

Es conocida con diversas denominaciones que, generalmente, hacen referencia a la forma curvada o alargada de su fruto como “Corniche”, “Cuernechillo”, “Cornicabra”.

III. 1.2.3. Variedad “Arbequina”: tipificación agronómica.

Es una de las variedades españolas más conocidas, originaria de la localidad de Arbeca (Lérida), de donde le viene el nombre. Su principal zona de producción es Cataluña donde

ocupa más de 55.000 ha, pero cada vez se está imponiendo más en los olivares de toda España, incluidos los extremeños, ya que su reducido vigor permite su utilización en plantaciones intensivas. Sus brotes largos, poco ramificados, y el color verde oscuro de la madera joven confieren a este olivo forma de escoba.

Su árbol es de porte abierto bajo, copa media típica y el fruto tiene forma ovalada y casi simétrica. Mantiene una baja relación pulpa/hueso. Es una variedad muy apreciada por su precoz entrada en producción, con un periodo medio de maduración entre la segunda semana de diciembre y la segunda de enero, elevada productividad y buen rendimiento graso (en torno al 21%).

Sus aceites son algo más delicados que otras variedades frente a la oxidación y una vez envasados es muy importante que estén al resguardo de la luz y el calor. Sensorialmente son aceites de características armoniosas, suaves, ligeras, delicadas, dulces, casi siempre almendrados y con un aroma a frutos maduros (papilla de frutas y manzana), en los que a veces se atisban aromas exóticos.

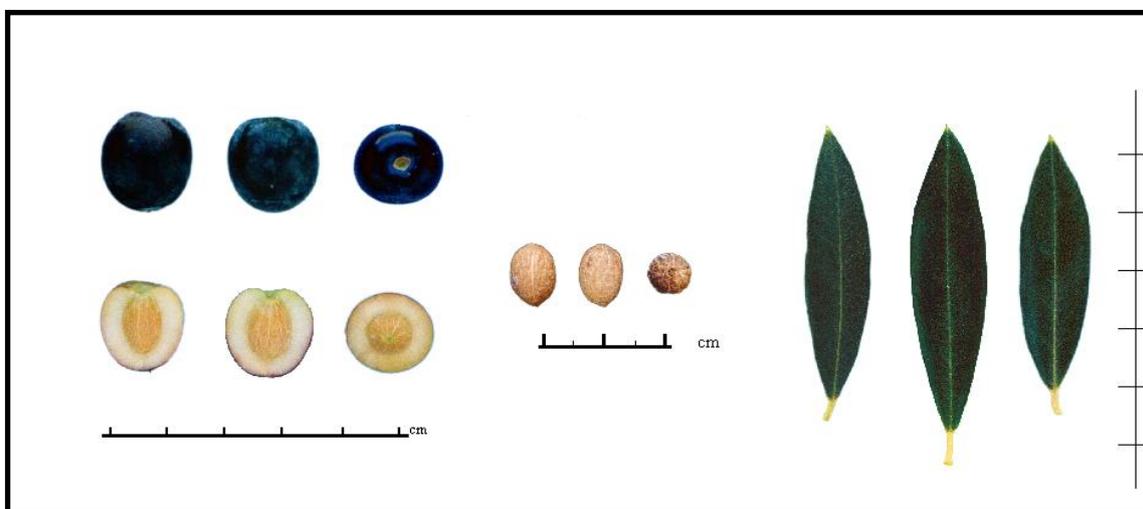


Figura III.4. Características morfológicas del fruto de la variedad “Arbequina”. Fuente: Cesma SL.

III.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental fue en bloques al azar, seis bloques de diez árboles cada uno, lo que representa un total de 60 olivos para cada una de las tres variedades estudiadas:

“Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”. Este diseño se mantuvo durante las campañas oleícolas 2006/07, 2007/08 y 2008/09.

El diseño experimental contempla 6 tratamientos, los tres primeros correspondientes a los tres cultivares o variedades seleccionadas y los otros dos tratamientos corresponden al sistema de elaboración: sistema Abencor y elaboración en almazara industrial.

III.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ALMAZARA INDUSTRIAL.

La Corporación Empresarial Sánchez-Mohíno Arias, SL (CESMA, SL) cuenta con una almazara automática de ciclo continuo de la casa OMT, Spa (Officine Meccaniche Toscane, SpA), modelo Pegaso 500.

Se trata de una pequeña línea de procesado de aceitunas de unos 500 kg/hora de producción, que ocupa aproximadamente unos 20 m². Está formada, básicamente, por una tolva receptora de aceitunas de 300 kg de capacidad desde la cual son transportadas, por un sinfín elevador, a la lavadora hidroneumática, pasando previamente por una deshojadora. La lavadora está dotada de un sistema de compartimentos que garantizan una recirculación constante de agua limpia, de esta manera se produce el lavado y avance de las aceitunas en una corriente de agua limpia.

De la lavadora las aceitunas son conducidas a un molino de martillos de acero inoxidable con una capacidad de molturación de 500 kg/hora. La pasta de aceituna, tras el molino, pasa a una batidora horizontal con doble pared para el calentamiento de la pasta mediante agua caliente en circulación. Su capacidad total es de 1.000 kg y se encuentra dividida en dos cuerpos, el primero de 600 kg y el segundo de 400 kg.

Una bomba mono une el segundo cuerpo de la batidora con el decanter o centrífuga horizontal. Se trata de un decanter de 500 kg/hora de capacidad teórica, con tres salidas: una para el aceite, otra para el alpechín y otra para el orujo.

El aceite que sale del decanter pasa por un tamiz de acero inoxidable y cae a una cubeta, con una capacidad de 100 litros. De la cubeta, gracias a una bomba mono, el aceite es

conducido a un filtro de placas y posteriormente transportado a depósitos de acero inoxidable para su conservación.



Figura III.5. Línea de extracción de aceite de oliva virgen PEGASO 500. Fuente: Cesma SL.

El material filtrante utilizado son placas de celulosa de 40x40 del modelo BECO Lipo, con un grosor de 2,50 mm. En cuanto a los depósitos para conservación del aceite, la empresa cuenta en la propia almazara con seis depósitos de acero inoxidable de 5.000 litros de capacidad, uno por cada aceite monovarietal que produce: “Arbequina”, “Cornezuelo”, “Picual”, “Fantoio”, “Manzanilla Cacereña” y “Koroneiki”.

III.4. TOMA DE MUESTRAS.

La toma de muestras de fruto de cada una de las variedades objeto de este trabajo se realizó a lo largo de las campañas oleícolas (2006/07, 2007/08 y 2008/09) considerando el periodo de campaña comprendido entre los meses de Septiembre a Enero.

La recogida del fruto se realizó mediante la técnica manual de “ordeño”, alrededor del árbol y de varios olivos para que fuera lo más representativa posible. Una vez recogidas, las aceitunas eran inmediatamente conservadas en refrigeración hasta la realización de los análisis correspondientes.

El estudio de maduración de las variedades se realizó para cada campaña oleícola con una periodicidad semanal. Recogiéndose, para las tres campañas oleícolas, un total de 45 muestras por variedad. A dichas muestras se les realizó las siguientes determinaciones: índice de madurez, humedad y rendimiento graso en pasta de aceituna.

Paralelamente, y en estos mismos cultivares, con objeto de estudiar el comportamiento tecnológico de las variedades en el proceso de extracción del aceite utilizando el sistema Abencor, se tomaron muestras cada quince días a lo largo de cada campaña oleícola, recogándose un total de 24 muestras por variedad.

La toma de muestras de los correspondientes aceites monovarietales, elaborados en la almazara de la empresa (CESMA) S.L., se realiza una vez que estos pasan por el filtro de placas; y hasta su posterior análisis son conservados a 4°C en botellas de vidrio de 1000 ml, de color topacio y sin espacio de cabeza. El muestreo no se programa a priori y se adapta a las elaboraciones, que no son continuas, de la empresa. En total, en las tres campañas, se recogieron 8 muestras de aceite monovarietal de la variedad “Picual”, 12 de la variedad “Cornezuelo” y 16 de la variedad “Arbequina”.

III.5. METODOS ANALÍTICOS EN ACEITUNAS.

III.5.1. Índice de madurez.

El índice de Madurez es una medida del color, tanto de la piel como de la pulpa, del fruto. Se utiliza para determinar el momento óptimo de recogida de la aceituna. La metodología utilizada es la propuesta por la Estación Experimental Venta del Llano en Menjíbar (Uceda y Frías, 1975). Dicho método consiste en tomar del conjunto de 2 kg de frutos 100 aceitunas de forma aleatoria y clasificarlas en ocho clases o categorías comprendidas entre 0 y 7 en base al color que adquiere la piel de la aceituna y su pulpa, desde un verde intenso a un violáceo casi negro (Figura III.6). Para su cálculo se multiplica el número de frutos de cada categoría por el valor numérico de su categoría, se suman los valores obtenidos y se divide por 100.

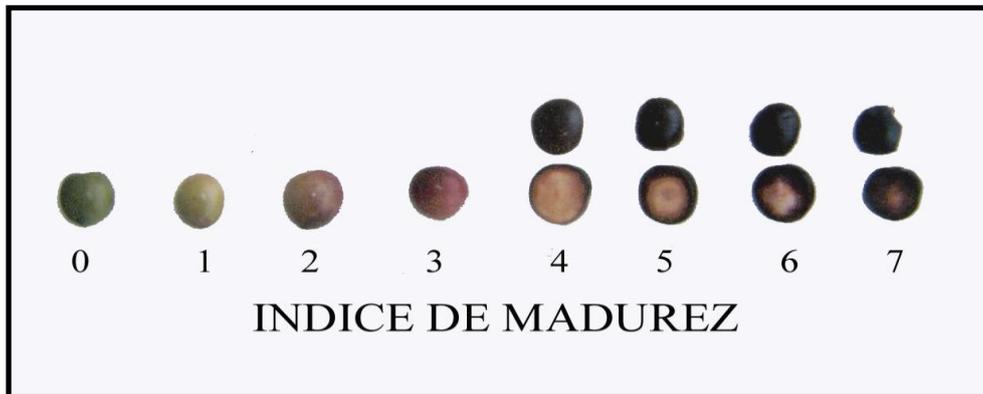


Figura III.6. Índice de Madurez de las aceitunas. Fuente: INTAEX.

$$IM = \frac{Ax0 + Bx1 + Cx2 + \dots + Hx7}{100}$$

La determinación se realizó por duplicado y el índice de madurez de las aceitunas se calculó como la media de las dos medidas.

III.5.2. Humedad y materias volátiles.

Estos parámetros indican la bondad del proceso de fabricación, que debe evitar la posible presencia (aun en pequeñas cantidades) de agua y otras sustancias volátiles, que favorecen los procesos de enranciamiento.

Para determinar la humedad se sigue la Norma UNE 55.020:1973 que consiste en tomar entre 5 y 10g de pasta de aceituna y llevarla a estufa a 105°C durante 24 horas. Enfriando posteriormente en desecador y pesando. Por diferencia de pesada se calcula el porcentaje de humedad contenido en la muestra. Se admite un 0'15% de humedad y sustancias volátiles.

La humedad de la pasta de aceituna, expresada en tanto por ciento, se determina mediante la fórmula:

$$H = \frac{100xP_2}{P_1}$$

siendo P_1 el peso en gramos de la pasta húmeda y P_2 la pérdida de peso en gramos. La determinación se realizó por duplicado, tomándose la media aritmética de las dos medidas.



Figura III.7. Muestras de pasta de aceitunas en estufa. Fuente: INTAEX.

III.5.3. Rendimiento graso de la pasta de aceituna.

Para determinar el rendimiento graso o contenido de aceite de una muestra se ha utilizado el método Soxhlet. Este método consiste en extraer el total de la grasa presente en la muestra, totalmente desecada, mediante la acción del hexano. La fracción recogida es sometida a calefacción para eliminar el disolvente residual, quedando en el matraz la grasa extraída de la pasta de aceituna (Norma UNE 55.030:1961).



Figura III.8. Extractor Soxhlet y matraces con la grasa extraída. Fuente: INTAEX.

La riqueza grasa referida a materia seca se calcula mediante la fórmula:

$$\text{RGS/ MSeca (\%)} = \frac{100 \cdot P(mt + g) \cdot P(mt)}{P(ms)}$$

donde $P(mt+g)$ es el peso del matraz con la grasa extraída (g), $P(mt)$ es el peso del matraz seco y vacío y $P(ms)$ es el peso de la muestra seca empleado en la extracción. La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.5.4. Rendimiento graso obtenido con el sistema Abencor.

El Sistema Abencor (Figura III.9) simula, en laboratorio, el proceso de extracción del aceite de oliva en almazara. La aceituna es molida con un molino de martillos, la pasta obtenida se reparte en varias porciones de unos 600g y se bate en una termobatidora de temperatura regulable a 30°C durante 30 minutos, con adición de coadyuvante (microtalcó).

La masa batida es centrifugada produciéndose la separación de la fase sólida y las fases líquidas (agua de vegetación y aceite) que son recogidas en una probeta. Una vez decantado el aceite del agua, se anota el volumen de aceite obtenido.



Figura III.9. Sistema Abencor. Fuente: INTAEX.

Su cálculo se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento abencor (\%)} = \frac{91,5 \cdot V}{P}$$

donde V es el volumen de aceite obtenido (ml) y P es la cantidad de pasta de aceituna utilizada (g). La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.5.5. Extractabilidad.

Se define extractabilidad del proceso como el porcentaje de aceite extraído respecto del total contenido en el fruto. Este parámetro nos da información del tipo de pasta de aceituna con la que vamos a trabajar y su mayor o menor capacidad de liberar el aceite que contiene.

$$\text{Grado de extractabilidad} = \frac{\text{Rendimiento abencor}}{\text{Rendimiento graso total}} \times 100$$

La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.6. METODOS ANALÍTICOS EN ACEITE DE OLIVA VIRGEN.

III.6.1. Parámetros de Calidad.

III.6.1.1. Grado de acidez.

El objetivo de este análisis es la cuantificación de los ácidos grasos libres presentes en los aceites de oliva procedentes de la hidrólisis parcial de los triglicéridos. Su determinación se realiza mediante valoración volumétrica de la muestra, previamente disuelta en éter etílico-etanol 96° (1:1 v/v), con una disolución etanólica de potasa de concentración exactamente conocida (0,1 o 0,5N, según sea la acidez de la muestra) utilizando fenolftaleína como indicador (CEE N° 2568/91).

El grado de acidez se determina a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Grado de acidez} = \frac{282 \cdot V \cdot N}{10 \cdot P}$$

donde V es el volumen de disolución de KOH gastado en la valoración (ml), N es la normalidad exacta de la disolución de KOH y P es el peso de la muestra de aceite (g). La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.6.1.2. Índice de peróxidos.

Este parámetro indica el grado de oxidación primaria de un aceite. Los resultados se expresan como miliequivalentes de oxígeno activo por kg de aceite que producen la oxidación de yoduro a yodo en unas condiciones determinada. Su determinación se realiza por volumetría en medio ácido. El yodo liberado ocasiona la oxidación del yoduro potásico, que se valora con una solución de tiosulfato sódico de concentración exactamente conocida (0,002 o 0,01N) utilizando almidón como indicador (CEE N° 2568/91).

Paralelamente se debe realizar una prueba en blanco, sin aceite, para conocer el estado de los reactivos y la limpieza del material empleado en la determinación analítica.

El índice de peróxidos del aceite se calcula a partir de la expresión:

$$\text{Índice de Peróxidos} = \frac{(V - V_0) \cdot N \cdot 1000}{P}$$

donde V es el volumen de disolución de tiosulfato empleado en la valoración (ml), V_0 es el volumen de la misma disolución utilizado en el ensayo en blanco (ml), N es la normalidad exacta de la disolución de tiosulfato sódico empleada y P es el peso de la muestra (g). La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.6.1.3. Absorbancia a la radiación ultravioleta (K_{232} y K_{270}).

Los ácidos grasos poliinsaturados son sensibles a las oxidaciones autocatalíticas originando en primer lugar hidroperóxidos, poco estables, que en su estructura contienen dobles enlaces conjugados los cuales absorben en torno a una longitud de onda de 232 nm. Estos compuestos evolucionan con el tiempo dando lugar a diacetonas y cetonas que absorben en torno a una longitud de onda de 270 nm. Los coeficientes de extinción de la muestra disuelta en ciclohexano se han determinado según el Reglamento de la Unión Europea (CEE N° 2568/91), utilizando el espectrofotómetro de la marca Agilent, modelo 8453.

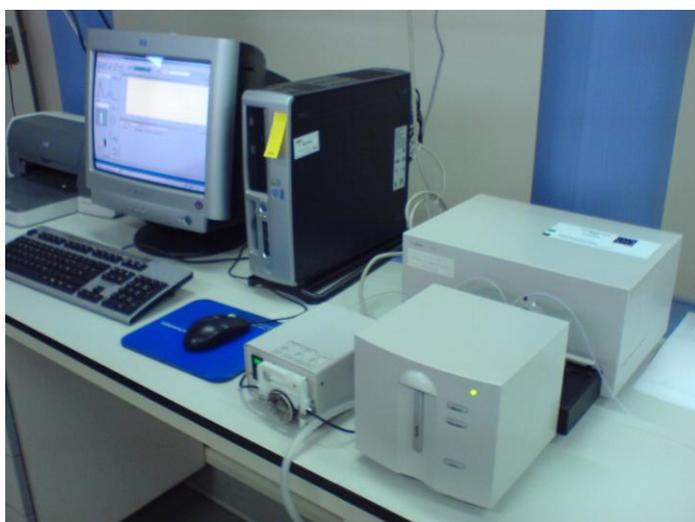


Figura III.10. Espectrofotómetro Agilent, modelo 8453. Fuente: INTAEX.

El coeficiente de extinción a una longitud de onda λ se calcula a partir de la expresión:

$$K_{\lambda} = \frac{E_{\lambda}}{C \cdot e}$$

donde E_{λ} es la extinción media en el espectrofotómetro a dicha longitud de onda, C es la concentración de la disolución de aceite (g/100 ml) y e es el paso óptico de la cubeta (cm). La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.6.1.4. Análisis organoléptico.

El análisis sensorial de las muestras de aceite de oliva virgen ha sido realizado por entre 10 y 12 catadores adecuadamente seleccionados y entrenados pertenecientes al Panel del Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (Intaex) en una sala de cata normalizada. En la valoración organoléptica se analizaron las percepciones olfativas, gustativas, táctiles y quínicas de selectos catadores que, con arreglo a unos patrones establecidos, concretaron un valor de intensidad en una hoja de perfil dispuesta con una escala de intervalo estructurada de 6 puntos (hojas de perfil de la Unión Europea, norma comunitaria N° 2568/91/CEE y sus posteriores modificaciones). Dichas percepciones reflejan los atributos sensoriales tanto positivos como negativos (defectos) que pueden surgir por alteraciones en la maduración del fruto o en la misma elaboración de los aceites.

HOJA DE PERFIL EUROPEO						
Hoja de perfil						
Notas olfato-gustativas-táctiles						
Atributos	Intensidad de Percepción ⁽¹⁾					
	0	1	2	3	4	5
Frutado de aceitunas (maduras) o (verdes) ⁽²⁾						
Manzana						
Otra(s) fruta(s) madura(s).....						
Verde (hoja, hierba) ⁽²⁾						
Amargo						
Picante						
Dulce						
Otro(s) atributo(s) tolerable(s) ¿Cuál(es)?.....						
Defectos	0	1	2	3	4	5
Atrojado/borras						
Moho/humedad						
Avinado/avinagrado/ácido/agrio ⁽²⁾						
Madera						
Rancio						
Otro(s) atributo(s) intolerable(s) ⁽²⁾						
.....						

Tabla de puntuación		
Defectos	Características	Evaluación global: puntos
Ninguno	Frutado de aceitunas	9
	Frutado de aceitunas y otros frutos frescos	8 7
	Frutado apagado de cualquier tipo	6
Casi imperceptibles	Frutado algo defectuoso, olores y sabores desagradables	5
Levemente perceptibles	Frutado algo defectuoso, olores y sabores desagradables	4
Perceptibles con intensidad media	Claramente defectuoso, olores y sabores desagradables	3 2 1
Claramente perceptibles, con gran intensidad	Olores y sabores totalmente inadmisibles para el consumo	

Observaciones:.....

Nombre del catador:.....

Clave de la muestra.....

Fecha:.....

Firma:.....

⁽¹⁾ Intensidad de la percepción
0 = Ausencia total ⁽²⁾
1 = Casi imperceptible
2 = Ligera
3 = Media
4 = Grande
5 = Extrema

⁽²⁾ Táchese lo que no proceda.
⁽³⁾ Es obligatorio indicar la ausencia de la nota sensorial marcando una cruz en la casilla correspondiente.

Figura III.11. Hojas de perfil para la cata de aceite de oliva de la Unión Europea, norma comunitaria N° 2568/91/CEE.

Las muestras de aceite, identificadas por una clave, se presentan en copas según norma (Figura III.12) conteniendo 15 ml de aceite, a una temperatura próxima a 28°C, que es la ideal para percibir los aromas que desprenden los aceites. Cada catador se sitúa en una cabina, aislado, en un ambiente relajado, puntuando los atributos percibidos proporcionalmente a su intensidad.



Figura III.12. Copa de cata normalizada. Fuente: INTAEX.

El tratamiento de los datos proporcionados por los catadores por parte del Jefe del Panel, clasifica a los aceites, según los límites establecidos por el Reglamento (CE) N° 640/2008 de la Comisión, dentro de las tres categorías de aceite de oliva virgen: “virgen extra” (mediana de los defectos igual a cero y mediana del frutado superior a cero); “virgen” (mediana de los defectos superior a cero e inferior a 3,5 y mediana del frutado superior a cero) y “lampante” (mediana de los defectos superior a 3,5 o bien, la mediana de los defectos inferior o igual a 3,5 y la mediana del frutado igual a cero).

III.6.2. Estabilidad oxidativa.

III.6.2.1 Estabilidad Rancimat.

La técnica Rancimat es un método dinámico en el que se mide el estado de oxidación de una grasa por su período de inducción en unidades de tiempo. Se fundamenta en las vías de degradación de grasas a través de auto-oxidaciones sucesivas que desprenden una molécula

de ácido fórmico en cada etapa. A las temperaturas de ensayo (100°C), el ácido fórmico es arrastrado por la corriente de aire y se disuelve en agua fría, lo cual provoca un aumento de la conductividad en el agua (Mejía, 1999).

La Estabilidad Oxidativa es un importante parámetro para la valoración de la calidad de aceites y grasas, pues proporciona una buena estimación de la susceptibilidad de los mismos a la degeneración autooxidativa, que en los aceites de oliva vírgenes conduce fundamentalmente a su enranciamiento.

Su determinación se realiza mediante un equipo Rancimat E-617 de Metrohm (Figura III.13), en el que se introducen 2,5 g de muestra de aceite a la que se le hace pasar una corriente de aire a 10 l/h y 100°C de temperatura, según la metodología propuesta por Gutiérrez (1989).

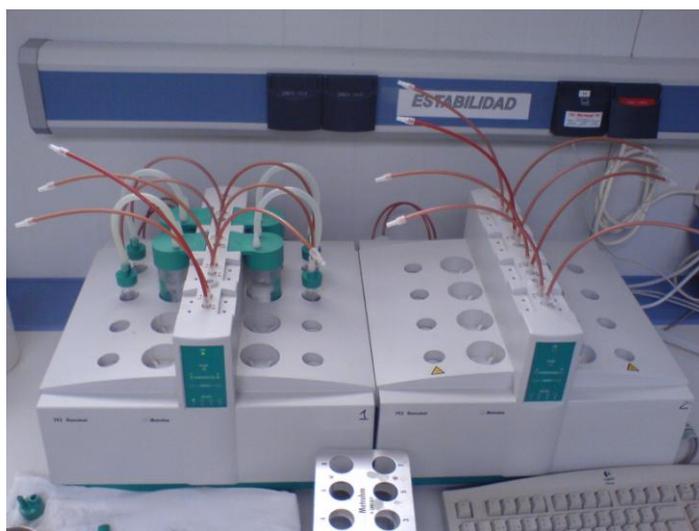


Figura III.13. Equipo Rancimat E-617 (Metrohm). Fuente: INTAEX.

La Estabilidad Rancimat se expresa como el tiempo de inducción (en horas rancimat) que tardan en producirse compuestos volátiles polares como consecuencia del inicio de la oxidación secundaria de las grasas. La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.6.2.2 Fenoles Totales.

Los polifenoles son antioxidantes naturales presentes en el aceite de oliva. Su determinación, siguiendo el método de Gutfinger (1981), consiste en la extracción de los compuestos fenólicos del aceite mediante una mezcla metanol - agua y posterior reacción de una alícuota del extracto con el reactivo Folin-Cicalteau. Dicho extracto permite determinar cuantitativamente los polifenoles totales mediante medida espectrofotométrica, después de reaccionar con el reactivo Folin-Cicalteau.

La determinación del contenido en fenoles totales se realiza mediante lectura espectrofotométrica, a 725 nm, de la absorbancia de los complejos azulados formados. Los resultados se expresan en miligramo de ácido cafeico por kilogramo de aceite interpolando en una recta de calibrado obtenida a partir de disoluciones de ácido cafeico de concentraciones comprendidas entre 5 y 75 mg/l.



Figura III.14. Extracción del extracto fenólico (foto de la izquierda) y reacción con Folin-Cicalteau (foto de la derecha). Fuente: INTAEX.

La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.6.3. Parámetros de Pureza.

III.6.3.1 Ácidos grasos.

El perfil de ácidos grasos se determina por cromatografía gaseosa y su composición se expresa como porcentaje de área de sus correspondientes ésteres metílicos.

El procedimiento, según Reglamento (CEE) N° 2568/91 de la Comisión de 11 de julio de 1991, consiste en la hidrólisis de los triglicéridos y la transesterificación en frío, con una solución metabólica de KOH. La solución que contiene los ésteres metílicos de los ácidos grasos es posteriormente inyectada en el cromatógrafo de gases, modelo HP 6890, equipado con un detector de ionización de llama (FID). La columna empleada en la separación ha sido una columna capilar DB-23, de 60 m x 0.25 mm d.i. x 0.25 μm de espesor de fase estacionaria. Como gas portador se emplea helio con un flujo de 83,7 ml/minuto. El volumen de inyección fue de 1 μl . Durante el análisis, el inyector, de tipo Split, trabaja a una temperatura de 280°C y el detector a 250°C. El programa de temperatura utilizado fue de 165°C (35 min), rampa de 10°C/5 minutos hasta 220°C con un tiempo total de carrera de 62 minutos.



Figura III.15. Cromatógrafo de gases modelo HP 6890 y PC. Fuente: INTAEX

El contenido de cada uno de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se expresa como porcentaje del total, calculándose de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\% \text{AG}_i = \frac{A_i}{A_t} 100$$

donde A_i es el área del pico correspondiente al éster metílico del ácido graso “i” y A_t es el área total correspondiente a la suma de todos los ésteres metílicos. La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

En la Figura III.16 se muestra un cromatograma de los ésteres metílicos de ácidos grasos de un aceite de oliva virgen de la variedad “Morisca”.

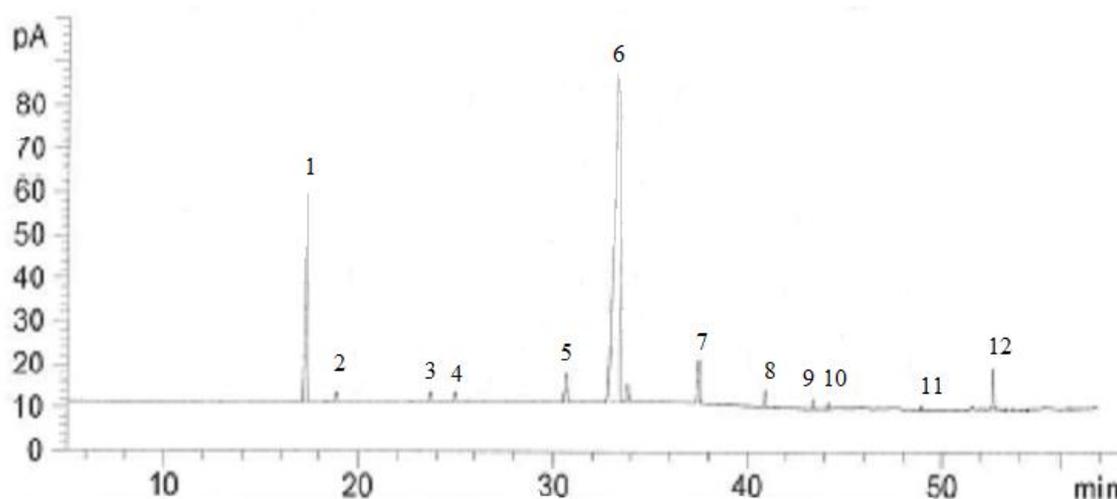


Figura III.16. Cromatograma de ésteres metílicos de los ácidos grasos de un AOV analizado del cv. Morisca. 1, ácido palmítico ($C_{16:0}$); 2, ácido palmitoleico ($C_{16:1}$); 3, ácido margárico ($C_{17:0}$); 4, ácido margaroleico ($C_{17:1}$); 5, ácido esteárico ($C_{18:0}$); 6, ácido oleico ($C_{18:1}$); 7, ácido linoleico ($C_{18:2}$); 8, ácido linolénico ($C_{18:3}$); 9, ácido aráquico ($C_{20:0}$); 10, ácido gadoleico ($C_{20:1}$); 11, ácido behénico ($C_{22:2}$); 12, ácido lignocérico ($C_{24:0}$). Fuente: INTAEX.

III.6.3.2. Triglicéridos.

El análisis de triglicéridos se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), aplicando el método oficial de la UE, Reglamento (CEE) N° 2568/91 de la Comisión de 11 de julio de 1991 y Reglamento (CE) N° 282/98 para determinar la composición de

triglicéridos en aceite de oliva expresado en su número equivalente de carbono (ECN).

Para su determinación la muestra de aceite es purificada en cartucho de gel de sílice y diluida en acetona para posteriormente ser inyectada en el cromatógrafo HPLC (Agilent 1200). El detector utilizado es un detector de Índice de Refracción (IR) modelo HP1040 (Figura III.17). El volumen de muestra inyectada, 10 μ l, se hace pasar por una columna de acero inoxidable de Teknokroma modelo TR-011439 de 25 m x 0.46 mm d.i. x 0.15 μ m de espesor de fase estacionaria, en condiciones isocráticas a 45°C, utilizando como fase móvil acetona/acetonitrilo 40:60 a un flujo de 1,2 ml/min.



Figura III.17. PC y Cromatógrafo HPLC (Agilent 1200). Fuente: INTAEX.

Para la identificación y determinación del orden de elución de los triglicéridos se utilizaron los cromatogramas de referencia correspondientes a aceite de soja, a una mezcla de aceite de soja y de oliva (30:70) y a aceite de oliva.

Los patrones de referencia usados fueron los triglicéridos comerciales (Sigma. St. Louis. MO): trilinoleina (LLL), trioleina (OOO), tripalmitina (PPP), triesterina (SSS), trilinoleina (LnLnLn) y tripalmitoleina (PoPoPo).

Se utilizó el método de normalización interna, al considerar que la suma de las superficies de los picos correspondientes a los distintos triglicéridos de ECN entre 42 y 52 es

igual al 100%. De modo que el porcentaje relativo de cada triglicérido se obtiene mediante la fórmula:

$$\% \text{TGi} = \frac{Ai}{At} \times 100$$

donde Ai es el área del pico correspondiente al triglicérido “i” y At es el área total correspondiente a la suma de todos los triglicéridos.

El cromatograma resultante refleja los picos correspondientes a los distintos triglicéridos de ECN entre 38 y 50. En la Figura III.18. se muestra, a modo de ejemplo, un cromatograma de los triglicéridos de un aceite de oliva virgen de la variedad “Morisca”.

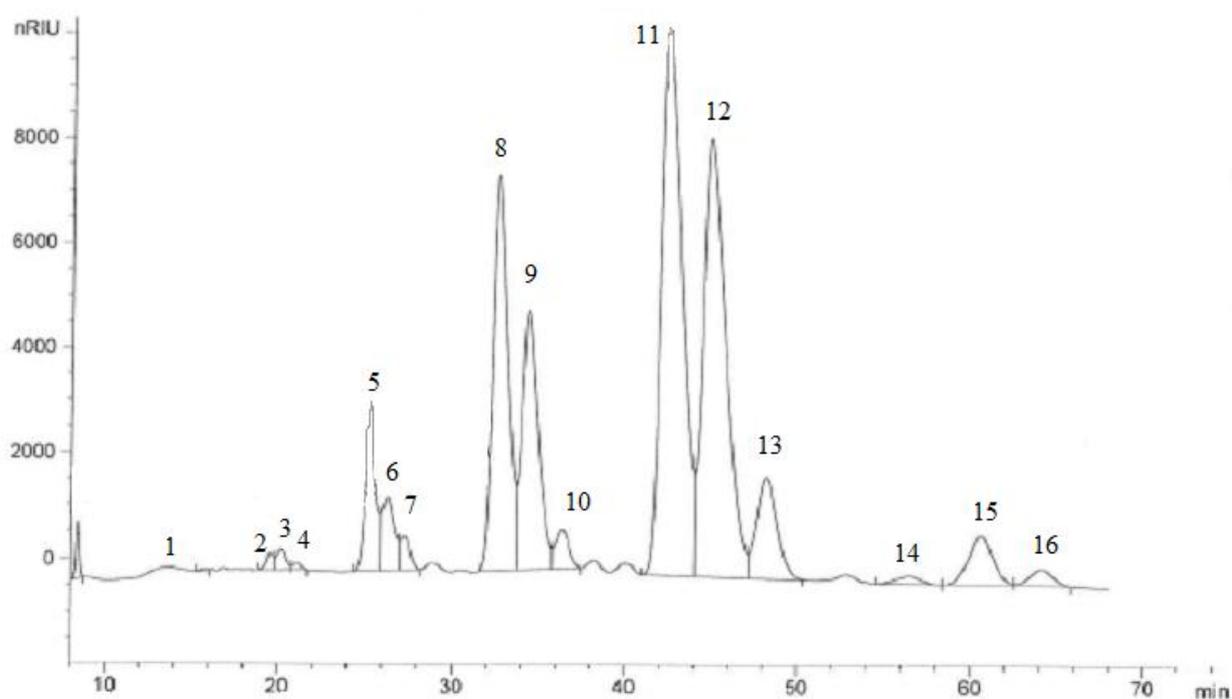


Figura III.18. Cromatograma de triglicéridos de un AOV analizado del cv. Morisca. 1, LLLn; 2, LLL; 3, OLLn; 4, PLLn; 5, OLL; 6, OLnO; 7, PLL; 8, OLO; 9, PLO+SLL; 10, PPL; 11, OOO; 12, POO; 13, PPO; 14, PPP; 15, SOO; 16, (SLS+POS). Fuente: INTAEX.

La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.6.3.3 Esteroles.

El análisis de esteroles se ha realizado de acuerdo a los métodos oficiales de análisis de la UE, descritos en los Anexos V y VI del Reglamento (CEE) N° 2568/91. Dicho método se basa en la saponificación de la materia grasa con una solución etanólica de hidróxido potásico para a continuación proceder a la extracción del insaponificable con éter etílico. La separación de la fracción de esteroles del insaponificable extraído se realiza mediante cromatografía en placa de gel de sílice básica; los esteroles recuperados del gel de sílice se transforman en trimetilsililésteres y se analizan mediante cromatografía de gases en un cromatógrafo HP 6890 equipado con una columna capilar modelo HP-SMS 190915-433 (30 m x 0,25 mm d.i. x 0,25 µm de espesor de fase estacionaria), en condiciones isocráticas a 260°C, usando helio como gas portador a un flujo de 56,9 ml/min.

El equipo cuenta con un inyector tipo Split que trabaja a 300°C durante el análisis y un detector de Ionización de Llama (FID) a 325°C. El programa de temperatura utilizado fue de 265 °C (15 min), rampa de 3 °C/5 min hasta 280 °C con un tiempo total de carrera de 43 minutos. La cuantificación se realiza por adición del patrón interno α -colestanol y se expresa como porcentaje de cada una de ellos respecto del contenido total.

$$\% STi = \frac{Ai}{At} \times 100$$

donde A_i es el área del pico correspondiente al esteroi “i” y A_t es el área total correspondiente a la suma de todos los esteroles.

En la Figura III.19 se muestra un cromatograma de los esteroles de un aceite de oliva virgen de la variedad “Morisca”.

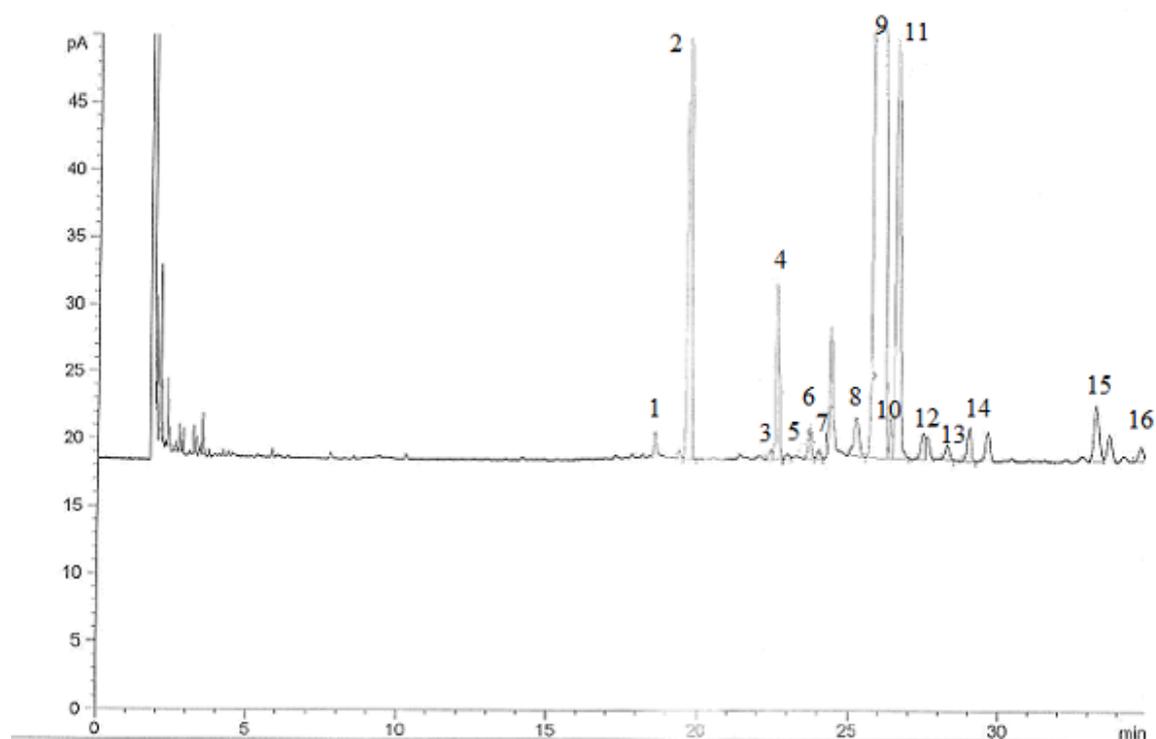


Figura III.19. Cromatograma de esteroides de un AOV analizado del cv. Morisca. 1, Colesterol; 2, 24-M-Colesterol; 3, Campesterol; 4, Campestanol; 5, Estigmasterol; 6, Δ -7-Campesterol; 7, Clerosterol; 8, β -Sitosterol; 9, Sitostanol; 10, Δ -5-Avenasterol; 11, Δ -5-24-Estigmastadienol; 12, Δ -7-Estigmasterol; 13, Δ -7-Avenasterol; 14, Sitosterol aparente; 15, Eritrodiol; 16, Uvaol. Fuente: INTAEX.

La determinación se realizó por duplicado. Se tomó como resultado la media aritmética de las dos medidas.

III.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

Todos los análisis y tratamientos estadísticos de los resultados han sido realizados aplicando el paquete estadístico SPSS.Base 13 (Chicago, IL).

III.7.1 Estadística descriptiva

Este tratamiento se ha empleado para presentar los datos experimentales resumidos en las tablas a través de los parámetros estadísticos, media y desviación típica, que representan la dispersión de los valores observados.

III.7.2 Análisis de la varianza

Este análisis estudia los efectos de uno o más factores sobre la variación de los valores medios dentro de uno o más grupos de datos, determinando si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre los mismos. Los factores de variación han sido campañas oleícolas (2006/07; 2007/08 y 2008/09), cultivares (“Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”) y sistema de extracción (Abencor y Almazara industrial). El nivel de la significación estadística se establece a partir del valor de F que proporciona este análisis. Para determinar entre qué grupo existen diferencias significativas se ha empleado el test de Tukey. Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas cuando la probabilidad fue mayor del 95% ($P < 0,05$).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. FRUTOS.

IV.1.1. Ciclo de maduración del fruto.

La fase de maduración en el olivo incluye cambios cualitativos de diversa naturaleza en la composición del fruto, cuyas modificaciones externas de coloración, característica de esta fase, se utilizan como indicadores de dicha maduración. Los cambios externos en la coloración de la aceituna comienzan cuando el color verde intenso se transforma en un verde claro-amarillento. A continuación, empiezan a aparecer manchas violáceas (enverado) que se van extendiendo hasta ocupar todo el epicarpio. Paulatinamente, la pulpa adquiere coloraciones violáceas hasta llegar al hueso y la epidermis alcanza el color definitivo, que en la mayoría de las variedades es el negro, aunque recubierto de una capa blanquecina de pruina.

Durante el proceso de maduración en la aceituna ocurren, en el interior de la drupa, una serie de cambios químicos relacionados con la síntesis de sustancias orgánicas, especialmente triglicéridos, y otras actividades enzimáticas que determinan la calidad del aceite (Salvador et al., 2001). La acumulación de aceite en la aceituna comienza hacia el final del periodo de endurecimiento del hueso (Lavee et al., 2004), a mediados de julio, aumentando durante el otoño y alcanzando el máximo en los últimos días de diciembre o primeros de enero, según variedades. El rendimiento graso depende del estado de maduración, pero se puede afirmar que el proceso de formación del aceite termina prácticamente cuando desaparecen los frutos verdes del árbol (Tous y Romero, 1993). Es decir que la cantidad de aceite en la aceituna alcanza el techo al comienzo de su maduración (Rallo y Cuevas, 2004). Su contenido final depende de varios factores como la zona de cultivo, variedad, temperatura y prácticas culturales, de manera que todos los factores que permitan obtener frutos bien desarrollados y sanos nos conducirán con toda seguridad a obtener aceites de la mejor calidad (Humanes, 2001).

La duración del período de maduración es variable según las condiciones climáticas, cosecha del árbol y características varietales y su conocimiento es de especial importancia para determinar el período óptimo de recolección.

IV.1.1.1. Variedad "Picual".

IV.1.1.1.1. Índice de Madurez.

Los resultados obtenidos para las tres campañas analizadas se muestran en la Tabla IV.1 con expresión del día que representa a lo largo de la campaña (se considera campaña oleícola la que va desde el 1 de septiembre del año en curso hasta el 31 de enero del año siguiente) e índice de maduración de cada uno de los muestreos realizados.

El periodo de muestreo se inicia el 13 de septiembre para las campañas de estudio 2006/07 y 2007/08 y el 15 de septiembre para la 2008/09, estando el fruto aún verde (I.M. = 0,00) y finaliza el 18 y 21 de diciembre para las campañas 2006/07 y 2007/08 y el 8 de enero en la campaña 2008/09 en la que el fruto está en fase maduro (I.M. = 4,84).

INDICE DE MADUREZ						
CAMPAÑA 2006/07		CAMPAÑA 2007/08		CAMPAÑA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
DIAS DE CAMPAÑA	I.M.	DIAS DE CAMPAÑA	I.M.	DIAS DE CAMPAÑA	I.M.	
13	0,00	13	0,00	15	0,01	0,00
18	0,16	19	0,00	22	0,03	0,06
26	0,10	26	0,03	29	0,50	0,21
33	0,13	34	0,90	36	0,76	0,60
39	0,18	38	1,07	44	1,15	0,80
47	1,18	45	1,01	50	1,12	1,10
54	1,08	52	1,11	57	1,80	1,33
61	1,99	59	2,41	64	1,46	1,95
68	1,96	66	3,30	71	2,20	2,49
75	1,84	73	2,47	78	2,32	2,21
82	1,86	80	2,96	85	2,34	2,39
89	1,84	88	1,94	92	2,22	2,00
95	2,51	94	2,75	100	2,98	2,75
103	2,09	101	3,86	106	4,08	3,34
111	2,92	108	3,99	113	4,15	3,69
---	---	---	---	130	4,84	4,84

Tabla IV.1. Datos de índice de madurez de la variedad "Picual" a lo largo del ciclo de maduración.

En la Figura IV.1 se muestran las líneas de tendencia del índice de madurez frente a las fechas de muestro expresado en días de campaña, para cada una de las campañas estudiadas, con sus respectivas funciones y coeficientes de correlación. Las campañas 2007/08 y 2008/09 presentan una tendencia muy similar, como se observa en las funciones matemáticas correspondientes, con valores de pendientes y ordenadas en el origen del mismo orden y diferente a la que presenta la campaña 2006/07 en la que la maduración se realizó más lentamente.

Teniendo en cuenta el rango de índice de maduración en el que se puede considerar periodo óptimo de recolección (I.M.= 2 – 3,5) (Rallo y Cuevas, 2004), dicho periodo alcanza un valor medio de 40 días para las tres campañas, comenzando sobre los 65 días (principio de noviembre) y finalizando, aproximadamente, a los 100 días (mediados de diciembre). En la campaña 2006/07 la maduración se retrasó casi un mes con respecto a las otras dos, tal como se muestra en la Figura IV.1.

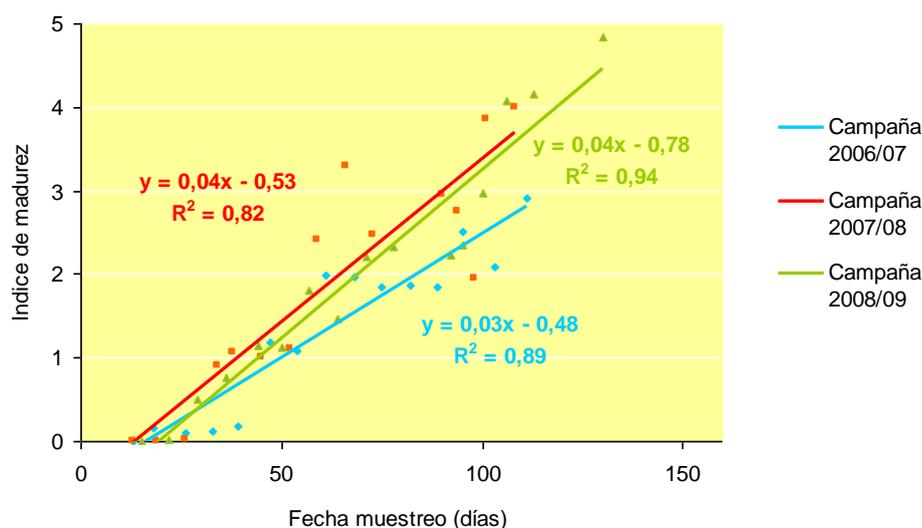


Figura IV.1. Índice de maduración de la variedad “Pícuál” respecto a la fecha de muestro expresada en días de campaña.

IV.1.1.1.2. Rendimiento graso.

Se ha analizado igualmente el contenido graso para cada campaña oleícola y los resultados se muestran en las Tablas IV.2 y IV.3, donde aparece este parámetro expresado

como rendimiento graso sobre pasta de aceituna húmeda y sobre pasta de aceituna seca, respectivamente.

ACEITE S/ HUMEDO (%)						
CAMPANA 2006/07		CAMPANA 2007/08		CAMPANA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
RG S/ HÚMEDO	I.M.	RG S/ HÚMEDO	I.M.	RG S/ HÚMEDO	I.M.	
10,85	0,00	14,44	0,00	9,89	0,01	11,73
10,75	0,16	11,82	0,00	17,14	0,03	13,24
12,91	0,10	15,07	0,03	18,69	0,50	15,56
12,88	0,13	13,85	0,90	14,34	0,76	13,69
13,98	0,18	14,57	1,07	15,21	1,15	14,59
18,56	1,18	18,98	1,01	23,25	1,12	20,26
19,58	1,08	18,60	1,11	16,51	1,80	18,23
14,80	1,99	15,72	2,41	19,49	1,46	16,67
16,97	1,96	24,43	3,30	18,46	2,20	19,95
16,34	1,84	18,62	2,47	20,84	2,32	18,60
18,72	1,86	20,86	2,96	18,62	2,34	19,40
19,01	1,84	18,63	1,94	21,94	2,22	19,86
23,32	2,51	20,17	2,75	23,69	2,98	22,39
22,77	2,09	22,52	3,86	23,57	4,08	22,95
24,45	2,92	26,81	3,99	27,57	4,15	26,28
---	---	---	---	26,22	4,84	26,22

Tabla IV.2. Datos de rendimiento graso sobre materia húmeda de la variedad "Picual" a lo largo del ciclo de maduración.

ACEITE S/ SECO (%)						
CAMPANA 2006/07		CAMPANA 2007/08		CAMPANA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
RG S/ SECO	I.M.	RG S/ SECO	I.M.	RG S/ SECO	I.M.	
24,42	0,00	27,86	0,00	24,39	0,01	25,56
28,27	0,16	22,99	0,00	32,30	0,03	27,85
33,25	0,10	31,44	0,03	37,44	0,50	34,04
28,92	0,13	33,00	0,90	32,74	0,76	31,55
31,80	0,18	35,77	1,07	36,35	1,15	34,64
45,37	1,18	43,45	1,01	52,48	1,12	47,10
45,01	1,08	43,76	1,11	37,79	1,80	42,19
37,23	1,99	46,98	2,41	48,75	1,46	44,32
47,96	1,96	55,60	3,30	42,75	2,20	48,77
42,28	1,84	43,59	2,47	46,19	2,32	44,02
43,91	1,86	49,26	2,96	36,11	2,34	43,09
49,17	1,84	40,75	1,94	42,69	2,22	44,20
55,27	2,51	49,79	2,75	52,16	2,98	52,41
44,87	2,09	47,35	3,86	45,83	4,08	46,02
47,49	2,92	51,97	3,99	51,00	4,15	50,15
---	---	---	---	51,00	4,84	51,00

Tabla IV.3. Datos de rendimiento graso sobre materia seca de la variedad "Picual" a lo largo del ciclo de maduración.

Estos datos se han representado frente al índice de madurez y han permitido obtener las Figuras IV.2 y IV.3. En ellas se puede apreciar un comportamiento muy similar para las tres campañas estudiadas, con incrementos lineales a medida que aumenta el índice de madurez. El rendimiento graso sobre materia húmeda (Figura IV.2) que presentan los frutos, en el periodo considerado óptimo para la recolección (I.M. 2-3,5) y para las tres campañas, toma valores medios entre el 19 y el 23%. Respecto al rendimiento graso sobre materia seca, los valores medios se sitúan entre el 40-55% para aceitunas en enero (I.M. 2-3,5) por lo que se podría decir que a finales del envero prácticamente la totalidad del aceite se encuentra formado.

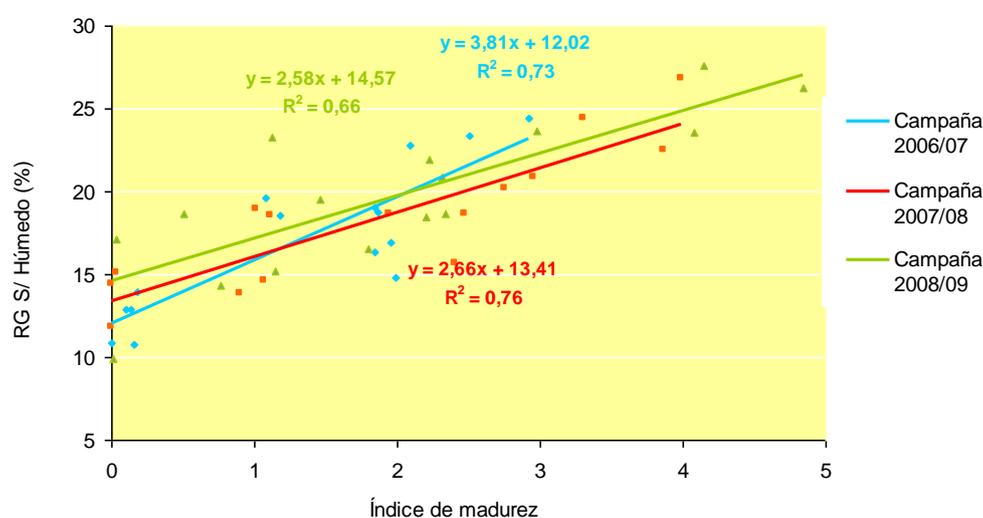


Figura IV.2. Rendimiento graso en pasta de aceituna húmeda de la variedad “Picual” respecto al índice de madurez.

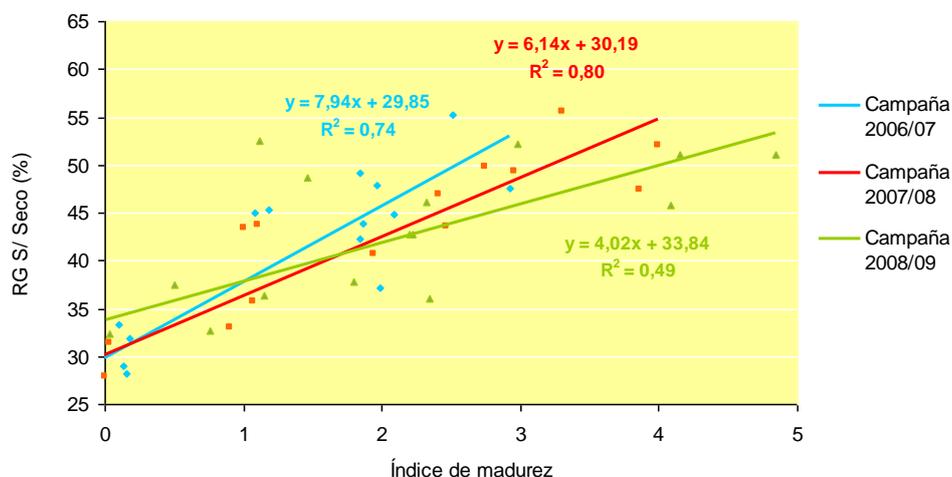


Figura IV.3. Rendimiento graso en pasta de aceituna seca de la variedad “Picual” respecto al índice de madurez.

Resultados análogos fueron encontrados por Sánchez y Osorio (2007) con estas variedades implantadas en distintas zonas oleícolas. Sin embargo, autores como Gutiérrez et al. (1999) y Chimi y Atonati (1994) señalan que el máximo rendimiento graso se da cuando las aceitunas se encuentran en estado maduro.

Tous y Romero (1994) clasifican las variedades de aceituna en función del porcentaje de rendimiento graso sobre materia seca como: variedades con un rendimiento graso elevado, cuando este es mayor del 46%; con un rendimiento graso medio, cuando este está entre el 46-38%; y con un rendimiento graso bajo, cuando este es inferior al 38%. Atendiendo a ésta clasificación, la variedad "Picual" estaría dentro de las variedades clasificadas como de rendimiento graso elevado ya que, para un índice de madurez de 3, presenta aproximadamente un 50 % de rendimiento graso sobre seco.

IV.1.1.1.3. Humedad.

En la Figura IV.4 se representa la evolución del contenido de humedad para las tres campañas estudiadas durante el ciclo de maduración de la aceituna tomando los datos que aparecen en la Tabla IV.4.

HUMEDAD (%)						
CAMPAÑA 2006/07		CAMPAÑA 2007/08		CAMPAÑA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD	DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD	DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD	
13	55,55	13	55,36	15	59,43	56,78
18	61,95	19	48,59	22	46,93	52,49
26	61,15	26	52,67	29	50,09	54,64
33	55,46	34	58,02	36	56,20	56,56
39	56,03	38	59,27	44	58,15	57,82
47	59,05	45	56,32	50	55,71	57,03
54	56,49	52	57,50	57	56,30	56,76
61	60,21	59	66,54	64	60,01	62,25
68	64,62	66	56,06	71	56,81	59,16
75	61,35	73	57,28	78	54,88	57,84
82	57,36	80	57,64	85	48,42	54,47
89	61,31	88	54,27	92	48,60	54,73
95	58,02	94	59,48	100	54,61	57,37
103	49,32	101	52,44	106	48,54	50,10
111	48,27	108	48,42	113	45,95	47,55
---	---	---	---	130	48,56	48,56

Tabla IV.4. Datos de porcentaje de humedad de la variedad "Picual" a lo largo del ciclo de maduración

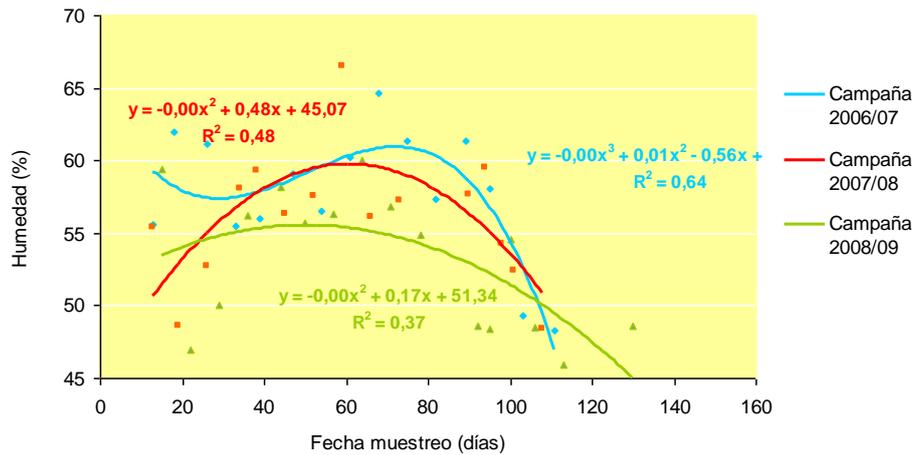


Figura IV.4. Contenido en humedad de la pasta de aceituna de la variedad "Picual" respecto a la fecha de muestreo expresado en días de campaña.

Los datos obtenidos en la campaña 2006/07 se ajustan mejor a una ecuación polinómica de tercer grado, observándose que el porcentaje de humedad de los frutos bajó ligeramente al inicio de la campaña para volver a subir a los 40 días, evolucionando a partir de ahí como las otras dos campañas.

El comportamiento del parámetro humedad es similar para las tres campañas, los frutos empiezan con un porcentaje de humedad entre el 55 - 59%, dependiendo de la campaña, van aumentando a lo largo del tiempo hasta unos máximos entre el 60-66%, que se alcanzan entre los 59 a 68 días para las campañas 2007/08 y 2008/09 y sobre los 80 días de muestreo para la campaña 2006/07, prácticamente el mes de noviembre. Una vez alcanzados estos máximos, la tendencia de los resultados es de un descenso generalizado conforme aumenta el índice de maduración de la aceituna y el rendimiento graso, como ya se ha comentado, obteniéndose porcentajes de humedad entre el 46-48%.

IV.1.1.2. Variedad "Cornezuelo".

IV.1.1.2.1. Índice de Madurez.

En la Tabla IV.5 se presentan, para las campañas oleícolas estudiadas, los datos referentes a fechas de recogida de muestras y sus correspondientes índices de madurez. Atendiendo a esos datos, el muestreo inicial, correspondiente a fruto totalmente verde (I.M. = 0,00), se realiza el 13 de septiembre para las campañas 2006/07 y 2007/08 y el 15 de

septiembre para la campaña 2008/09. Las fechas del último muestreo son del 23 de enero, 18 de diciembre y 8 de enero para las campañas oleícolas 2006/07, 2007/08 y 2008/09, respectivamente.

La relación entre los días de campaña en que es recogida la muestra y su estado de maduración se muestran en la Figura IV.5 en la que se indican las líneas de tendencia de cada campaña. En ellas se observa como la correspondiente a la campaña 2007/08 presenta una mayor pendiente, indicativa de una más rápida y temprana maduración; por el contrario la campaña 2006/07 corresponde a la de maduración más lenta y tardía.

INDICE DE MADUREZ						
CAMPAÑA 2006/07		CAMPAÑA 2007/08		CAMPAÑA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
DIAS DE CAMPAÑA	I.M.	DIAS DE CAMPAÑA	I.M.	DIAS DE CAMPAÑA	I.M.	
13	0,00	13	0,00	15	0,00	0,00
18	0,09	19	0,02	22	0,00	0,04
26	0,09	26	0,02	29	0,13	0,08
33	0,21	34	1,52	36	0,97	0,90
39	1,15	38	1,38	44	1,18	1,24
47	1,01	45	0,25	50	1,29	0,85
54	2,26	52	2,46	57	1,14	1,95
61	1,76	59	1,56	64	1,18	1,50
68	1,33	66	2,02	71	2,35	1,90
75	1,62	73	2,52	78	1,49	1,88
82	1,38	80	3,99	85	2,08	2,48
89	1,62	88	1,58	92	2,09	1,76
95	2,47	94	4,79	106	2,57	3,28
103	2,42	101	3,99	113	3,17	3,19
111	2,89	108	4,58	130	5,41	4,29
145	4,68	---	---	---	---	4,68

Tabla IV.5. Datos de índice de madurez de la variedad “Cornezuelo” a lo largo del ciclo de maduración.

Durante el periodo de crecimiento de la aceituna, ésta necesita una determinada humedad en suelo. La escasez de agua da lugar a frutos de pequeño tamaño, arrugados y secos. Por otro lado, el olivo es sensible al exceso de humedad en suelo y le perjudican los terrenos anegados de manera que una elevada cantidad de agua en el terreno tiene efectos negativos entre los que se encuentra un retraso en el proceso de maduración.

La evolución, más lenta, del proceso de maduración de los frutos en la campaña 2006/2007 puede atribuirse a la alta pluviometría de esa campaña durante los meses críticos de crecimiento (octubre con 139 mm y noviembre con 118 mm), ralentizando el metabolismo de maduración, al igual que ocurría para la variedad “Picual”.

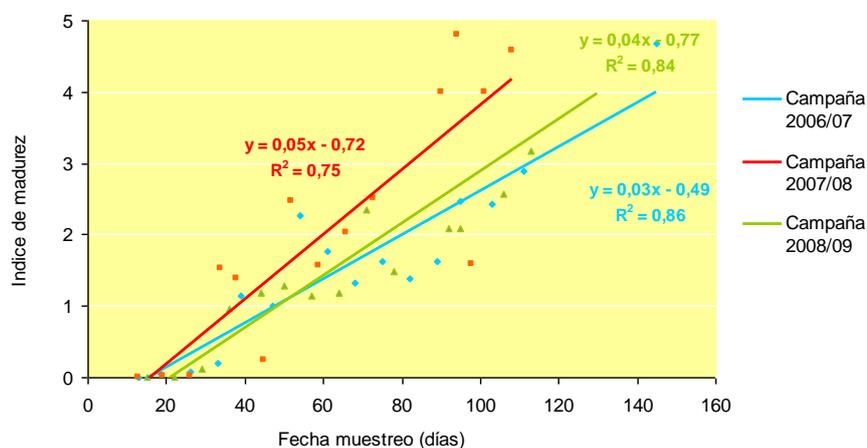


Figura IV.5. Índice de maduración de la variedad “Cornezuelo” respecto a la fecha de muestreo expresada en días de campaña.

Para la variedad “Cornezuelo”, el periodo óptimo de recolección (IM = 2-3,5), considerando la media de las tres campañas, corresponde a unos 45 días abarcando dicho periodo desde principios de noviembre (unos 65 días desde inicio de campaña) hasta mediados de diciembre (aproximadamente a los 110 días).

IV.1.1.2.2. Rendimiento graso.

En las Tablas IV.6 y IV.7 se presentan, respectivamente, el rendimiento graso sobre materia húmeda y sobre materia seca a medida que avanza la maduración del fruto.

En la evolución del contenido graso sobre materia húmeda (Figura IV.6) a lo largo del ciclo de maduración se aprecia como en la campaña 2008/09, la biosíntesis del aceite es más rápida y temprana, llegando a contener en torno al 25% de aceite sobre húmedo cuando la aceituna presenta un índice de madurez de 2,5 aproximadamente. Las otras campañas analizadas, para este índice de madurez, presentan alrededor del 20% de rendimiento graso sobre materia húmeda.

ACEITE S/ HUMEDO (%)						
CAMPANA 2006/07		CAMPANA 2007/08		CAMPANA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
RG S/ HÚMEDO	I.M.	RG S/ HÚMEDO	I.M.	RG S/ HÚMEDO	I.M.	
15,88	0,00	15,52	0,00	16,57	0,00	15,99
16,22	0,09	16,13	0,02	16,47	0,02	16,27
18,81	0,09	14,48	0,02	17,30	0,13	16,86
18,66	0,21	18,58	1,52	19,62	0,97	18,95
21,21	1,15	18,58	1,38	20,04	1,18	19,94
20,79	1,01	16,57	0,25	26,61	1,29	21,32
20,40	2,26	21,32	2,46	23,42	1,14	21,72
15,99	1,76	19,52	1,56	21,70	1,18	19,07
20,58	1,33	22,77	4,02	23,55	2,35	22,30
17,47	1,62	23,80	2,52	22,35	1,49	21,21
22,43	1,38	23,35	3,99	25,20	2,08	23,66
19,96	1,62	20,29	1,58	27,46	2,09	22,57
23,25	2,47	24,73	4,79	27,45	2,57	25,14
22,47	2,42	23,25	3,99	29,00	3,17	24,91
25,71	2,89	28,39	4,58	28,93	5,41	27,68
25,99	4,68	---	---	26,22	4,84	26,11

Tabla IV.6. Datos de rendimiento graso sobre materia húmeda de la variedad “Cornezuelo” a lo largo del ciclo de maduración.

ACEITE S/ SECO (%)						
CAMPANA 2006/07		CAMPANA 2007/08		CAMPANA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
RG S/ SECO	I.M.	RG S/ SECO	I.M.	RG S/ SECO	I.M.	
34,40	0,00	37,79	0,00	36,39	0,00	36,19
37,58	0,09	37,26	0,02	34,12	0,02	36,32
40,15	0,09	31,87	0,02	42,81	0,13	38,28
37,81	0,21	46,78	1,52	43,04	0,97	42,54
46,08	1,15	50,44	1,38	42,43	1,18	46,32
42,86	1,01	42,39	0,25	60,32	1,29	48,52
46,26	2,26	51,56	2,46	52,41	1,14	50,08
39,30	1,76	49,20	1,56	54,87	1,18	47,79
54,79	1,33	55,10	4,02	57,04	2,35	55,64
47,69	1,62	49,43	2,52	49,33	1,49	48,82
62,80	1,38	54,85	3,99	56,36	2,08	58,00
47,95	1,62	45,13	1,58	54,17	2,09	49,08
50,86	2,47	52,31	4,79	55,24	2,57	52,80
47,77	2,42	52,54	3,99	61,48	3,17	53,93
50,72	2,89	55,25	4,58	57,61	5,41	54,53
52,02	4,68	---	---	---	---	52,02

Tabla IV.7. Datos de rendimiento graso sobre materia seca de la variedad “Cornezuelo” a lo largo del ciclo de maduración.

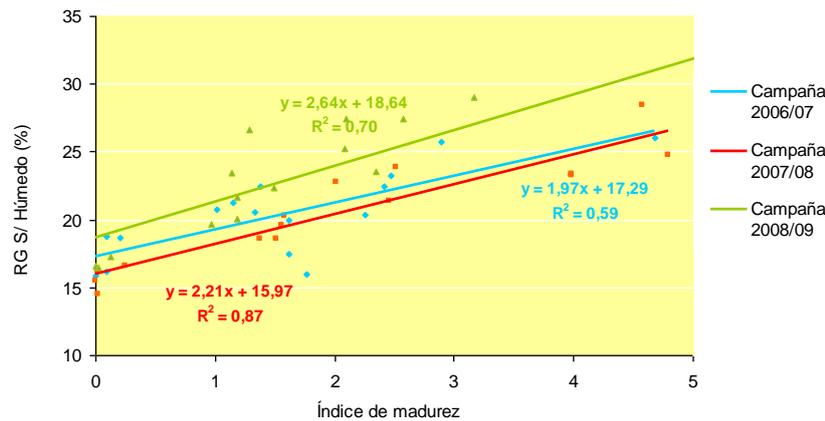


Figura IV.6. Rendimiento graso en pasta de aceituna húmeda de la variedad “Cornezuelo” respecto al índice de madurez.

Respecto a la evolución del rendimiento graso de la pasta de aceituna seca a lo largo del ciclo de maduración los valores de rendimiento graso de las muestras de aceitunas, como media para las tres campañas, van desde el 35% correspondiente a aceitunas en verde a valores de un 55-60% para aceitunas a finales del invierno, alcanzando su máximo en frutos con índice de madurez en torno al 3,5.

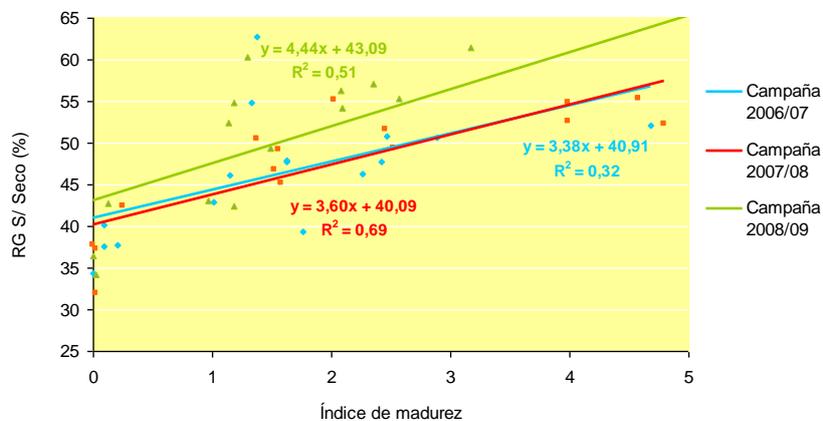


Figura IV.7. Rendimiento graso en pasta de aceituna seca de la variedad “Cornezuelo” respecto al índice de madurez.

Los datos obtenidos de las distintas muestras no siguen una tendencia clara ya que frutos con índice de madurez de 1,38 (campaña 2006/07) dan un rendimiento graso sobre materia seca de 62,80 % (Tabla IV.7) dato normal de final de campaña, de ahí que los coeficientes de correlación de las correspondientes rectas de regresión no sean todo lo alto que se esperaba.

Estos valores permiten clasificar la variedad “Cornezuelo”, según lo indicado por Tous y Romero (1994), como variedad con rendimiento graso elevado (para un IM=3 el rendimiento graso sobre seco está en torno al 50%).

IV.1.1.2.3. Humedad.

La Tabla IV.8 recoge, junto a las fechas de muestreo, los datos obtenidos para el parámetro humedad en las muestras analizadas y en las tres campañas oleícolas estudiadas.

HUMEDAD (%)						
CAMPAÑA 2006/07		CAMPAÑA 2007/08		CAMPAÑA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD	DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD	DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD	
13	53,81	13	58,92	15	54,42	55,72
18	56,84	19	56,69	22	51,74	55,09
26	53,15	26	54,56	29	59,59	55,77
33	50,64	34	60,29	36	54,41	55,11
39	53,99	38	63,16	44	52,77	56,64
47	51,49	45	60,90	50	55,88	56,09
54	55,89	52	58,65	57	55,31	56,62
61	59,30	59	60,32	64	60,45	60,02
68	62,44	66	58,68	71	58,70	59,94
75	63,36	73	51,84	78	54,70	56,63
82	64,27	80	57,44	85	55,29	59,00
89	58,37	88	55,04	92	49,31	54,24
95	54,70	94	52,72	106	50,31	52,58
103	53,13	101	55,67	113	52,83	53,88
111	49,19	108	48,61	130	49,78	49,19
145	49,95	---	---	---	---	49,95

Tabla IV.8. Datos de porcentaje de humedad de la variedad “Cornezuelo” a lo largo de la campaña.

Al representar gráficamente estos datos (Figura IV.8) se aprecia que el máximo de humedad de las muestras de aceitunas para las campañas 2007/08 y 2008/09 se produce en el intervalo de 40 y 60 días de campaña, que corresponde al mes de octubre.

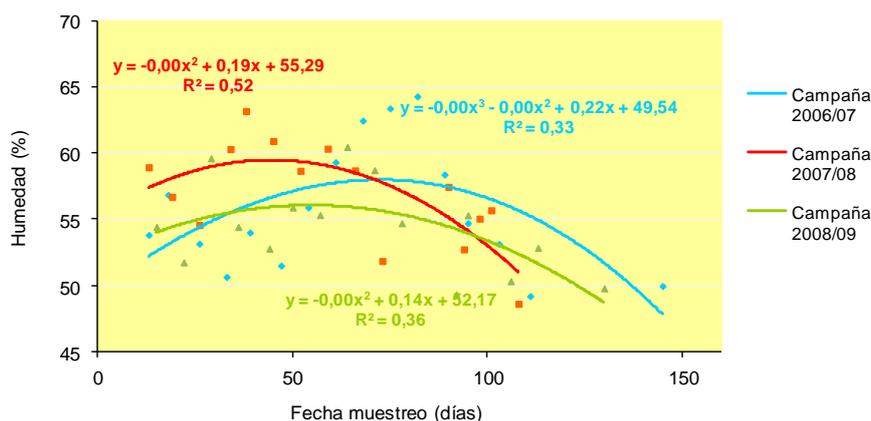


Figura IV.8. Contenido en humedad de la pasta de aceituna de la variedad “Cornezuelo” respecto a la fecha de muestreo expresado en días de campaña.

En la campaña 2006/07 el valor máximo de humedad se alcanza a los 82 días de campaña llegando al 64%, un mes después (mes de noviembre) que en las otras dos campañas oleícolas. Esto se debe, como pasara con la variedad “Picual”, a que el año 2006 fue, desde un punto de vista agroclimático, distinto a los dos años siguientes con un mes de noviembre muy lluvioso (118 mm), que sin duda ha influido en el fruto siguiendo éste aumentando su contenido en humedad durante un periodo de tiempo más largo.

IV.1.1.3. Variedad “Arbequina”.

IV.1.1.3.1. Índice de Madurez.

El muestreo en los cultivares de esta variedad se realiza en los días de campaña que se muestran en la Tabla IV.9 junto con el índice de madurez que presentaba cada una de las muestras recogidas. Tal como se indica, la primera fecha de muestreo se realiza el 13 de septiembre estando las muestras verdes y el último muestreo se llevó a cabo el 8 de enero para la campaña oleícola 2008/09 y el 10 y 20 de diciembre para las campañas oleícolas 2007/08 y 2006/07, respectivamente. En ningún caso, al final del muestreo, se consiguen frutos maduros (I.M. > 3,5); alcanzando un máximo de I.M. de 3,02 en la última campaña.

INDICE DE MADUREZ						
CAMPAÑA 2006/07		CAMPAÑA 2007/08		CAMPAÑA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
DIAS DE CAMPAÑA	I.M.	DIAS DE CAMPAÑA	I.M.	DIAS DE CAMPAÑA	I.M.	
13	0,15	13	0,12	15	0,14	0,14
18	0,45	19	0,28	22	0,61	0,45
26	1,48	26	0,73	29	0,91	1,04
33	1,29	34	0,92	36	1,01	1,07
39	1,16	38	1,23	44	2,30	1,56
47	1,24	45	1,25	50	2,12	1,54
54	1,72	52	1,71	57	2,10	1,84
61	1,60	59	1,69	64	1,94	1,74
68	1,90	66	2,39	71	2,36	2,22
75	1,61	73	3,87	78	2,35	2,61
82	2,01	80	3,34	85	2,22	2,52
89	1,61	88	1,87	92	2,37	1,95
95	2,69	94	3,10	100	2,84	2,88
103	1,63	101	3,10	106	2,77	2,50
111	2,62	---	---	113	2,32	2,47
---	---	---	---	130	3,02	3,02

Tabla IV.9. Datos de índice de madurez de la variedad “Arbequina” a lo largo del ciclo de maduración.

La Figura IV.9 muestra la relación encontrada entre los días en los que se realizó el muestreo y el índice de madurez para cada una de las campañas. Las líneas de tendencia ajustadas nos indican una mayor rapidez en la maduración para la campaña 2007/08 seguida de la 2008/09 y por último la 2006/07.

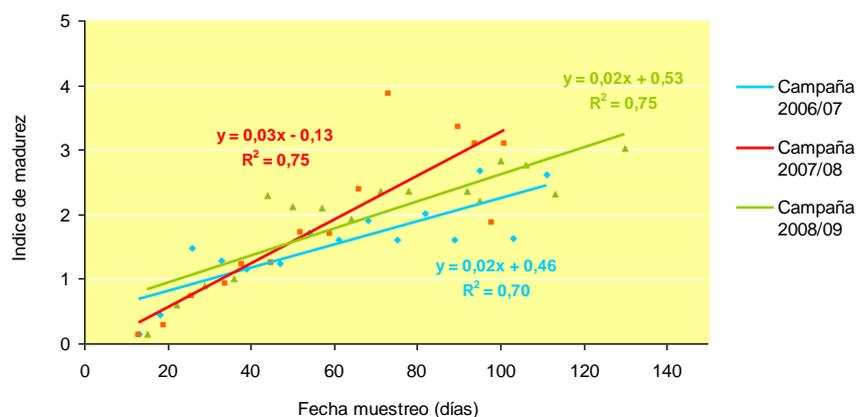


Figura IV.9. Índice de maduración de la variedad “Arbequina” respecto a la fecha de muestreo expresada en días de campaña.

Se repite la misma tendencia que en las otras dos variedades, la campaña 2006/07 es la más retrasada en maduración. Teniendo en cuenta el rango de índice de maduración en el que se puede considerar momento óptimo de recolección (I.M.= 2 – 3,5) se puede decir que dicho periodo se inicia, como media de las tres campañas, sobre los 65 días desde inicio de muestreo (principios de noviembre) y se prolonga hasta el final del mismo. Según diversos autores (Ortega et al., 2004; Hermoso et al., 1995 y Humanes et al., 1992), la variedad “Arbequina” se caracteriza por tener una maduración escalonada y por no alcanzar la maduración completa del fruto, lo que justifica los datos obtenidos en este estudio.

IV.1.1.3.2. Rendimiento graso.

En las Tablas IV.10 y IV.11 se presentan, respectivamente, el rendimiento graso sobre materia húmeda y sobre materia seca a medida que avanza la maduración del fruto.

ACEITE S/ HUMEDO (%)						
CAMPANA 2006/07		CAMPANA 2007/08		CAMPANA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
RG S/ HÚMEDO	I.M.	RG S/ HÚMEDO	I.M.	RG S/ HÚMEDO	I.M.	
16,94	0,15	10,72	0,12	14,51	0,14	14,06
15,73	0,45	15,56	0,28	17,72	0,61	16,34
19,59	1,48	18,96	0,73	17,29	0,91	18,61
19,31	1,29	16,06	0,92	18,88	1,01	18,08
17,40	1,16	18,17	1,23	18,44	2,30	18,00
20,28	1,24	18,60	1,25	23,30	2,12	20,73
20,54	1,72	18,05	1,71	21,92	2,10	20,17
19,87	1,60	20,53	1,69	22,53	1,94	20,98
17,45	1,90	21,66	2,39	23,62	2,36	20,91
16,67	1,61	23,78	3,87	24,87	2,35	21,77
18,49	2,01	26,27	3,34	27,03	2,22	23,93
16,03	1,61	22,22	1,87	23,16	2,37	20,47
17,76	2,69	23,21	3,10	21,96	2,84	20,98
19,89	1,63	26,86	3,10	29,23	2,77	25,33
17,81	2,62	---	---	28,03	2,32	22,92
---	---	---	---	28,06	3,02	28,06

Tabla IV.10. Datos de rendimiento graso sobre materia humedad de la variedad “Arbequina” a lo largo del ciclo de maduración.

ACEITE S/ SECO (%)						
CAMPANA 2006/07		CAMPANA 2007/08		CAMPANA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
RG S/ SECO	I.M.	RG S/ SECO	I.M.	RG S/ SECO	I.M.	
32,22	0,15	22,81	0,12	26,48	0,14	27,17
36,46	0,45	35,55	0,28	32,53	0,61	34,85
44,29	1,48	43,41	0,73	37,58	0,91	41,76
44,42	1,29	37,06	0,92	42,23	1,01	41,24
37,55	1,16	44,80	1,23	39,85	2,30	40,73
45,54	1,24	42,15	1,25	49,60	2,12	45,76
48,18	1,72	44,42	1,71	44,93	2,10	45,84
47,18	1,60	48,24	1,69	51,94	1,94	49,12
46,18	1,90	55,26	2,39	52,60	2,36	51,35
46,55	1,61	49,94	3,87	49,09	2,35	48,53
41,60	2,01	53,58	3,34	57,53	2,22	50,90
43,79	1,61	49,41	1,87	43,95	2,37	45,72
52,94	2,69	47,70	3,10	46,61	2,84	49,08
44,59	1,63	58,39	3,10	52,48	2,77	51,82
46,38	2,62	---	---	54,27	2,32	54,27
---	---	---	---	53,28	3,02	53,28

Tabla IV.11. Datos de rendimiento graso sobre materia seca de la variedad “Arbequina” a lo largo del ciclo de maduración.

En la Figura IV.10 se observa que los datos recopilados en la campaña 2006/07 se ajustan bastante mal a una ecuación lineal, dando un coeficiente de correlación algo más elevado, aun siendo muy bajo ($R^2 = 0,23$), cuando el ajuste corresponde a una ecuación polinómica de segundo grado.

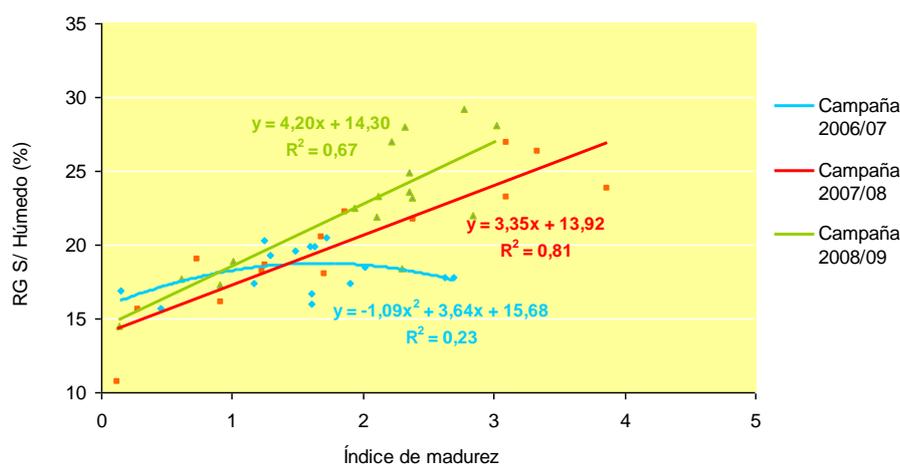


Figura IV.10. Rendimiento graso en pasta de aceituna húmeda de la variedad “Arbequina” respecto al índice de madurez.

Esto podría deberse a que la lluvia caída en esa campaña (principalmente en octubre y noviembre) hizo que la aceituna no siguiera una tendencia normal (aumentar la humedad al principio de campaña para luego disminuir, a la inversa que el RGS/húmedo), sino que mantuviese un porcentaje de humedad alto a lo largo de toda la campaña afectando, de este modo, al contenido graso sobre materia húmeda. En las otras dos campañas el rendimiento graso sobre húmedo sigue una pauta normal, aumentar a medida que aumenta el índice de madurez del fruto. En general, como media para las tres campañas, podríamos decir que al inicio del envero (I.M.= 2) la variedad “Arbequina” tiene acumulado en torno al 20% de su contenido graso.

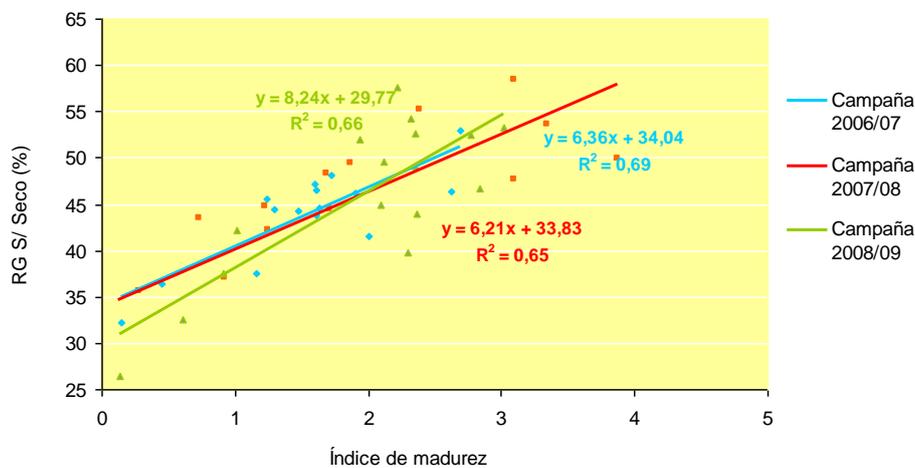


Figura IV.11. Rendimiento graso en pasta de aceituna seca de la variedad “Arbequina” respecto al índice de madurez.

Al fijarnos en el RG S/seco, al no influir la humedad del fruto, vemos como la materia grasa va aumentando a medida que éste madura. Si se compara la coloración externa de la aceituna (índice de madurez) con la materia grasa en pasta seca se aprecia que el conjunto de valores máximos se dan cuando desaparecen las aceitunas verdes del árbol, momento en el que la proporción de aceitunas en envero llega a su máximo (Civantos, 1999). En la Tabla IV.11 se observa que la campaña 2007/08 es la que alcanza mayores rendimientos con un 58,4% para un I.M. = 3,10; seguida de la campaña 2008/09 con un 57,5% para un I.M.= 2,20 y por último la campaña 2006/07 con un 52,9% de rendimiento para un I.M.= 2,69. En general, se puede considerar que dentro del periodo óptimo para recolectar los frutos, éstos tienen entre un 45-58% de contenido graso, pudiendo clasificarse, según Tous y Romero (1994), como una variedad de rendimiento graso elevado.

IV.1.1.3.3. Humedad.

Los datos obtenidos para el parámetro humedad se muestran en la Tabla IV.12 y aparecen representados gráficamente en la Figura IV.12.

HUMEDAD (%)						
CAMPAÑA 2006/07		CAMPAÑA 2007/08		CAMPAÑA 2008/09		MEDIA TRES CAMPAÑAS
DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD	DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD	DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD	
13	47,44	13	52,99	15	45,18	48,54
18	56,85	19	56,23	22	45,50	52,86
26	55,76	26	56,33	29	53,99	55,36
33	56,54	34	56,66	36	55,28	56,16
39	53,68	38	59,44	44	53,73	55,62
47	55,47	45	55,88	50	53,02	54,79
54	57,37	52	59,36	57	51,20	55,98
61	57,88	59	57,43	64	56,61	57,31
68	62,21	66	60,80	71	55,09	59,37
75	64,18	73	52,37	78	49,34	55,30
82	55,55	80	50,96	85	53,01	53,17
89	63,38	88	55,02	92	47,29	55,23
95	66,69	94	51,33	100	52,88	56,97
103	55,51	101	53,98	106	44,28	51,26
111	61,48	---	---	113	48,34	54,91
---	---	---	---	130	47,33	47,33

Tabla IV.12. Datos de porcentaje de humedad de la variedad “Arbequina” a lo largo de la campaña de muestreo.

La evolución del contenido de humedad para las campañas estudiadas en función del ciclo de maduración, muestra que durante la campaña 2006/07 el fruto presentó un mayor contenido en humedad y con una clara tendencia al aumento, pasando del 47,8% al 61,7% desde el inicio al final de campaña,. La tendencia de las otras dos campañas estudiadas siguió la evolución natural del fruto: aumentar el contenido de humedad a inicios de la campaña hasta alcanzar un máximo entre el 60 y 57% para las campañas 2007/08 y 2008/09, respectivamente; y disminuir al final de la campaña, conforme madura el fruto, hasta alcanzar un 47 y 54%, respectivamente.

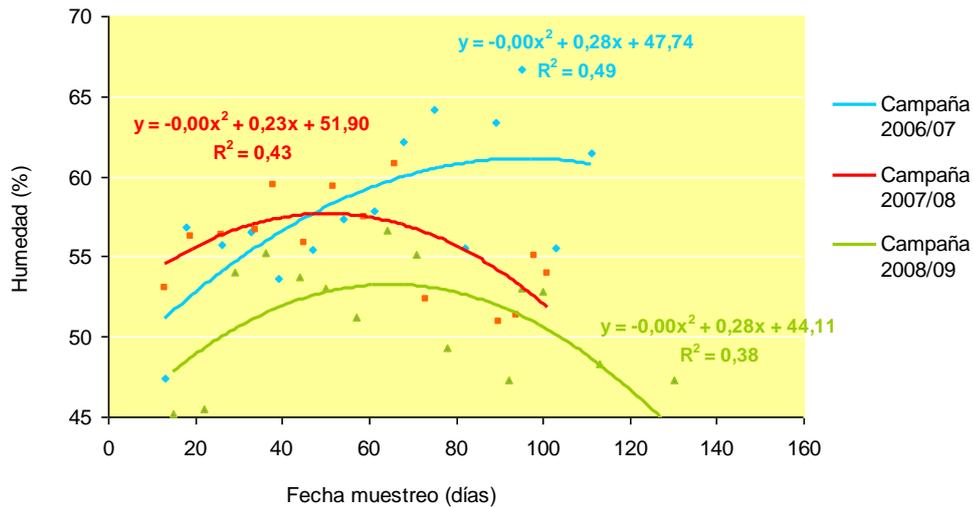


Figura IV.12. Contenido en humedad de la pasta de aceituna de la variedad “Arbequina” respecto a la fecha de muestreo expresado en días de campaña.

IV.1.1.4. Comparación entre variedades.

IV.1.1.4.1. Índice de Madurez.

En la Tabla IV.13 se presenta el índice de madurez medio (promedio de las tres campañas oleícolas) junto a la fecha de muestreo aproximada expresada en días de campaña para cada una de las variedades.

DIAS DE CAMPAÑA	INDICE DE MADUREZ MEDIO		
	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA
13	0,00	0,00	0,14
19	0,06	0,04	0,45
26	0,21	0,08	1,04
34	0,60	0,90	1,07
38	0,80	1,24	1,56
45	1,10	0,85	1,54
52	1,33	1,95	1,84
59	1,95	1,50	1,74
66	2,49	1,90	2,22
73	2,21	1,88	2,61
80	2,39	2,48	2,52
88	2,00	1,76	1,95
94	2,75	3,28	2,88
101	3,34	3,19	2,50
108	3,69	4,29	2,47
130	4,84	4,68	3,02

Tabla IV.13. Datos de índice de madurez medio de las tres variedades a lo largo de la campaña de muestreo.

Al inicio del muestreo todas las variedades se encuentran en el estado de maduración “verde” (índice de madurez de 0-2) y a los 130 días de campaña (última fecha de muestreo, 8 de enero), solamente las variedades “Picual” y “Cornezuelo” se encuentran maduras (índice de madurez 4,84 y 4,68, respectivamente) mientras que la variedad “Arbequina” tiene un índice de maduración medio de 3,02 (envero).

En la Figura IV.13 se muestran las líneas de tendencia del índice de madurez respecto a días de campaña de las tres variedades estudiadas con sus respectivas funciones y coeficientes de correlación. Las variedades “Picual” y “Cornezuelo” presentan una tendencia muy similar, casi idéntica, con una duración del período óptimo de recolección de unos 40 días de media (desde principios de noviembre a mediados de diciembre).

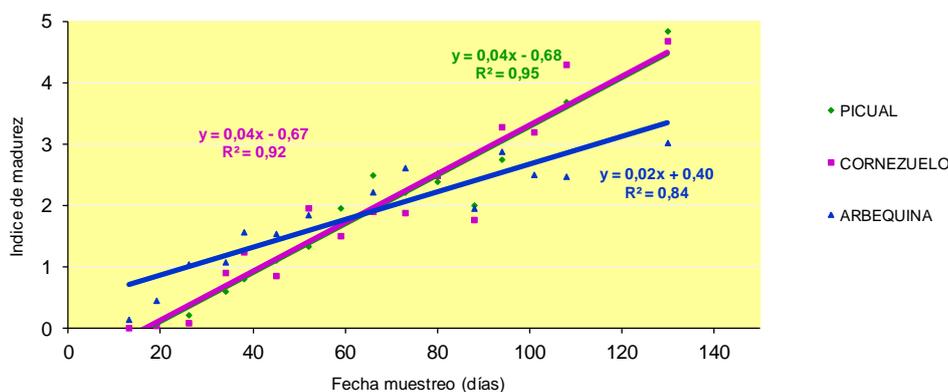


Figura IV.13. Índice de maduración: comparación entre las tres variedades.

Por el contrario, la variedad “Arbequina” presenta una maduración distinta: empieza la campaña con un índice de madurez superior a las otras dos (casi un punto más a los 26 días de muestreo); se iguala con las otras variedades en índice de madurez a los 60 días de campaña y presenta, al final de campaña, un índice de madurez inferior a las otras variedades, del orden de 1,8 unidades. La variedad “Arbequina” madura ligeramente a medida que avanza la campaña, con un período óptimo de recolección que empieza sobre el 5 de noviembre y se extiende hasta la última fecha del muestreo (8 de enero).

IV.1.1.4.2. Rendimiento graso.

En las Tablas IV.14 y IV.15 se presentan, respectivamente, la media del parámetro rendimiento graso sobre pasta de aceituna húmeda y el rendimiento graso sobre pasta de

aceituna seca para cada una de las variedades de estudio y los índices de madurez correspondientes.

RENDIMIENTO GRASO S/ HUMEDO (%)					
PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA	
RG S/ HÚMEDO	I.M.	RG S/ HÚMEDO	I.M.	RG S/ HÚMEDO	I.M.
11,73	0,00	15,99	0,00	14,06	0,14
13,24	0,06	16,27	0,04	16,34	0,45
15,56	0,21	16,86	0,08	18,61	1,04
13,69	0,60	18,95	0,90	18,08	1,07
14,59	0,80	19,94	1,24	18,00	1,56
20,26	1,10	21,32	0,85	20,50	1,54
18,23	1,33	21,72	1,95	20,08	1,84
16,67	1,95	19,07	1,50	21,20	1,74
19,95	2,49	22,30	1,90	21,72	2,22
18,60	2,21	21,21	1,88	22,03	2,61
19,40	2,39	23,66	2,48	23,32	2,52
19,86	2,00	22,57	1,76	21,29	1,95
22,39	2,75	25,14	3,28	20,40	2,88
22,95	3,34	24,91	3,19	24,62	2,50
26,28	3,69	27,68	4,29	23,96	2,47
26,22	4,84	25,99	4,68	22,94	3,02

Tabla IV.14. Datos de rendimiento graso medio sobre materia húmeda de las tres variedades a lo largo del ciclo de maduración.

RENDIMIENTO GRASO S/ SECO (%)					
PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA	
RG S/ Seco	I.M.	RG S/ Seco	I.M.	RG S/ Seco	I.M.
25,56	0,00	36,19	0,00	27,17	0,14
27,85	0,06	36,32	0,04	34,85	0,45
34,04	0,21	38,28	0,08	41,76	1,04
31,55	0,60	42,54	0,90	41,24	1,07
34,64	0,80	46,32	1,24	40,73	1,56
47,10	1,10	48,52	0,85	45,17	1,54
42,19	1,33	50,08	1,95	44,96	1,84
44,32	1,95	47,79	1,50	49,45	1,74
48,77	2,49	55,64	1,90	51,68	2,22
44,02	2,21	48,82	1,88	48,40	2,61
43,09	2,39	58,00	2,48	52,55	2,52
44,20	2,00	49,08	1,76	44,99	1,95
52,41	2,75	52,80	3,28	46,03	2,88
46,02	3,34	53,93	3,19	54,60	2,50
50,15	3,69	54,53	4,29	49,43	2,47
51,00	4,84	52,02	4,68	49,83	3,02

Tabla IV.15. Datos de rendimiento graso medio sobre materia seca de las tres variedades a lo largo del ciclo de maduración.

Al representar gráficamente estos datos (Figuras IV.14 y IV.15) se puede apreciar que la síntesis de lípidos aumenta con un ritmo muy similar para las variedades “Picual” y “Cornezuelo” a lo largo de la maduración del fruto.

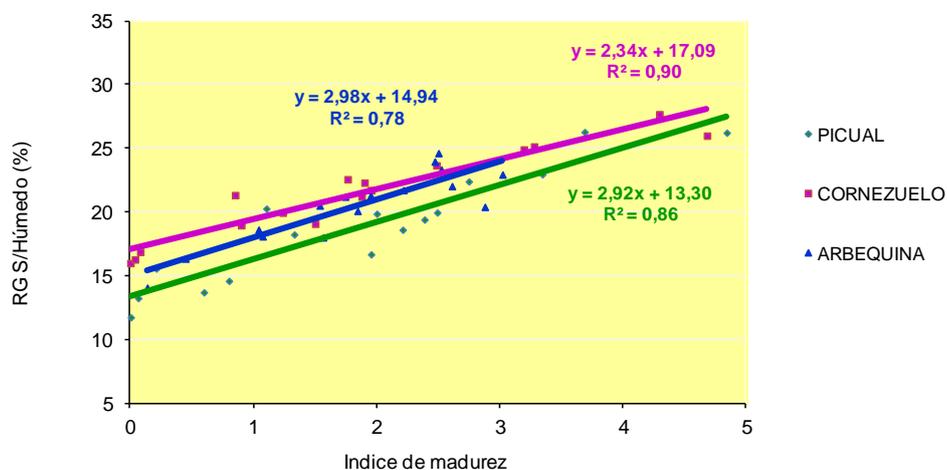


Figura IV.14. Rendimiento graso en pasta de aceituna húmeda: comparación entre variedades.

De las tres variedades la “Cornezuelo” es la que, en todo el ciclo de maduración, presenta mayor rendimiento graso tanto en pasta de aceituna húmeda, como en seca. En función del contenido graso en pasta de aceituna seca hemos clasificado a las tres variedades como variedades con rendimiento graso elevado, pero sin embargo existen diferencias entre ellas. Así, al final del periodo considerado como óptimo para la recolección (I.M = 3,5) las variedades “Arbequina” y “Cornezuelo” tienen de media sobre el 55% del aceite sintetizado, mientras que en la variedad “Picual” apenas llega al 50%.

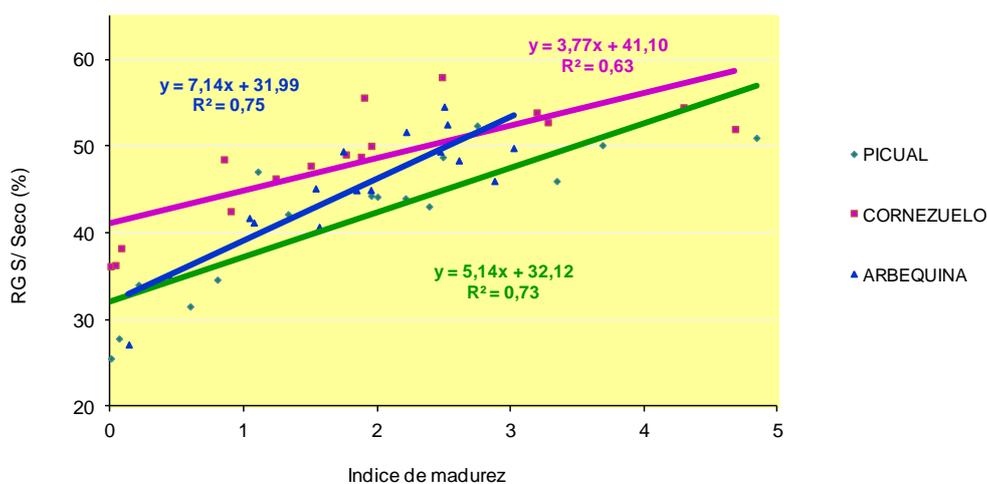


Figura IV.15. Rendimiento graso en pasta de aceituna seca: comparación entre variedades.

IV.1.1.4.3. Humedad.

En la Tabla IV.16 se presenta el porcentaje de humedad medio (promedio de las tres campañas oleícolas) junto a la fecha de muestreo expresada en días de campaña para cada una de las variedades. Es de destacar que la variedad “Arbequina”, a inicio de campaña, presenta porcentajes de humedad inferiores a los encontrados en las otras dos variedades estudiadas, mientras que a final de campaña sucede lo contrario. Ello puede atribuirse a que la variación de humedad del fruto entre principio y final de campaña es muy leve.

DIAS DE CAMPAÑA	HUMEDAD MEDIA (%)		
	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA
13	56,84	55,72	48,54
19	56,94	55,09	52,86
26	57,46	55,77	55,36
34	55,71	55,11	56,16
38	56,74	56,64	55,62
45	57,94	56,09	54,70
52	56,43	56,62	55,34
59	60,14	60,02	57,14
66	62,02	59,94	57,92
73	59,19	56,63	54,64
80	54,38	59,00	56,05
88	57,07	54,24	52,62
94	56,88	52,58	55,86
101	49,06	53,88	54,98
108	47,50	49,19	51,92
130	48,56	49,95	54,40

Tabla IV.16. Datos de porcentaje de humedad de las tres variedades a lo largo de la campaña de muestreo.

En la representación gráfica del porcentaje de humedad frente a días de campaña se observa que todas las variedades siguen la tendencia normal del fruto a lo largo de su maduración, que como ya se ha indicado anteriormente es la de aumentar su contenido en humedad al principio de la campaña, llegar a un máximo y luego descender como consecuencia de las deshidrataciones (Civantos, 1999).

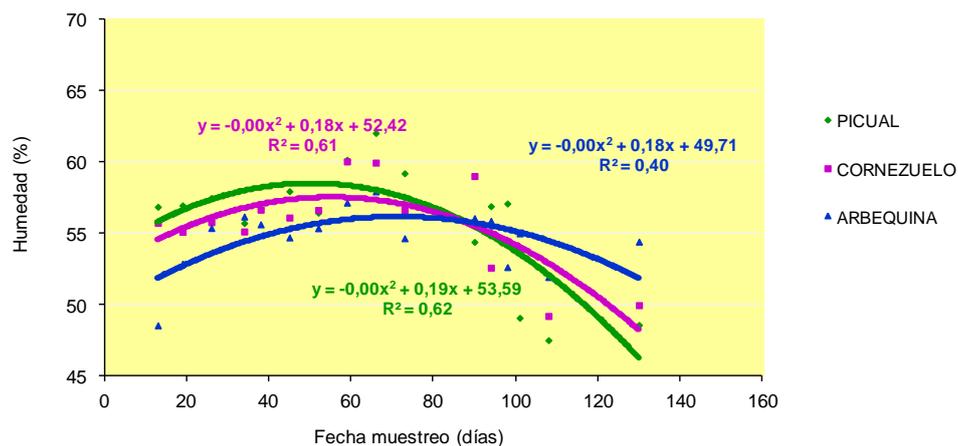


Figura IV.16. Contenido en humedad de la pasta de aceituna: comparación entre variedades.

El valor máximo de humedad para las tres variedades se alcanza a los 66 días de campaña, con valores del 62,02%, 60,02% y 57,92% para las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”, respectivamente.

IV.1.2. Comportamiento tecnológico.

El distinto comportamiento tecnológico que presentan las variedades de aceituna destinadas a la elaboración de aceite es consecuencia de que las pastas resultantes a extraer presentan distintas retenciones y oclusiones de fases líquidas, emulsiones de aceite y pérdidas de sólidos que ocasionan unos rendimientos característicos de cada una de ellas (Hermoso et al., 1996). Este comportamiento diferente se debe a las distintas texturas de la pulpa de aceituna y a la distinta situación del aceite en forma de emulsión fina dentro del protoplasma de la célula. Alrededor del 80% del aceite localizado en las vacuolas puede ser fácilmente extraído, el resto se encuentra disperso en el citoplasma en forma de microgeles, resultando difícil de extraer.

Con objeto de mejorar la extracción la pasta de aceituna es batida lentamente modificando el grado de dispersión de las gotas de aceite y favoreciendo el fenómeno de la coalescencia. Dicho fenómeno incrementa la cantidad de aceite extraído al romper la emulsión aceite/agua formada durante la molienda. Las gotas de aceite aumentan su tamaño y cuando alcanzan un diámetro mayor de 30 μm el aceite puede ser extraído fácilmente. La eficiencia de este proceso depende de las características reológicas, de la temperatura y tiempo de batido y de la adición de coadyuvantes tecnológicos.

Amirante et al. (2001) indican que durante el proceso de obtención del aceite de oliva, una de las etapas más importantes en cuanto a rendimientos y calidad de los aceites obtenidos es la fase del batido. El principal objetivo de esta fase es reunir el aceite que se encuentra en el interior de las células rotas por la molienda, con ayuda de la temperatura y del volteo mediante las paletas agitadoras, en una fase continua que facilite su separación del resto de los componentes de la pasta en un tratamiento posterior por centrifugación o presión. Recientemente (Jiménez et al. 2006), técnicas emergentes como la de ultrasonidos de potencia, se están investigando y aplicando en la elaboración del aceite de oliva. Esta técnica resulta efectiva en dos cuestiones importantes: el calentamiento rápido de la masa de aceituna, lo que ha permitido batir la masa durante más tiempo a la temperatura óptima de trabajo y en la mejora de la extractabilidad del proceso siendo, incluso, ligeramente superior al empleo de microtálco. La temperatura de la pasta disminuye la viscosidad del aceite, mejorando el fenómeno de coalescencia y el rendimiento graso; sin embargo altas temperaturas pueden afectar negativamente a la calidad del aceite y a sus características sensoriales (Stefanoudaki et al., 2011).

Atendiendo a lo anteriormente citado podemos encontrarnos con pastas fáciles de extraer también denominadas “efluentes” y pastas con gran dificultad denominadas “fuertes” o “difíciles”. Todo esto, además de ser una característica varietal, puede venir afectado por condiciones climatológicas adversas durante la maduración de la aceituna, ataque de enfermedades, forma y tipo de abonado de los cultivares, etc. El momento de recolección también es un factor a tener en cuenta ya que el índice de madurez de la aceituna afecta, significativamente, al rendimiento en la extracción de aceite, aumentado éste con la maduración (Salvador et al., 2001).

La mejor forma de comprobar la mayor o menor dificultad de la extracción es simulando en el laboratorio el proceso de extracción del aceite de oliva tal y como se realiza en la almazara y para ello se utiliza el Sistema Abencor. Los parámetros a obtener con este procedimiento son el rendimiento Abencor, extractabilidad y el rendimiento industrial aproximado que permiten definir la mayor o menor dificultad que pueden presentar las distintas pastas de aceituna a extraer.

Se define al rendimiento Abencor del proceso como el porcentaje de masa de aceite obtenido, multiplicando el volumen leído en la probeta por la densidad (0.915 g/ ml) respecto

del peso de masa de aceituna tomada para la extracción (600 g.). Así mismo, conociendo el contenido graso total de ésta, se define la extractabilidad del proceso como el porcentaje de aceite extraído respecto del contenido total (Beltrán et al., 2003). Por último, el rendimiento industrial aproximado se define como un porcentaje (80%) del total de aceite que es posible extraer.

IV.1.2.1. Variedad "Picual".

Los resultados obtenidos para extractabilidad, rendimiento Abencor, y rendimiento industrial aproximado se relacionan en la Tabla IV.17 junto con los datos conocidos de índice de madurez y humedad para cada muestra molturada con el sistema Abencor.

	EXTRACTABILIDAD (%)	RTO. ABENCOR (%)	RTO. IND. APROX. (%)	HUMEDAD (%)	INDICE MADUREZ
CAMPAÑA 2006-2007	63,32	6,87	8,16	55,55	0,00
	59,13	7,63	10,83	61,15	0,10
	68,42	9,57	11,58	56,03	0,18
	76,01	14,89	17,67	56,49	1,08
	68,11	11,56	15,50	64,62	1,96
	54,52	10,21	16,81	57,36	1,86
	67,34	15,70	21,83	58,02	2,51
	85,63	20,94	22,27	48,27	2,92
CAMPAÑA 2007-2008	52,86	12,02	12,02	55,36	0,00
	69,65	10,50	12,49	52,67	0,03
	67,45	9,83	12,48	59,27	1,07
	65,66	12,21	16,69	57,50	1,11
	68,74	16,79	22,87	56,06	3,30
	54,28	11,32	19,14	57,64	2,96
	74,07	14,94	18,54	59,48	2,75
CAMPAÑA 2008-2009	54,03	5,34	7,43	59,43	0,01
	74,69	13,96	15,18	50,09	0,50
	72,76	11,07	13,08	58,15	1,15
	78,58	12,98	14,34	56,30	1,80
	60,98	11,26	16,49	56,81	2,20
	79,92	14,89	15,99	48,42	2,34
	64,44	15,27	21,96	54,61	2,98
	83,75	23,09	25,45	45,95	4,15
	78,60	20,61	24,20	48,56	4,84

Tabla IV.17. Valores de extractabilidad, rendimiento Abencor, rendimiento industrial aproximado, porcentaje de humedad e índice de madurez de la variedad "Picual".

IV.1.2.1.1. Extractabilidad.

En la Tabla IV.17 se presentan los datos de extractabilidad de las tres campañas analizadas. En ella se observa que la extractabilidad varía desde 52,9% a inicios de la campaña 2007/08 hasta un 85,6% a finales de la campaña oleícola 2006/07. Esta variabilidad es resultado de factores como campaña oleícola, índice de madurez y porcentaje de humedad.

En la Figura IV.17, donde se representa la extractabilidad respecto al porcentaje de humedad, se observa que dicho parámetro desciende a medida que aumenta el contenido de humedad del fruto. Esta tendencia se aprecia mejor en las campañas 2006/07 y 2008/09 mientras que en la campaña 2007/08 la representación gráfica de los datos obtenidos muestra un comportamiento anómalo de la pasta de aceituna ya que se observa tanto un descenso como un aumento de la extractabilidad conforme aumenta el agua en el fruto.

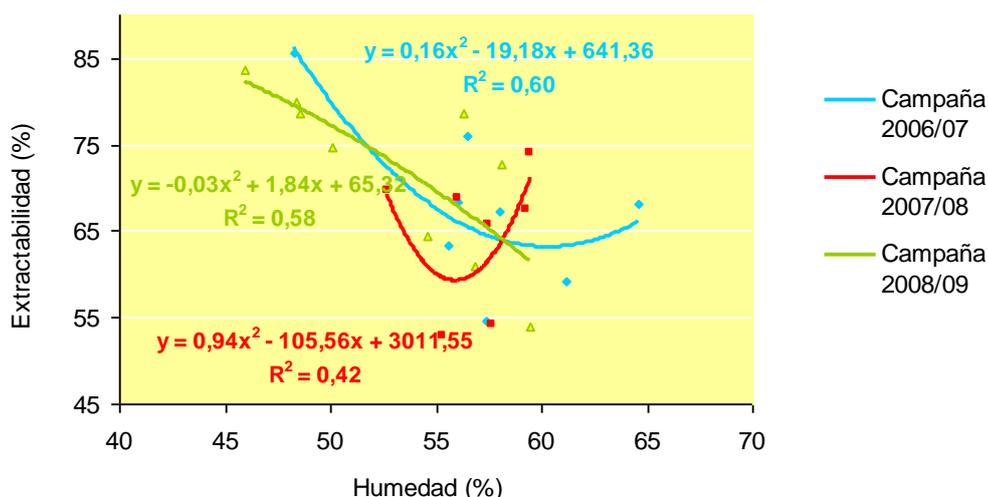


Figura IV.17. Extractabilidad de la variedad “Picual” respecto al porcentaje de humedad.

Al analizar los datos de la Tabla IV.17 para la campaña 2007/08 se observa que el rango del porcentaje de humedad de las muestras estudiadas en laboratorio mediante el sistema Abencor es pequeño (valor mínimo 52,7% y valor máximo 59,5%) en comparación con las otras dos campañas. De ahí que en esta campaña, la mayor o menor facilidad de extraer el aceite de la pasta de aceituna para la variedad “Picual” estuviera poco influenciado por el contenido de humedad del fruto. En las campañas 2006/0/ y 2008/09 sí que se aprecia el claro efecto que el índice de madurez ejerce sobre la extractabilidad de la pasta siendo, por

lo general, menor la dificultad de extracción del aceite en aquellos frutos que han alcanzado una madurez completa. Resultados que corroboran lo indicado por Civantos (1999).

De todo lo anterior se puede afirmar que, a nivel de laboratorio, la variedad “Picual” en su momento óptimo de recolección (IM = 2-3,5) presenta valores altos de extractabilidad (hasta 85,6% en la campaña 2006/07) para contenidos de humedad entre 45%-50% estando estos valores dentro de lo que se considera un contenido normal de agua en fruto que, según bibliografía, se sitúa entre el 40%-55% de su peso (Civantos, 1999; Hermoso et al., 1996).

IV.1.2.1.2. Rendimiento Abencor.

En la Figura IV.18 se presenta la evolución del rendimiento abencor de las distintas muestras recogidas en función del índice de madurez para las campañas oleícolas estudiadas. Se observa que el rendimiento abencor aumenta conforme lo hace el índice de madurez de acuerdo a funciones polinómicas de segundo grado. La campaña 2007/08 muestra un menor aumento de este parámetro a medida que avanza el ciclo de maduración del fruto que las otras dos campañas de estudio; tampoco sigue una pauta clara, de ahí que el coeficiente de correlación ($R^2 = 0,57$) presente un valor bajo. Así, si nos fijamos en las líneas de tendencia que aparecen en la figura, para un índice de maduración igual a 3 (dentro del momento óptimo de recolección), tanto la campaña 2006/07 como 2008/09 superaban el 15% en rendimiento abencor mientras que en la 2007/08 se sitúa algo por debajo de este porcentaje.

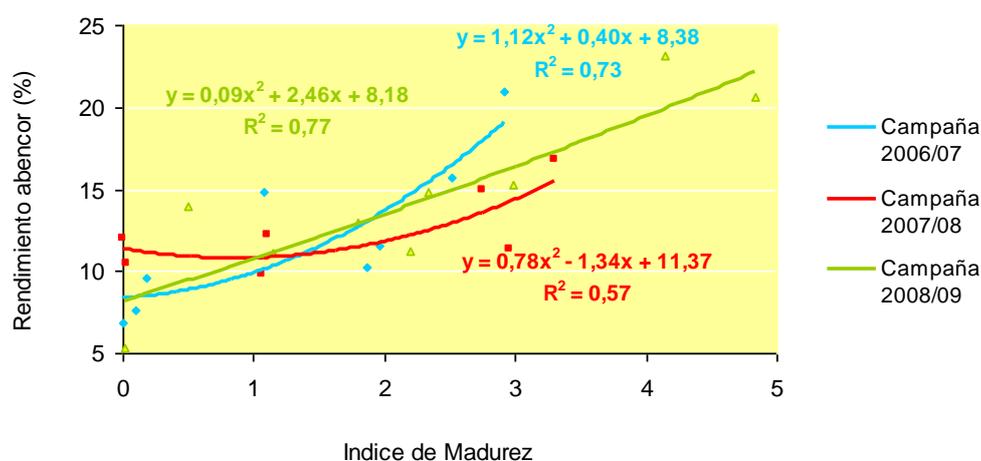


Figura IV.18. Rendimiento Abencor de la variedad “Picual” respecto al índice de madurez.

IV.1.2.1.3. Rendimiento Industrial Aproximado.

El rendimiento industrial aproximado no constituye un criterio en la determinación de la calidad del aceite pero sí para orientar la producción hacia la obtención de aceite de oliva o aceituna de mesa. La evolución del rendimiento industrial aproximado con el índice de madurez se muestra en la Figura IV.19, en ella se aprecia un aumento del mismo con el avance de la maduración del fruto. Este aumento llega a ser, para la campaña 2008/09, de hasta un 16,8% entre la fase verde y madura. Resultados del mismo orden que los indicados por Chimi y Atonati en 1994 al trabajar con la variedad “Picholine marocaine”(valores del 17,2% entre la fase verde y maduro). Dichos autores señalan que el índice de madurez ejerce un efecto altamente significativo en el rendimiento del aceite.

Las rectas de regresión para las tres campañas estudiadas corroboran la estrecha relación que existe entre ambos parámetros, proporcionando unos coeficientes de correlación elevados ($R^2 = 0,86$ y $R^2 = 0,87$), dependiendo de la campaña oleícola. Para un IM=3 se puede alcanzar, en esta variedad, un rendimiento industria aproximado cercano al 22%.

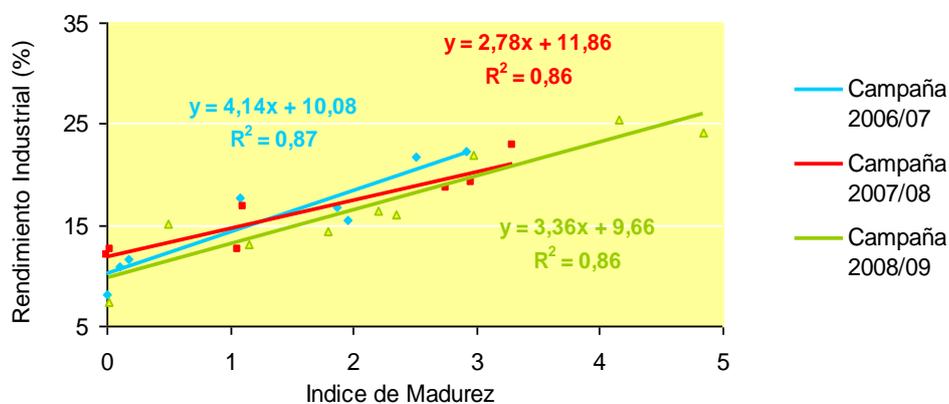


Figura IV.19. Rendimiento industrial aproximado de la variedad “Picual” respecto al índice de madurez.

IV.1.2.2. Variedad “Cornezuelo”.

Los resultados obtenidos para rendimiento Abencor, extractabilidad y rendimiento industrial aproximado se relacionan en la Tabla IV.18 junto con los datos conocidos de índice de madurez y humedad para cada muestra molturada con el sistema Abencor.

	EXTRACTABILIDAD (%)	RTO. ABENCOR (%)	RTO. IND. APROX. (%)	HUMEDAD (%)	INDICE MADUREZ
CAMPAÑA 2006-2007	70,30	11,16	13,46	53,81	0,00
	75,08	14,12	16,57	53,15	0,09
	70,18	14,89	19,23	53,99	1,15
	81,37	16,60	18,51	55,89	2,26
	67,82	13,96	19,22	62,44	1,33
	60,12	13,49	21,37	64,27	1,38
	62,85	14,61	21,49	54,70	2,47
	78,39	20,15	23,70	49,19	2,89
	82,24	21,37	24,07	49,95	4,68
CAMPAÑA 2007-2008	56,56	13,48	13,48	58,92	0,00
	62,51	9,05	12,00	54,56	0,02
	57,52	10,69	17,12	63,16	1,38
	71,61	15,27	19,72	58,65	2,46
	64,81	14,76	21,29	58,68	2,02
	64,84	15,14	21,81	57,44	3,99
	70,38	17,40	22,93	52,72	4,79
CAMPAÑA 2008-2009	67,94	11,26	14,25	54,42	0,00
	64,30	11,12	14,11	59,59	0,13
	85,70	17,18	17,87	52,77	1,18
	76,35	17,88	21,72	55,31	1,14
	78,72	18,54	22,13	58,70	2,35
	60,58	15,27	23,64	55,29	2,08
	77,87	21,37	25,67	50,31	2,57
	68,43	19,85	27,55	52,83	3,17
	65,97	19,08	27,22	49,78	5,41

Tabla IV.18. Valores de extractabilidad, rendimiento Abencor, rendimiento industrial aproximado, porcentaje de humedad e índice de madurez de la variedad “Cornezuelo”.

IV.1.2.2.1. Extractabilidad.

Los niveles de extractabilidad que presenta la variedad “Cornezuelo” en las campañas analizadas son bastante aceptables (Tabla IV.18), con un mínimo de 56,6% (campaña 2007/08) y un máximo de 85,7% (campaña 2008/09) para aceitunas en verde y una humedad del 53%. La Figura IV.20, que representa los valores de extractabilidad frente al porcentaje de humedad del fruto refleja, por los bajos coeficientes de correlación obtenidos para esta variedad, que ambos parámetros no están muy relacionados. Aún así, parece observarse una tendencia general a disminuir la extractabilidad a medida que aumenta el contenido de agua en el fruto.

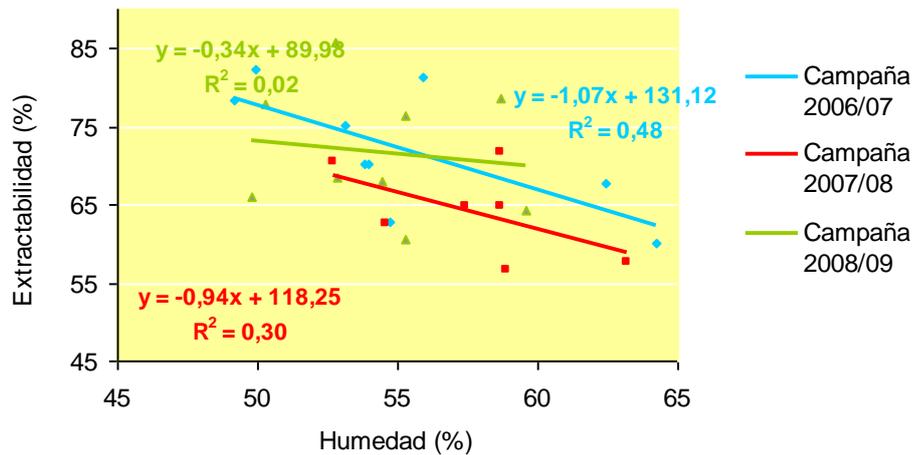


Figura IV.20. Extractabilidad de la variedad “Cornezuelo” respecto al porcentaje de humedad.

La baja influencia de la humedad frente a la extractabilidad podría deberse a que la “Cornezuelo” es una variedad con un alto contenido graso el cual se extrae con mucha facilidad comportándose, ya desde el inicio del ciclo de maduración, como variedad que proporciona lo que se denomina una pasta efluente. En este sentido autores como Jiménez et al. (2008) indican que esta variedad, incluso con altos porcentajes de humedad, permite extraer una gran cantidad del aceite contenido en él, alcanzando su máximo cuando la aceituna llega a su estado de envero puesto que a partir de ahí el contenido en aceite permanece constante hasta el final de la campaña.

IV.1.2.2.2. Rendimiento Abencor.

En la Figura IV.21 se representan, para la variedad “Cornezuelo”, la evolución del rendimiento abencor frente al índice de madurez para las distintas campañas estudiadas.

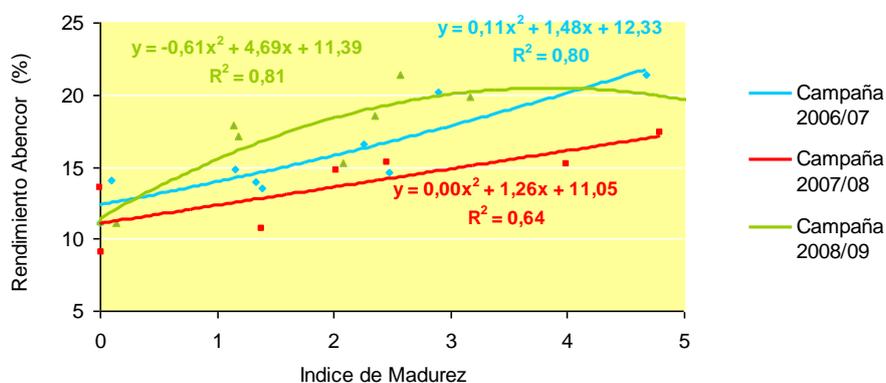


Figura IV.21. Rendimiento Abencor de la variedad “Cornezuelo” respecto al índice de madurez.

El mejor ajuste encontrado para esta evolución corresponde a funciones polinómicas de segundo grado con coeficientes de regresión de $R^2= 0,80$, $R^2= 0,81$ y $R^2= 0,64$ para las campañas oleícolas 2006/07, 2007/08 y 2008/09, respectivamente. Para las tres campañas el rendimiento Abencor aumenta conforme madura la aceituna. Si tomamos como referencia un I.M.=3, los resultados obtenidos para las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09 son del orden del 15, 18 y 20%, respectivamente.

IV.1.2.2.3. Rendimiento Industrial Aproximado.

La Figura IV.22 representa los valores del rendimiento industrial aproximado obtenido frente al índice de madurez para las tres campañas. Este rendimiento va ascendiendo con la maduración del fruto de forma muy similar para las tres campañas, llegando a un valor medio cercano al 23% para un I.M.=3, lo que corrobora lo comentado anteriormente acerca de la facilidad de extracción de las pastas de aceitunas de la variedad “Cornezuelo”.

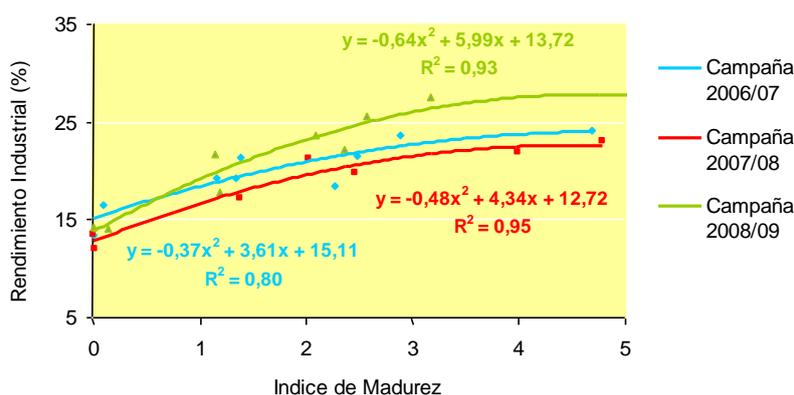


Figura IV.22. Rendimiento industrial aproximado de la variedad “Cornezuelo” respecto al índice de madurez.

El mejor ajuste de los datos obtenidos para la variedad “Cornezuelo” corresponde a una ecuación de segundo grado con coeficientes de correlación de $R^2=0,80$; $R^2=0,95$ y $R^2=0,93$ para las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09, respectivamente, y con valores muy aceptables de rendimiento industrial ya desde inicio de campaña.

IV.1.2.3. Variedad “Arbequina”.

El comportamiento tecnológico de esta variedad presenta unos parámetros con niveles que parecen estar muy afectados por el estado de maduración de la aceituna y por la humedad del fruto, como se muestra en la Tabla IV.19.

	EXTRACTABILIDAD (%)	RTO. ABENCOR (%)	RTO. IND. APROX. (%)	HUMEDAD (%)	INDICE MADUREZ
CAMPAÑA 2006-2007	74,35	12,60	14,09	47,44	0,15
	59,42	11,64	17,62	55,76	1,48
	56,33	10,88	17,38	56,54	1,29
	70,19	12,21	15,09	53,68	1,16
	59,00	12,12	18,77	57,37	1,72
	38,73	6,77	15,87	62,21	1,90
	29,49	5,45	16,41	55,55	2,01
	30,00	8,00	16,52	66,69	2,69
	51,44	9,16	16,15	61,48	2,62
CAMPAÑA 2007-2008	66,76	7,16	7,82	52,99	0,12
	61,40	11,64	16,98	56,33	0,73
	58,81	10,69	16,38	59,44	1,23
	50,75	9,16	16,24	59,36	1,71
	31,72	6,87	20,26	60,80	2,39
	57,28	15,05	24,45	50,96	3,34
	44,95	10,43	21,17	51,33	3,10
CAMPAÑA 2008-2009	76,92	11,16	11,29	45,18	0,14
	75,05	12,98	13,68	53,99	0,91
	73,14	13,49	16,21	53,73	2,30
	67,89	14,89	19,77	51,20	2,10
	60,02	14,18	21,92	55,09	2,36
	62,13	16,79	25,43	53,01	2,22
	48,66	10,69	19,95	52,88	2,84
	63,02	17,67	26,14	48,34	2,32
	65,28	18,32	26,09	47,33	3,02

Tabla IV.19. Valores de extractabilidad, rendimiento Abencor, rendimiento industrial aproximado, porcentaje de humedad e índice de madurez de la variedad "Arbequina".

IV.1.2.3.1. Extractabilidad.

Al representar la evolución de la extractabilidad respecto al porcentaje de humedad (Figura IV.23) se aprecia claramente el efecto negativo que el contenido en agua ejerce sobre el nivel medio de extractabilidad, sobre todo en la campaña 2006/07.

La extractabilidad del aceite en las campañas 2007/08 y 2008/09 presenta un comportamiento anómalo que se podría justificar con el tipo de pasta que presenta esta variedad en esas dos campañas, comportándose como pasta difícil. De todo lo expuesto anteriormente se podría afirmar que, independientemente del índice de madurez, un fruto con un contenido medio de humedad entre el 45%-55% presenta un comportamiento tecnológico bastante aceptable, pudiendo alcanzar unos valores de extractabilidad del 75% (campaña 2008/2009).

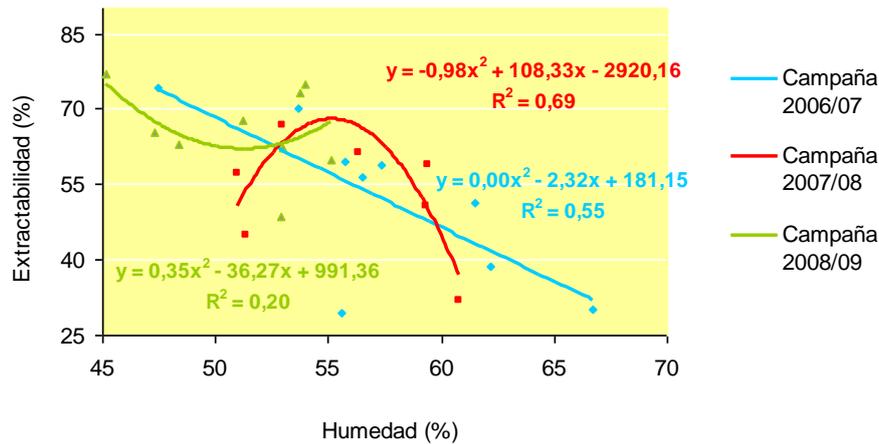


Figura IV.23. Extractabilidad de la variedad "Arbequina" respecto al porcentaje de humedad.

IV.1.2.3.2. Rendimiento Abencor.

La Figura IV.24 representa la evolución del parámetro rendimiento abencor a lo largo del ciclo de maduración del fruto. El mejor ajuste encontrado para los resultados obtenidos en las tres campañas, aunque con coeficientes de correlación muy bajos ($R^2=0,43$, $R^2=0,27$ y $R^2=0,26$), corresponde a ecuaciones polinómicas de segundo grado. Como se observa en dicha figura, el rendimiento abencor aumenta con la maduración del fruto para las campañas 2007/08 y 2008/09, mientras que sucede lo contrario para la campaña 2006/07.

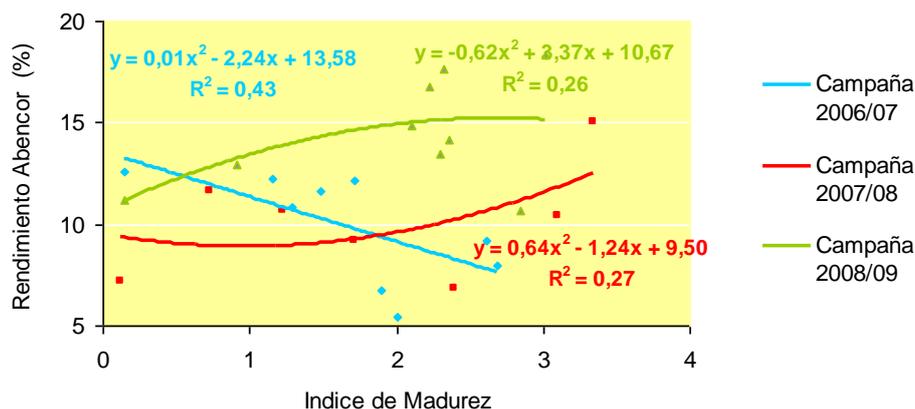


Figura IV.24. Rendimiento Abencor de la variedad "Arbequina" respecto al índice de madurez.

La variedad "Arbequina" es la variedad que presenta un menor rendimiento tecnológico en la industria. La campaña 2006/07 fue muy lluviosa, como ya se comentó en el apartado de maduración, y el fruto fue aumentando su contenido en agua desde el comienzo al final del muestreo. Este aumento paulatino en el porcentaje de humedad dificulta la extracción

del aceite, obteniendo de este modo una correlación inversa entre el rendimiento abencor y el índice de madurez al ir aumentando la humedad en la aceituna a lo largo del ciclo de maduración. En las campañas 2007/08 y 2008/09 la tendencia del rendimiento abencor es la de aumentar a medida que avanzamos en la maduración siendo la última campaña la que presenta mayores rendimientos, hasta un 18% para un índice de madurez igual a 3 (Tabla IV.19 y Figura IV.24).

IV.1.2.3.3. Rendimiento Industrial Aproximado.

Con los resultados obtenidos para el rendimiento industrial aproximado y el índice de madurez el mejor ajuste entre ambos parámetros responde, para las tres campañas estudiadas, a ecuaciones polinómicas de tercer grado con coeficientes de correlación de $R^2 = 0,49$; $R^2 = 0,64$ y $R^2 = 0,93$ para las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09, respectivamente. Durante las campañas 2007/08 y 2008/09 el rendimiento industrial aproximado aumenta a medida que avanza la maduración de la aceituna llegando a alcanzar valores de 21 y 26%, respectivamente para un índice de madurez de 3.

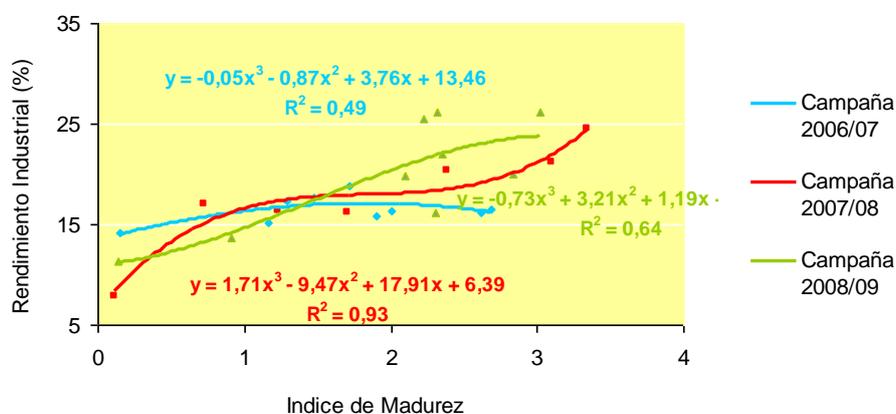


Figura IV.25. Rendimiento industrial aproximado de la variedad “Arbequina” respecto al índice de madurez.

En la campaña 2006/07 el rendimiento industrial aproximado a lo largo de todo el muestreo alcanzó valores más bajos que en las otras dos campañas, entre el 14% - 16%, debido, probablemente, a la influencia que el agua de lluvia caída en esa campaña tuvo sobre la extracción del aceite, haciendo que el rendimiento industrial sea prácticamente constante a lo largo de la campaña.

IV.1.2.4. Comparación entre variedades.

En la Tabla IV.20 se presentan los valores medios de los distintos parámetros (rendimiento Abencor, extractabilidad y rendimiento industrial aproximado) que definen el comportamiento tecnológico de las variedades en estudio.

VARIEDAD PICUAL				
REND. ABENCOR	EXTRACTABILIDAD	REND. IND. APROX.	INDICE MADUREZ	HUMEDAD
8,08	56,74	9,20	0,00	56,78
10,70	67,82	12,83	0,21	54,64
10,16	69,54	12,38	0,80	57,82
13,36	73,42	16,23	2,00	56,76
13,20	65,94	18,29	3,15	59,16
12,14	62,91	17,31	2,39	54,47
15,30	68,62	20,78	2,75	57,37
22,01	84,69	23,86	3,53	47,11
20,61	78,60	24,20	4,84	48,56
VARIEDAD CORNEZUELO				
REND. ABENCOR	EXTRACTABILIDAD	REND. IND. APROX.	INDICE MADUREZ	HUMEDAD
11,97	64,93	13,73	0,00	55,72
11,43	67,30	14,23	0,08	55,77
14,25	71,13	18,07	1,24	56,64
16,58	76,44	19,98	1,95	56,62
15,75	70,45	20,88	2,57	59,94
14,63	61,85	22,27	2,48	59,00
17,79	70,37	23,36	3,28	52,58
20,00	73,41	25,62	3,03	51,01
20,23	74,10	25,65	5,05	49,86
VARIEDAD ARBEQUINA				
REND. ABENCOR	EXTRACTABILIDAD	REND. IND. APROX.	INDICE MADUREZ	HUMEDAD
10,31	72,68	11,07	0,14	48,54
12,09	65,29	16,09	1,04	55,36
11,69	62,76	16,66	1,61	56,57
12,09	62,94	17,03	1,66	54,75
11,06	50,25	20,32	2,16	57,75
12,87	52,71	21,92	2,49	55,39
8,86	41,03	19,18	2,65	53,25
12,83	46,51	21,33	2,51	57,51
13,74	58,36	21,12	2,82	54,40

Tabla IV.20. Valores medios de extractabilidad, rendimiento Abencor, rendimiento industrial aproximado, porcentaje de humedad e índice de madurez de las tres variedades.

IV.1.2.4.1. Extractabilidad.

Aunque con bajos coeficientes de correlación, el mejor ajuste encontrado entre los resultados de porcentaje de extractabilidad y porcentaje de humedad, para las tres variedades estudiadas, corresponde a funciones polinómicas de segundo grado (Figura IV.26). En todas

ellas se aprecia una respuesta inversa de la extractabilidad al aumento del porcentaje de humedad en el fruto.

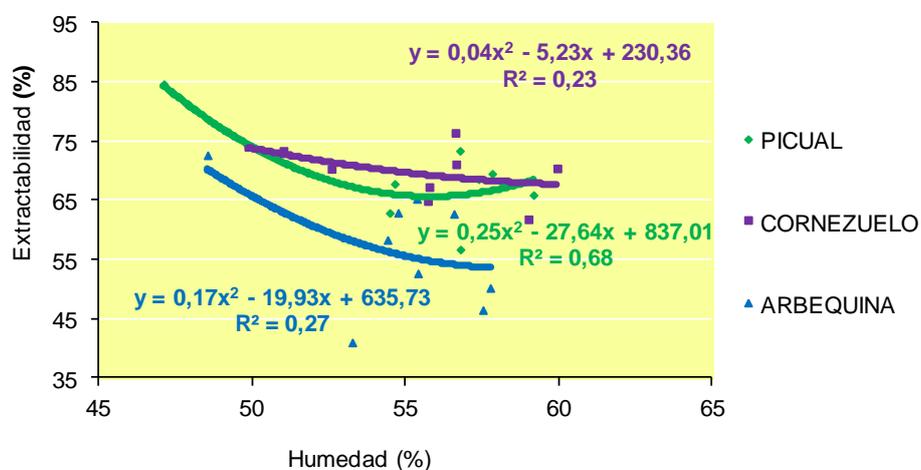


Figura IV.26. Extractabilidad media de las tres variedades respecto al porcentaje de humedad.

Como se observa en la Tabla IV.20 y en la Figura IV.26, durante el ciclo de maduración, en las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” aumentos de humedad de, aproximadamente, un 6% supone pérdidas de extractabilidad de un 9% y 14,3%, respectivamente. La variedad “Picual” mostró, para aumentos de un 10% de humedad, pérdidas de extractabilidad de un 28%.

Es sabido que la extractabilidad disminuye claramente a medida que aumenta el porcentaje de humedad. Sin embargo, para nuestro estudio, esta evolución no es tan clara, debido a los coeficientes de correlación tan bajos que se han obtenido. Esto podría deberse al rango tan estrecho (47%-60%) de humedad presentado en las tres campañas. Aún así, como ya se mencionó en los apartados de extractabilidad de cada una de las variedades, las tres alcanzan sus máximos de extractabilidad con porcentajes de humedad entre el 47%-50%, intervalo comprendido dentro del rango normal de contenido acuoso (40% - 55%) para el momento óptimo de recolección (Hermoso et al., 1996).

IV.1.2.4.2. Rendimiento Abencor.

Los mejores ajustes encontrados para los resultados de los parámetros rendimiento abencor frente al índice de madurez del fruto (Figura IV.27), responden a funciones polinómicas de tercer grado con coeficientes de correlación de $R^2=0.83$, $R^2=0.87$ y $R^2=0.18$

para las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”, respectivamente. En dicha figura se puede observar que, para un índice de madurez de 2,5 puntos (aceitunas en enero), las tres variedades presentan un rendimiento abencor comprendido entre el 12 y el 16%, siendo la variedad “Cornezuelo” la que presenta mayor rendimiento abencor.

Tanto en la variedad “Picual” como en la “Cornezuelo” se aprecia una tendencia clara de comportamiento, aumentando el rendimiento abencor con la madurez del fruto; para frutos maduros, con índices de madurez superior a 4, ambas variedades presentan valores de rendimiento abencor en torno al 20%. Sin embargo, para la variedad “Arbequina” la relación entre ambos parámetros presenta una correlación muy baja ($R^2 = 0,18$) debido a que el rendimiento abencor en el intervalo de índice de madurez (1,6 - 2,6), presenta, alternativamente, aumentos y descensos.

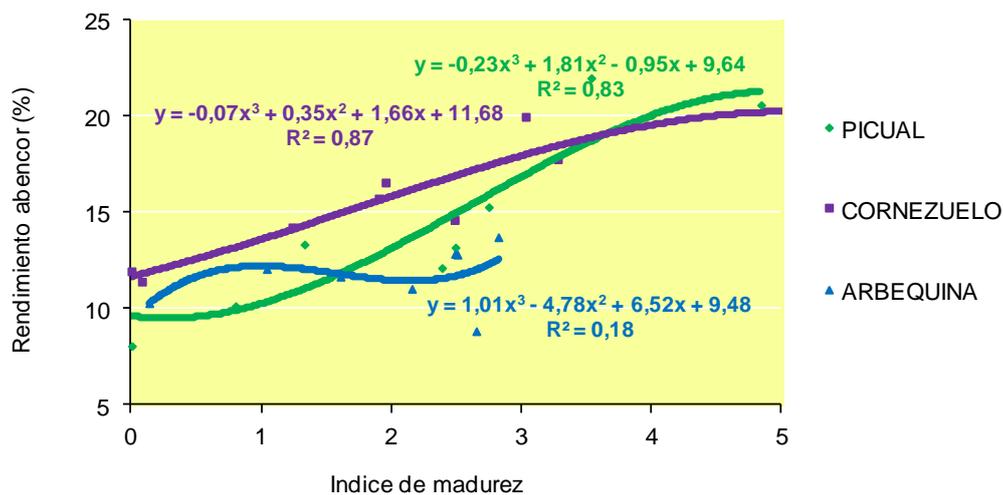


Figura IV.27. Rendimiento Abencor medio de las tres variedades respecto al índice de madurez.

La variedad “Arbequina” mostró un comportamiento muy diferente a las otras dos variedades estudiadas, de modo que para valores de índice de madurez entre 0-3, el rendimiento abencor varió en un intervalo muy estrecho, entre el 10-13,7%, mientras que para ese mismo intervalo de maduración las variedades “Picual” y “Cornezuelo” mostraron un rango más amplio de porcentajes de rendimiento abencor entre el 8.1% - 15,3% y 12% - 17,8%, respectivamente (Tabla IV.20).

IV.1.2.4.3. Rendimiento Industrial Aproximado.

En la Figura IV.28 aparecen representados los valores medios del rendimiento industrial aproximado obtenido para cada una de las variedades en función del índice de madurez. La evolución de estos dos parámetros se ajusta a rectas con coeficientes de correlación ($R^2=0,92$, $R^2=0,89$ y $R^2=0,90$) para las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina” respectivamente. Todas las variedades estudiadas presentan un aumento lineal del rendimiento industrial aproximado a medida que avanza el ciclo de maduración.

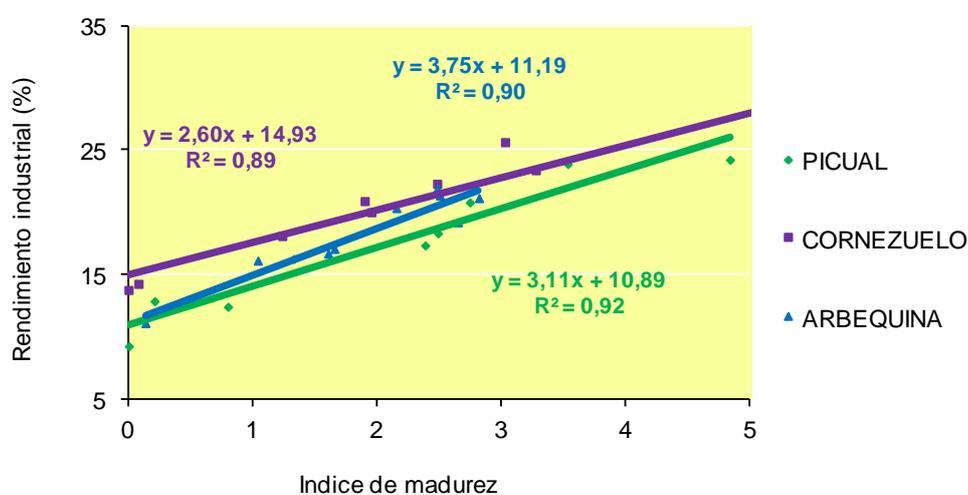


Figura IV.28. Rendimiento industrial aproximado medio de las tres variedades respecto al índice de madurez.

La variedad “Arbequina”, aún siendo la que presenta valores medios más bajos en los parámetros anteriores, llega a alcanzar, para un índice de madurez de 3, unos porcentajes de rendimiento industrial aproximado similar a la “Picual” (aproximadamente 21%). La “Cornezuelo”, para ese mismo índice de madurez, es la que presenta mayor porcentaje, con un rendimiento industrial aproximado del 25%.

IV.2. ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA.

El aceite de oliva virgen es el mosto oleoso procedente únicamente de los frutos del olivo, totalmente natural, que, cuando es obtenido por sistemas mecánicos correctos y procede de frutos de buena calidad, posee excepcionales características organolépticas (olor, color y sabor) y es el único entre los aceites vegetales que puede consumirse crudo conservando íntegro su contenido en vitaminas, ácidos grasos esenciales y otros productos naturales de importancia dietética (Granados, 2000).

El aceite de oliva virgen, por definición del Consejo Oleícola Internacional (COI), es aquel aceite procedente de los frutos del olivo, obtenido únicamente mediante procedimientos mecánicos u otros procedimientos físicos en condiciones térmicas especiales, que no produzcan cambios en su estructura glicérica y sin más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y la filtración.

La calidad del aceite de oliva es producto de la integración de diversos factores tanto agronómicos como industriales. Los primeros afectan directamente a la aceituna y de ahí a la calidad del aceite (Gracia et al., 2009).

Para caracterizar o tipificar un aceite de oliva se emplean varios parámetros que englobaremos en tres grandes grupos: parámetros de calidad, parámetros de estabilidad y parámetros de pureza. Los parámetros de calidad ponen de manifiesto los deterioros habidos en el aceite o la presencia de causas próximas que los van a producir (Civantos, 1999). Son parámetros que no deben verse afectados por la variedad de aceituna y sí claramente por el estado y manejo posterior del fruto. Estos parámetros de calidad son: los parámetros físico-químicos como el grado de acidez, índice de peróxidos, absorciones en el ultravioleta (K_{232} y K_{270}) y análisis organoléptico. Humanes (1987) destaca, que la calidad del aceite, en lo que se refiere a los índices físico-químicos que lo determinan, puede considerarse que se mantiene constante en un largo periodo después de la maduración, en tanto que los frutos permanecen en el árbol.

IV.2.1. Parámetros de calidad.

Los parámetros de calidad (físicos-químicos y sensoriales) determinan la existencia de algún defecto en el aceite y sus límites vienen regulados en Normas de Calidad, permitiendo de este modo establecer las distintas categorías de aceites de oliva (Reglamento (CE) N° 1989/2003 de la Comisión que modifica el Reglamento (CEE) N° 2568/91, relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis).

Se han estudiado los parámetros de calidad (grado de acidez, índice de peróxidos, absorción en el UV K_{232} y K_{270} y el análisis sensorial) de los aceites obtenidos a escala de laboratorio (Abencor) y los extraídos a escala industrial (Almazara), permitiéndonos conocer la calidad potencial de cada uno de los cultivares: “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”. Para el análisis sensorial u organoléptico se han evaluado los diferentes atributos positivos y negativos presentes en las muestras de aceite obteniéndose un perfil descriptivo o “huella sensorial” del mismo. Los atributos positivos: frutado, manzana, amargo, picante y dulce son representados en un gráfico de tipo radial, con una escala de 10 cm.

IV.2.1.1. Acidez.

La acidez es uno de los parámetros químicos clásicos para determinar la calidad de un aceite y se define como la cantidad de ácidos grasos libres expresada en porcentaje de ácido oleico, que es el ácido mayoritario en el aceite de oliva.

En las Figuras IV.29, IV.30 y IV.31 se representa, para los parámetros de calidad: grado de acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270} en muestras elaboradas en abencor, su evolución durante el ciclo de maduración del fruto para las tres campañas estudiadas y para las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”, respectivamente.

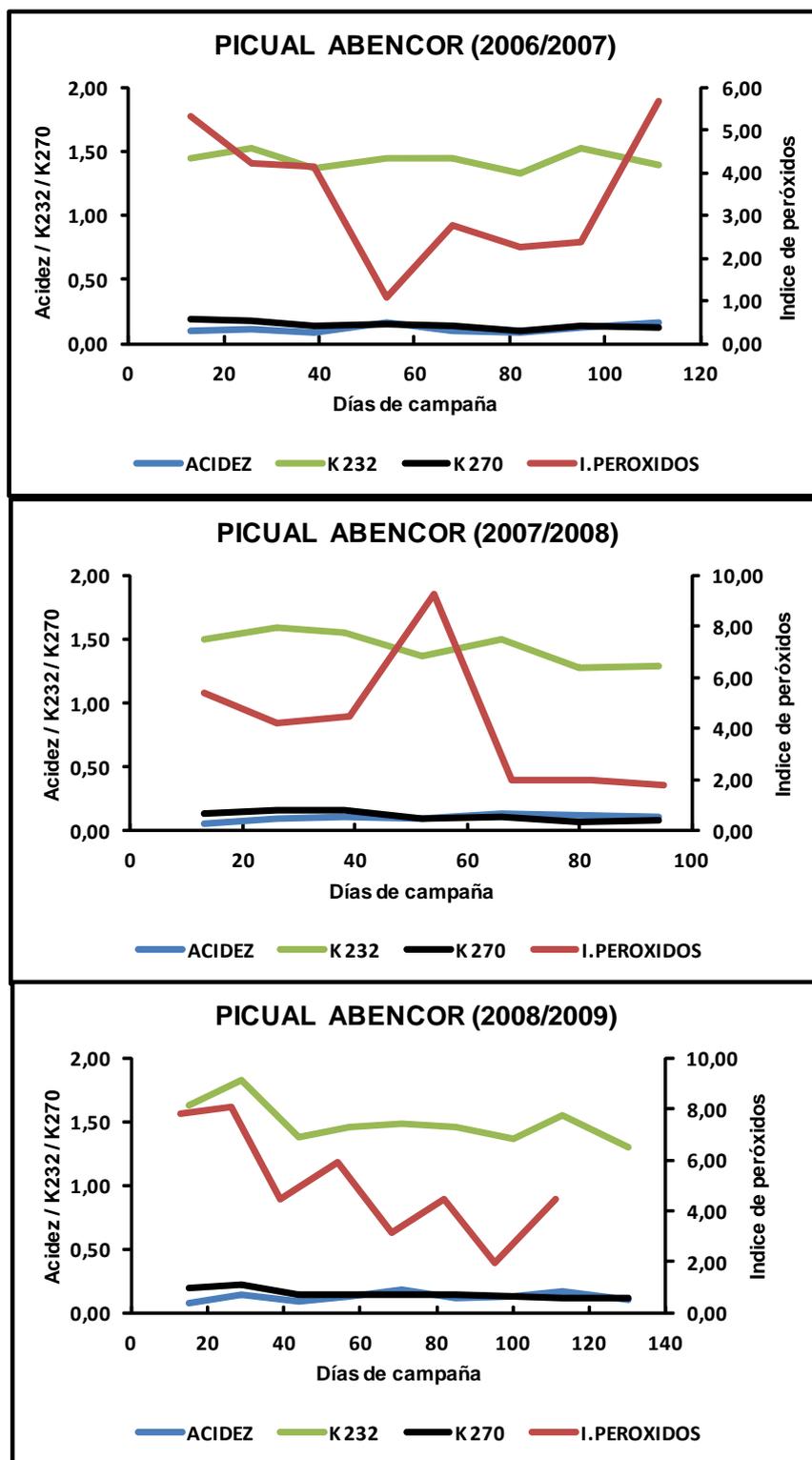


Figura IV.29. Evolución de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Picual” durante los días de campaña correspondientes a los años 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.

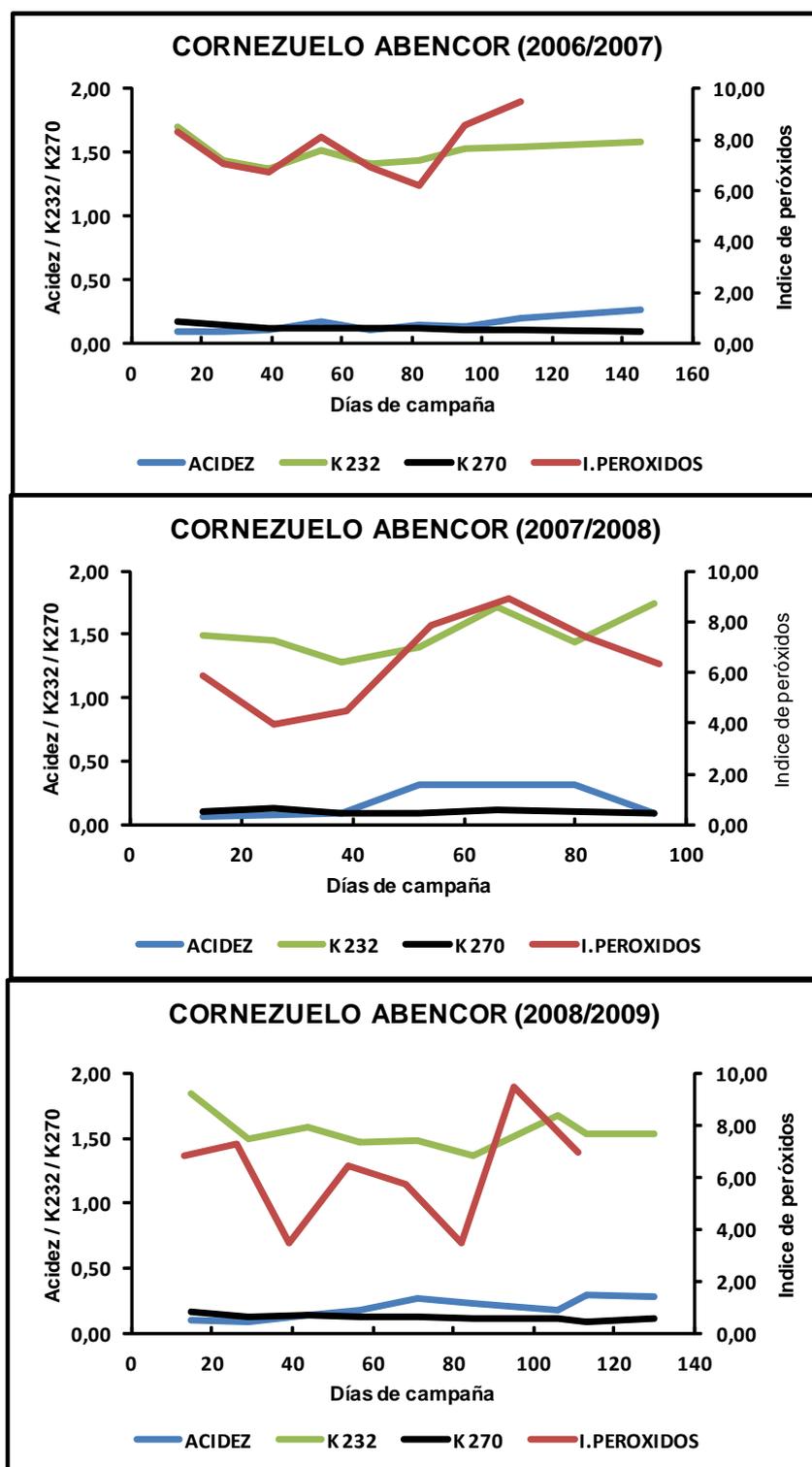


Figura IV.30. Evolución de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Cornezuelo” durante los días de campaña correspondientes a los años 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.

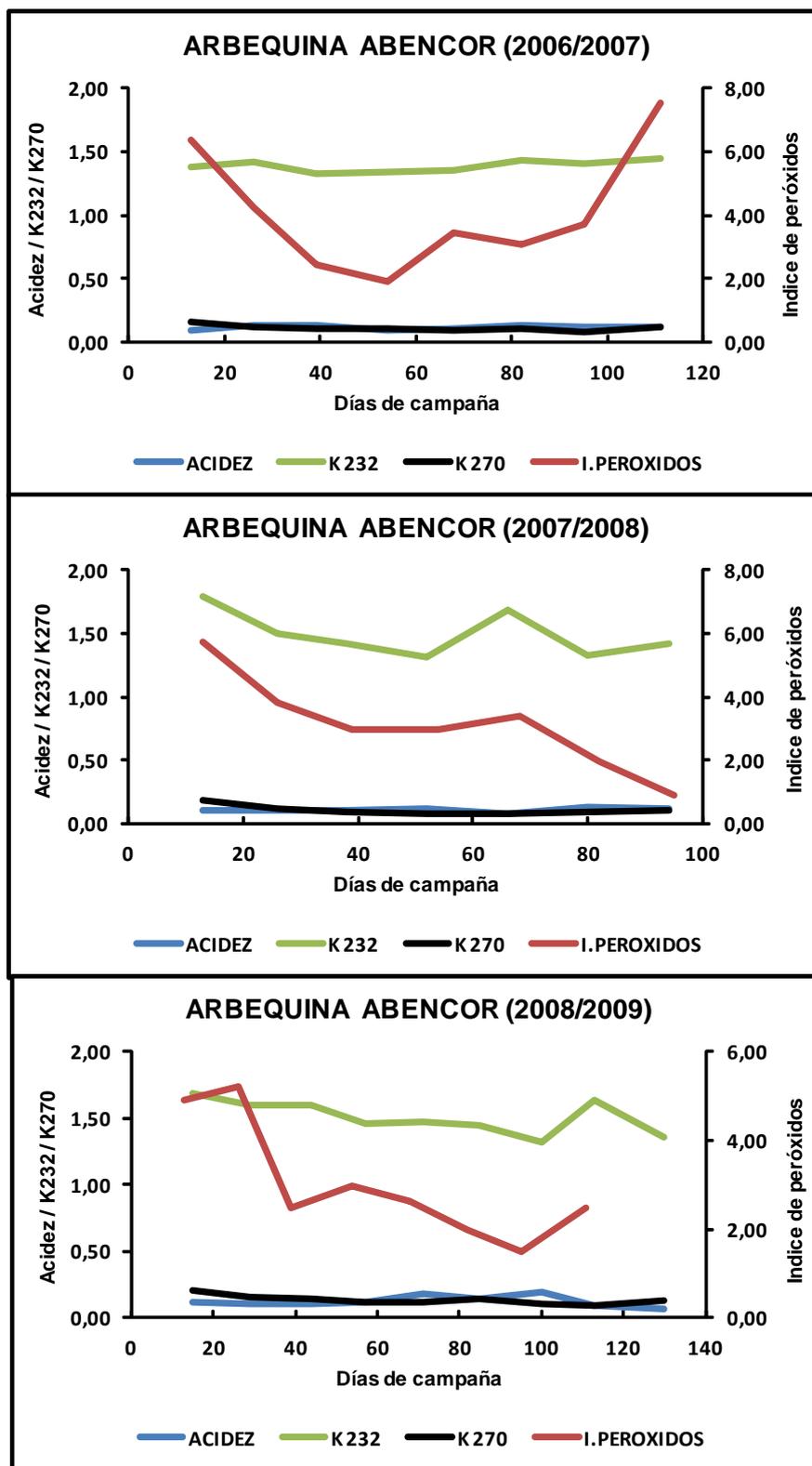


Figura IV.31. Evolución de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Arbequina” durante los días de campaña correspondientes a los años 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.

El aceite contenido en las aceitunas sanas no posee ácidos grasos libres, sino que éstos están formando parte de unas moléculas más complejas llamadas triglicéridos. Pero cuando las aceitunas sufren agresiones a lo largo del proceso de obtención del aceite, como por ejemplo cuando se golpean o maduran en exceso durante la recogida y el transporte, se almacenan demasiado tiempo o sufren temperaturas altas, las moléculas de triglicéridos se rompen dejando libre los ácidos grasos y elevando la acidez del aceite obtenido.

En las figuras IV29, IV30 y IV31 se observa que el grado de acidez, para las tres campañas y para las tres variedades estudiadas, se mantiene estable a lo largo del ciclo de maduración del fruto; no superando en ninguna de las muestras los 0,35 mg de ácido oleico por cada 100 mg de aceite, siendo el valor medio más alto 0,20% correspondiente a la variedad “Cornezuelo” en la campaña 2008/2009 (Tabla IV.23).

En el caso de los aceites extraídos en almazara (Tabla IV.21) de nuevo la variedad “Cornezuelo” es la que presenta, en la campaña 2007/2008, los valores más altos, con un valor medio de acidez de 0,26% en ácido oleico.

Estos valores de acidez permiten clasificar a todas las muestras dentro de la categoría de Aceite de Oliva Virgen Extra al no superar, en ningún caso, los 0,8 mg ácido oleico/100 mg de aceite establecidos en la normativa vigente.

MUESTRAS ALMAZARA	CAMPAÑA 2006-2007			CAMPAÑA 2007-2008			CAMPAÑA 2008-2009		
	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA
Grado de acidez (% oleico)	0,09	0,15	0,12	0,09	0,26	0,11	0,10	0,13	0,18
Índice de peróxidos (meq/kg)	4,44	10,06	5,09	2,46	8,50	6,44	4,73	8,98	5,28
K232	1,40	1,78	1,98	1,22	1,77	1,76	1,58	1,68	1,43
K270	0,08	0,08	0,11	0,11	0,11	0,09	0,12	0,12	0,10
Fenoles totales (mg ac. cafeico/kg)	193,97	189,41	115,77	219,00	143,81	108,76	167,97	147,20	125,34
Estabilidad Rancimat (horas)	72,79	32,44	33,79	103,00	26,47	29,86	76,41	29,11	35,13

Tabla IV.21. Valores de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K_{232} y K_{270}) de las muestras obtenidas en almazara para las tres campañas y para cada una de las variedades.

Algunos autores afirman que el índice de acidez de un aceite aumenta a medida que progresa la maduración del fruto (Salvador et al., 2000; Gracia et al., 2009), debido a un

incremento de la actividad enzimática en el mismo, especialmente la correspondiente a las enzimas lipolíticas. Otros, como Vekiari et al. (2010), afirman que los parámetros físico-químicos: acidez, índice de peróxidos y absorción en el UV no se ven afectados durante la maduración del fruto, sino que dependen del manejo del aceite durante la extracción y de su conservación. En el mismo sentido Pardo et al. (2011), al estudiar la acidez de los aceites de “D.O. Aceites Montes de Alcaraz” procedentes de frutos en distintas fases de maduración, no observan variación alguna en este parámetro atribuyendo tal resultado a que los procesos de selección, recogida y procesado del fruto se han realizado cuidadosamente.

En la Tabla IV.22 se muestran, para los distintos parámetros de calidad, las diferencias estadísticamente significativas existentes entre las distintas variedades y sistema de extracción empleado.

SISTEMA DE EXTRACCIÓN	PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA		SD	EEM
	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA		
Grado de acidez (% oleico)	^A 0,12 ^a	^A 0,10 ^a	^B 0,18 ^a	^B 0,18 ^a	^A 0,12 ^a	^{AB} 0,13 ^a	0,07	0,01
Índice de peróxidos (meq/kg)	^{AB} 4,20 ^a	^A 3,77 ^a	^B 6,96 ^a	^B 8,99 ^a	^A 3,38 ^a	^B 7,23 ^b	3,62	0,35
K ₂₃₂	^A 1,46 ^a	^A 1,38 ^a	^A 1,52 ^a	^B 1,75 ^a	^A 1,46 ^a	^B 1,81 ^a	0,32	0,03
K ₂₇₀	^A 0,14 ^b	^A 0,10 ^a	^A 0,12 ^a	^A 0,12 ^a	^A 0,12 ^a	^A 0,10 ^a	0,03	0,00

Tabla IV.22. Valores medios de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K₂₃₂ y K₂₇₀). Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre sistemas de extracción (Abencor vs Almazara) dentro de una misma variedad. P<0,05. SD: Desviación estándar típica de la media. EEM: Error típico estándar de la media.

Respecto al grado de acidez, el análisis estadístico realizado indica que existen diferencias significativas, tanto en los aceites abencor como en los procedentes de almazara, entre la variedad “Picual” y “Cornezuelo”, siendo esta última la que presenta valores más altos. Respecto a la variable sistema de extracción, no se han encontrado, para ninguna de las variedades, diferencias significativas entre los valores de acidez obtenidos en aceites elaborados en abencor y los elaborados en almazara industrial.

En la Tabla IV.23 se muestran, para los distintos parámetros de calidad, las diferencias estadísticamente significativas existentes en los aceites elaborados en abencor en función de los factores: variedad y campaña oleícola. Los resultados obtenidos indican que en las

campañas 2006/07 y 2007/08 no se encontraron diferencias significativas en el parámetro acidez entre las tres variedades estudiadas. Sin embargo, en la campaña 2008/09, la variedad “Cornezuelo” presentó valores de grado de acidez significativamente más elevados que los encontrados en las variedades “Picual” y “Arbequina”. Al analizar la influencia que el factor “campaña” ejerce en cada una de las variedades estudiadas se observó que éste no afectó a ninguna de las mismas.

MUESTRAS ABENCOR	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA
CAMPAÑA 2006-2007			
Grado de acidez (% oleico)	A 0,12 a	A 0,15 a	A 0,12 a
Índice de peróxidos (meq/kg)	A 3,48 a	B 7,93 a	A 4,09 a
K ₂₃₂	A 1,43 a	A 1,50 a	A 1,39 a
K ₂₇₀	A 0,15 a	A 0,12 a	A 0,12 a
CAMPAÑA 2007-2008			
Grado de acidez (% oleico)	A 0,10 a	A 0,18 a	A 0,11 a
Índice de peróxidos (meq/kg)	A 4,16 a	B 6,40 a	A 3,11 a
K ₂₃₂	A 1,44 a	A 1,51 a	A 1,49 a
K ₂₇₀	A 0,12 a	A 0,11 a	A 0,11 a
CAMPAÑA 2008-2009			
Grado de acidez (% oleico)	A 0,13 a	B 0,20 a	A 0,13 a
Índice de peróxidos (meq/kg)	AB 4,82 a	B 6,42 a	A 2,97 a
K ₂₃₂	A 1,50 a	A 1,55 a	A 1,51 a
K ₂₇₀	A 0,15 a	A 0,12 a	A 0,13 a

Tabla IV.23. Valores medios de los parámetros de calidad (acidez, índice de peróxidos, K₂₃₂ y K₂₇₀). Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades en función del año y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre campaña oleícola dentro de una misma variedad. P<0.05.

IV.2.1.2. Índice de peróxidos.

Las grasas se oxidan al entrar en contacto con el oxígeno del aire. Cuando una grasa comienza a oxidarse se forman diversos compuestos entre ellos los peróxidos, que se consideran los primeros productos de la oxidación. El índice de peróxido nos mide el estado de oxidación del aceite y nos indica el potencial de enranciamiento del mismo antes de que haya manifestación de malos olores y sabores. Además, es un índice que nos informa sobre la

alteración de los antioxidantes naturales del aceite de oliva virgen: tocoferoles y polifenoles.

La evolución del índice de peróxidos durante el ciclo de maduración de las variedades “Picual” y “Arbequina” (Figuras IV.29 y IV.31) mostró una tendencia generalizada a disminuir durante las tres campañas, a excepción de ligeros aumentos que se produjeron para ambas variedades a los 111 días en la campaña 2006/07, correspondiente a frutos maduros, y a los 59 días de la campaña 2007/08, correspondientes a frutos en enero. Resultados que corroboran los encontrados por Naudet (1965) y Salvador et al. (2001).

El valor máximo de índice de peróxidos para las muestras obtenidas en abencor se encontró en la campaña 2006/2007 (9,98 meq O₂/kg) en la variedad “Cornezuelo”, presentando, para esa misma campaña, un valor medio de 7,93 meq O₂/kg; mientras que el más bajo se dio en la variedad “Arbequina” en la campaña 2007/08 (0,91 meq O₂/kg), con un valor medio para esa campaña de 3,11 meq O₂/kg.

Las muestras de aceites de la variedad “Cornezuelo” extraídas a escala industrial, en almazara (Tabla IV.21), son también las que presentan unos valores de índices de peróxidos superiores al resto y al igual que ocurriera en las muestras de abencor, estos valores máximos se consiguen en la campaña oleícola 2006/07 (valor máximo 13,93 meq O₂/kg y el valor medio más elevado 10,10 meq O₂/kg). Los aceites de la variedad “Picual” son los que muestran los valores más bajos con una media de 2,46 meq O₂/kg en la campaña 2007/08.

Todas las muestras analizadas, tanto las obtenidas en el sistema abencor como las extraídas en almazara, se encuentran dentro de la categoría de Virgen Extra al no superar el límite establecido para dicha categoría, que es de 20 meq O₂/kg, presentando dichos aceites un nivel bajo de oxidación.

Los resultados estadísticos encontrados al considerar los factores variedad y sistema de extracción (Tabla IV.22) indican que los aceites de la variedad “Cornezuelo”, tanto los extraídos por sistema abencor como en almazara industrial, son los que presentan mayor valor de índice de peróxidos. Además existen diferencias estadísticamente significativas, para los aceites abencor, entre las variedades “Cornezuelo” (6,96 meq O₂/kg) y “Arbequina” (3,38 meq O₂/kg). Respecto al método de extracción (abencor vs almazara), únicamente la variedad “Arbequina” presentó diferencias significativas: 3,38 meq O₂/kg (abencor) y 7,23 meq O₂/kg

(almazara).

Bruni et al. (1994) al estudiar la relación entre el índice de peróxidos y el sistema de elaboración de los aceites señala que dicho parámetro no se ve tan afectado por factores tales como el tipo de producción, las técnicas de recogida y conservación de los frutos y el proceso de extracción cuando el sistema utilizado es el abencor, ya que las aceitunas son inmediatamente procesadas y no están expuestas a serias hidrólisis y daños oxidativos que pudieran afectar la calidad del aceite. Aún así, algunos investigadores (Di Giovacchino et al., 2002), encuentran que la oxidación producida durante el procesado en abencor debería ser mayor, debido a que se expone más superficie de pasta de aceituna al oxígeno atmosférico si se compara con el sistema de elaboración en almazara, donde sólo una parte queda expuesta en la batidora y protegida de la oxidación. Además del sistema de elaboración, factores como el tiempo de batido también afectaría a este parámetro, ya que a mayor tiempo cabría esperar que la oxidación enzimática se viera favorecida (Servili et al., 2003), al igual que el aumento de la temperatura de batido que haría aumentar el índice de peróxidos, debido a la oxidación producida por la enzima lipasa, cuya actividad aumenta a altas temperaturas (Ranalli et al., 2001).

En este trabajo, solamente en la variedad “Picual” el índice de peróxido medio de las muestras de almazara es menor al de abencor. En el resto de variedades se confirma lo expuesto por Bruni et al. (1994).

Los resultados estadísticos encontrados en los aceites elaborados en abencor al analizar los factores variedad y campaña oleícola (Tabla IV.23) indican que existen diferencias significativas entre la variedad “Cornezuelo” (7,93 y 6,40 meq O₂/kg) y las variedades “Picual” (3,48 y 4,16 meq O₂/kg) y “Arbequina” (4,09 y 3,11 4,16 meq O₂/kg), para las campañas 2006/07 y 2007/08, respectivamente. En la campaña 2008/09 la diferencia significativa se encontró entre la variedad “Cornezuelo” (6,42 meq O₂/kg) y la “Arbequina” (2,97 meq O₂/kg).

Respecto a la influencia de la campaña oleícola por variedad, no se han encontrado diferencias significativas en ninguna de las variedades.

De todo lo anterior se deduce que es la variedad “Cornezuelo” la más susceptible a la oxidación, como se corroborará con la estabilidad oxidativa en el apartado IV.2.2.2..

IV.2.1.3. Absorción en el ultravioleta: K_{232} y K_{270} .

Durante el ciclo de maduración de la aceituna (Figuras IV.29, IV.30 y IV.31) los valores del coeficiente de absorción específico K_{232} se mantiene prácticamente constante, con ligeras aumentos y disminuciones, para todas las variedades y campañas analizadas; sin embargo, los valores de la absorción espectrofotométrica a 270 nm (K_{270}) presentan, para la mayoría de las muestras analizadas, una ligera disminución conforme avanza la maduración del fruto. Resultados análogos fueron encontrados por Salvador et al. (2000 y 2001) para la variedad “Cornicabra” al estudiar la evolución de estos coeficientes durante varias campañas.

Al estudiar la influencia de la variedad y del método de extracción sobre los coeficientes K_{232} y K_{270} (Tabla IV.22) se observa que para el coeficiente K_{232} no se han encontrado, para los aceites elaborados en abencor, diferencias significativas entre variedades; sin embargo, en aceites de almazaras, las variedades “Cornezuelo” (1,75) y “Arbequina” (1,81) presentaron valores de K_{232} significativamente mayores que el encontrado para la variedad “Picual” (1,38).

El coeficiente K_{270} no presentó diferencias estadísticamente significativas entre variedades y respecto al método de extracción, solo la variedad “Picual” se vio afectada por dicho factor, con valores de 0,14 para aceites abencor frente a 0,10 para aceites de almazaras.

Para los aceites obtenidos en laboratorio por el sistema abencor (Tabla IV.23) no se han encontrado diferencias significativas ni entre las distintas variedades ni entre campañas oleícolas dentro de una misma variedad.

Los valores de los coeficientes de absorción encontrados en todos los aceites analizados permiten clasificarlos dentro de la categoría de Virgen Extra al no superar los límites establecidos para dicha categoría ($K_{232} \leq 2,5$ y $K_{270} \leq 0,22$).

IV.2.1.4. Análisis organoléptico.

Entre los criterios de calidad de la mayoría de los alimentos, según se refleja en el código alimentario, se hace referencia a sus características organolépticas utilizando expresiones como “olor y sabor característico”, “con olor agradable”, “sin olores ni sabores

extraños”, etc. (Jiménez, 2008).

Catar es apreciar, analizar mediante los órganos de los sentidos las cualidades de un producto. El aceite de oliva es uno de los pocos alimentos de origen agrícola que está sometido, de acuerdo a la legislación (Reglamento (CE) N° 640/2008 de la Comisión), además de a un análisis físico-químico a un análisis organoléptico. Estos análisis que están basados en la percepción de defectos llevan a la clasificación de los aceites de oliva en tres categorías: virgen extra, virgen y lampante, comentado anteriormente. Las sustancias volátiles presentes en el aceite de oliva virgen (principalmente aldehídos, cetonas, ésteres y alcoholes) son las responsables de su aroma (Angerosa et al., 2004; Kiritsakis, 1998). Algunos de estos compuestos se encuentran en el fruto (aceituna) y otros se forman durante la fase de molienda, siendo la ruta de la lipooxigenasa la responsable de la formación de los aromas verdes y frutados a través de la oxidación de los ácidos linoleico y linolénico presentes en el fruto (García et al., 2008). Para los atributos amargo y picante, investigadores como Angerosa et al. (2000) encontraron una correlación positiva entre dichos atributos y la concentración de la cetona 1-penten-3-ona; sin embargo, Inarejos et al. (2010) señalan al compuesto hexanol como responsable del picante. Otros autores (Andrewes et al., 2003; García et al., 2001; Gutiérrez et al., 2003; Mateos et al., 2004; Tovar et al., 2001) señalan a los compuestos fenólicos: 3,4-DHPEA-EDA, 3,4-DHPEA-EA, p- HPEA-EDA y AOA como los responsables fundamentales de estas sensaciones quinestésicas.

Las características sensoriales del amargo y picante son debidas a la activación de receptores y las terminaciones nerviosas del nervio trigeminal asociadas a las papilas gustativas fungiformes, las cuales son sensibles a estímulos químicos. En el aceite de oliva estas sensaciones están relacionadas, como se ha indicado anteriormente, con la presencia de compuestos fenólicos y pueden persistir durante largo tiempo después de la deglución y variar en intensidad dependiendo de la variedad, y en consecuencia afectar a su aceptación por parte del consumidor (Caporale et al., 2006). Se ha evaluado la intensidad de los diferentes atributos positivos y negativos presentes en las muestras de aceite obteniéndose un perfil descriptivo o “huella sensorial” de los mismos. Los atributos positivos frutado, manzana, amargo, picante y dulce son representados en un gráfico de tipo radial (Figura IV.32).

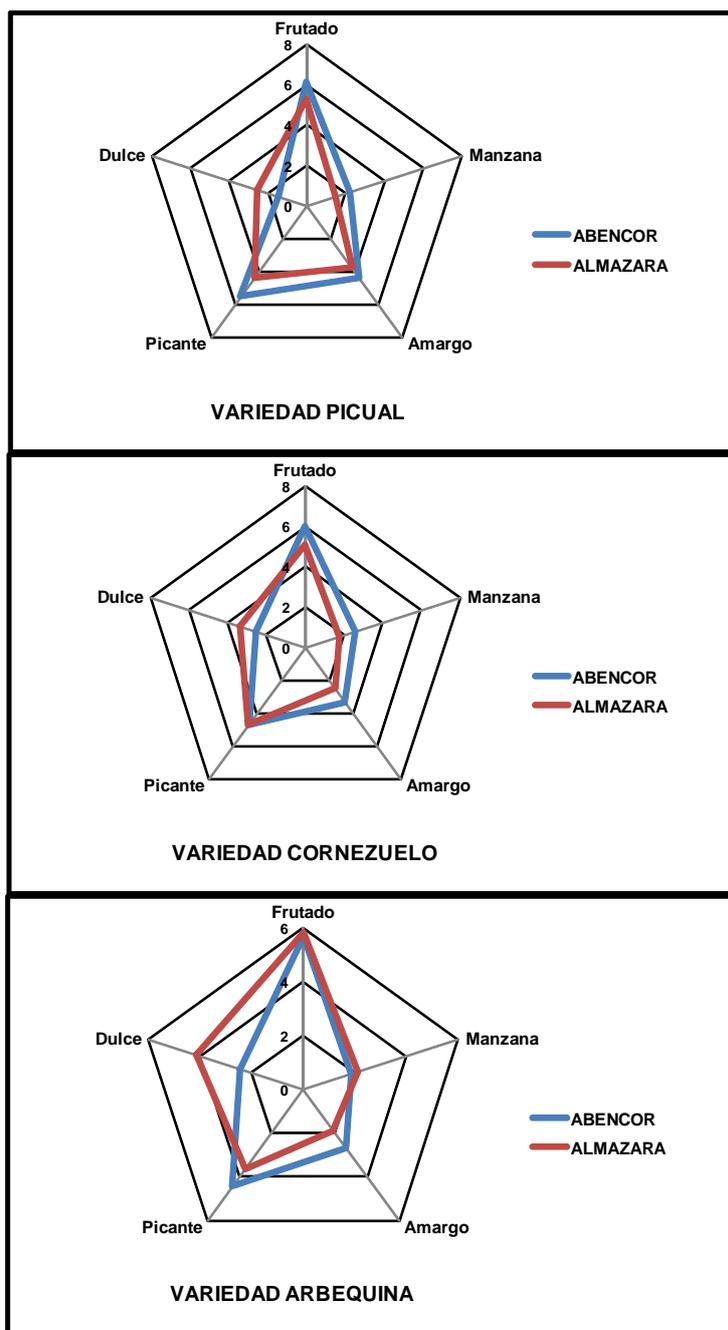


Figura IV.32. Mediana de los atributos frutado, manzana, amargo, picante y dulce del aceite obtenido en laboratorio por el sistema abencor y los extraídos en almazara para las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”.

En la citada figura se observa que, para todos los aceites analizados, la mediana de los defectos es igual a cero y la mediana del frutado superior a cero. Por tanto, todas las muestras de aceite se catalogaron como Aceites de Oliva Virgen Extra, indicativo de que estos aceites se han elaborado a partir de aceitunas sanas y que las condiciones de extracción y

almacenamiento han sido las adecuadas. Respecto al atributo frutado, el valor de la mediana más alto corresponde a la variedad “Picual” procedente de abencor (6,13), con notas destacadas a verde hoja/verde hierba, al igual que sucede en los aceites de “Cornezuelo”; sin embargo, en los aceites de “Arbequina” su frutado es más complejo con notas destacadas a almendra y tomatera. El perfil descriptivo para los aceites de la variedad “Picual” correspondería a aceites con frutado medio-alto, poco dulces, con valores medios en los atributos amargo y picante; los procedentes de la variedad “Cornezuelo” a aceites con frutado medio, poco dulces, con valores medio-bajos en el atributo amargo y una intensidad media en el atributo picante; y los de la variedad “Arbequina” a aceites con frutado complejo e intensidad media, ligeramente dulces, con una baja intensidad en el atributo amargo y ligeramente picantes.

En la figuras IV.33, IV.34 y IV.35 se representan, para cada una de las variedades estudiadas, la evolución de los atributos sensoriales de los aceites abencor elaborados a lo largo de cada una de las tres campañas oleícolas analizadas.

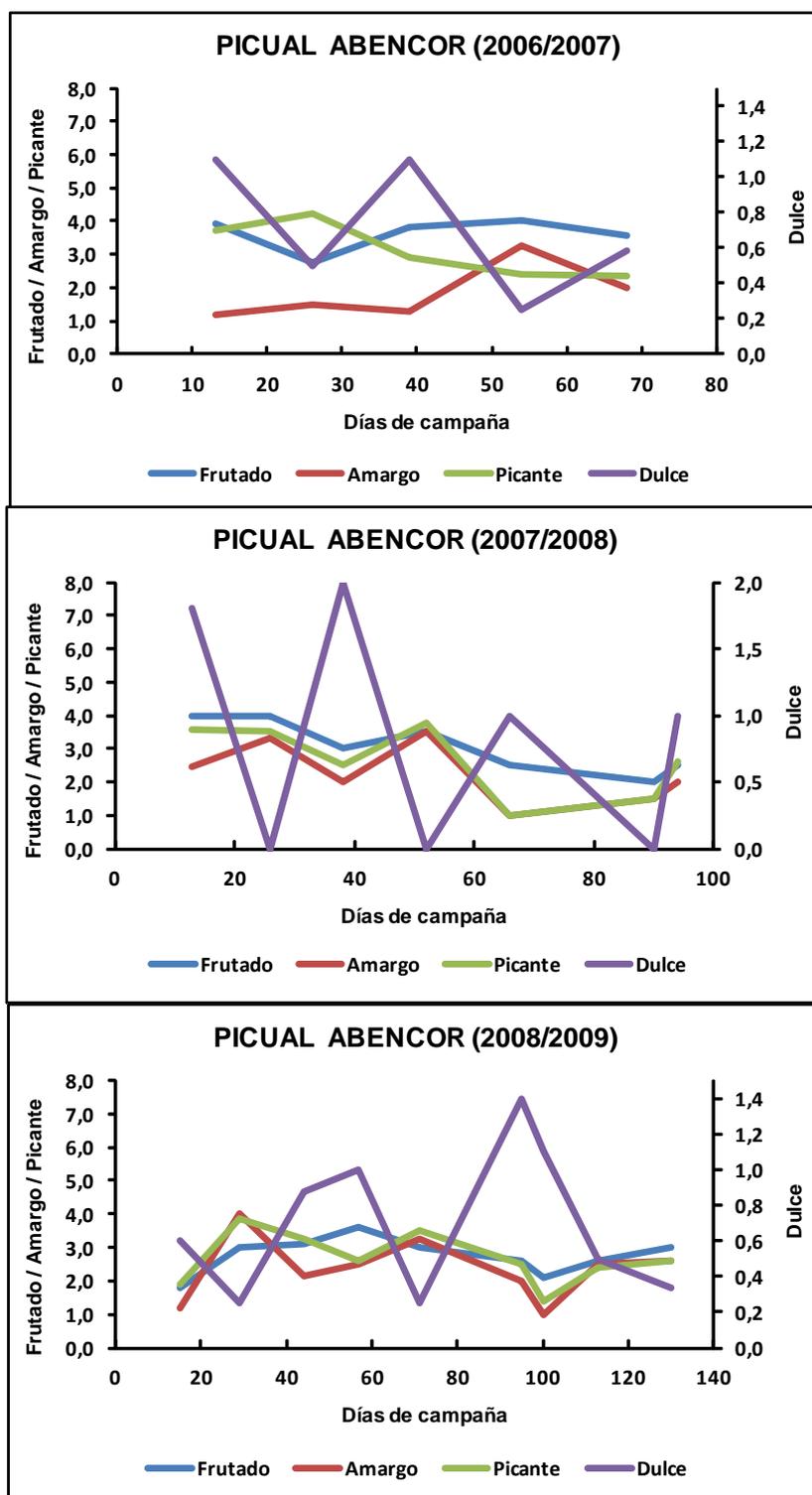


Figura IV.33. Evolución de los atributos positivos (frutado, amargo, picante y dulce) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Picual” durante los días de campaña correspondientes a los años 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.

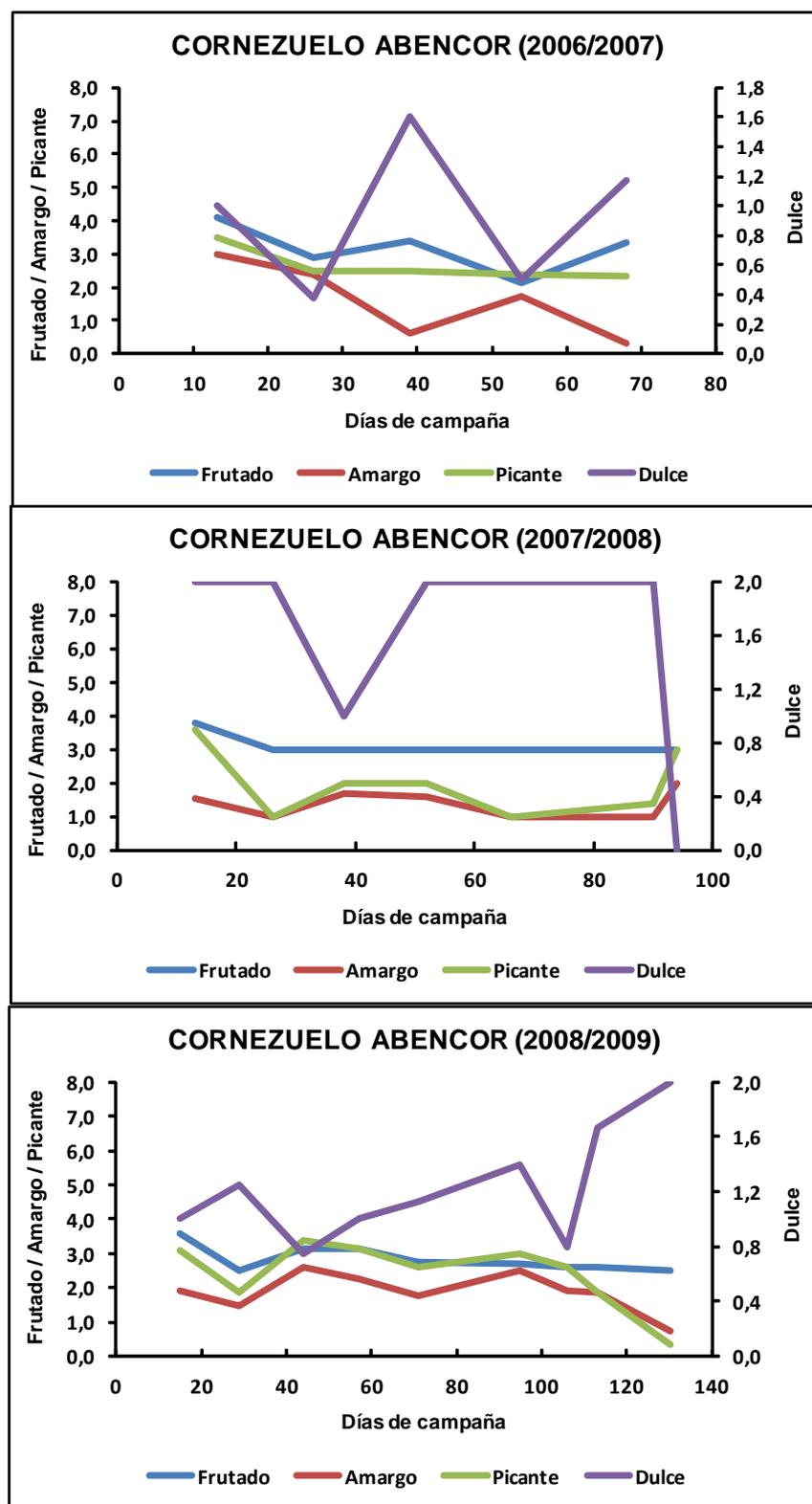


Figura IV.34. Evolución de los atributos positivos (frutado, amargo, picante y dulce) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Cornezuelo” durante los días de campaña correspondientes a los años 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.

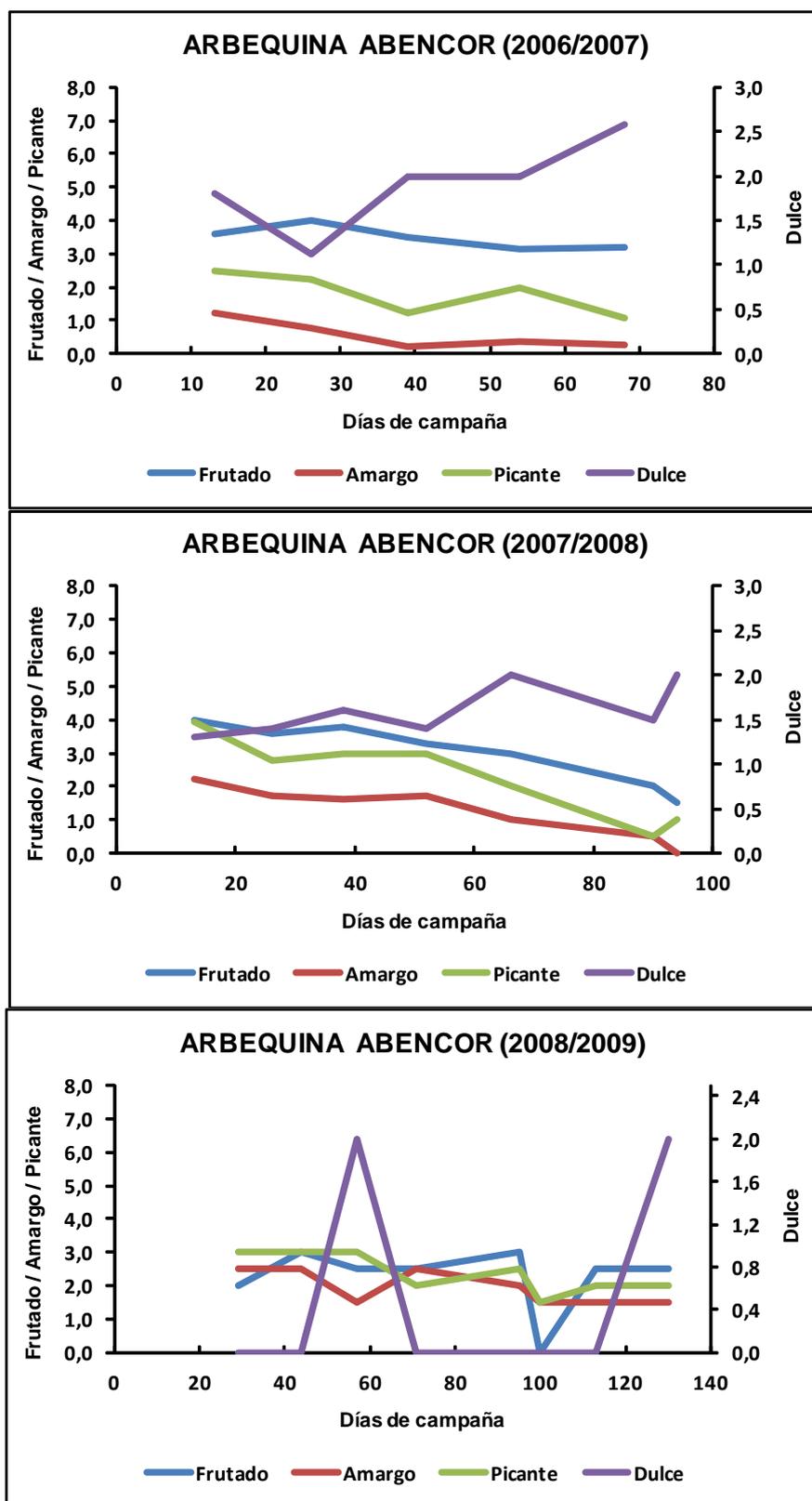


Figura IV.35. Evolución de los atributos positivos (frutado, amargo, picante y dulce) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Arbequina” durante los días de campaña correspondientes a los años 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.

De ellas se puede observar que la intensidad del frutado, durante la maduración del fruto y en el caso de la variedad “Picual”, no presenta una tendencia clara de evolución, sino que varía dependiendo de la campaña oleícola analizada. Así, para la campaña 2006/07, el frutado permanece prácticamente constante (mediana de frutado 3,9 a inicio de campaña y 3,6 a finales de campaña); en la campaña 2007/08 se observa un claro descenso (mediana de frutado 4,0 a inicio de campaña y 2,5 a finales de campaña); y por último, en la campaña 2008/09 se produce un moderado aumento (mediana de frutado 1,8 a inicio de campaña y 3,0 a finales de campaña). La variedad “Cornezuelo” presentó, durante la maduración del fruto y en todas las campañas analizadas, disminuciones moderadas, aproximadamente de 1 unidad de intensidad de frutado. La variedad “Arbequina” presentó una clara disminución del frutado, del orden de 2 unidades de intensidad, en la campaña 2007/08, mientras que en las otras dos campañas, la mediana del frutado permaneció prácticamente constante.

El atributo amargo, para las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina”, presentó una tendencia generalizada a disminuir conforme avanza la maduración del fruto. Resultados que corroboran los obtenidos por Inarejos-García et al. (2010), los cuales justifican estos resultados en base a la disminución de la concentración de la oleuropeina, fenol responsable del amargor, durante la maduración de la aceituna. La mayor disminución de este atributo (2 unidades de intensidad) se dio para la variedad “Cornezuelo” en la campaña 2006/07. Por el contrario, la variedad “Picual” presentó aumentos moderados (1 unidad de intensidad) durante las campañas 2006/07 y 2008/09.

El atributo picante presentó para todas las variedades y campañas una disminución generalizada de intensidad conforme madura la aceituna. Las disminuciones más destacadas (3 unidades de intensidad) fueron para la variedad “Arbequina” en la campaña 2007/08 y para la variedad “Cornezuelo” en la campaña 2008/09.

La disminución de las intensidades de los atributos amargo y picante durante la maduración del fruto puede atribuirse a que durante este proceso aumenta la degradación enzimática y oxidativa de los compuestos fenólicos, responsables de dichos atributos, como consecuencia de los procesos de senescencia que se producen en el fruto (Oueslati et al., 2009).

Respecto al atributo dulce, los valores más elevados de intensidad se dieron en la variedad “Arbequina”, mostrando en todas las campañas un aumento de dicha intensidad conforme maduraba la aceituna.

El estudio estadístico realizado (Anova), presentado en las Tablas IV.24 y IV.25, ha permitido confirmar algunas de las diferencias mencionadas en su ficha descriptiva. Al estudiar la influencia del sistema de extracción en los atributos sensoriales (Tabla IV.24) se observa que la intensidad del “frutado” de los aceites obtenidos en almazara es menor que la presentada en los extraídos en laboratorio por el método abencor salvo en la variedad “Arbequina” que permanece prácticamente igual; sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas como lo indica el estudio estadístico realizado. Los atributos manzana y picante se comportan estadísticamente en el mismo sentido que el frutado.

En el atributo amargo, el análisis Anova encuentra diferencias significativas entre las variedades “Picual” y “Arbequina”, siendo la variedad “Picual” la que presenta valores medios más altos (4,4) y la variedad “Arbequina” los más bajos (1,9). Respecto al sistema de extracción (abencor vs almazara), no se han encontrado diferencias significativas, pero sí que todos los aceites extraídos en almazara presentaban valores inferiores a los de abencor. Este hecho puede deberse a que los fenoles, compuestos responsables del amargo, son bastante soluble en agua, perdiéndose en mayor o menor medida según la proporción de agua empleada y tiempo de contacto durante el proceso de elaboración del aceite, así como por la facilidad con la que se oxidan en contacto con el oxígeno atmosférico. Autores como Montedoro et al. (1992) y Di Giovacchino et al. (1994), señalaron que el contenido en fenoles totales de los aceites obtenidos en sistemas de centrifugación industrial con adición de agua caliente ha resultado más bajo que el presente en aceites de prensa. Esto se atribuye a la pérdida de fenoles con el agua caliente añadida en la centrífuga vertical. Cert et al. (1999) observaron que el agua disminuye la concentración de sustancias fenólicas de la fase acuosa (por dilución) y provoca asimismo la disminución de la concentración de dichas sustancias en la fase oleosa inmiscible.

Por otra parte, autores como Ollivier et al. (2006), García et al. (2008) y Vaz Freire et al. (2011) han confirmado la influencia de la variedad sobre la intensidad de dicho atributo. En este sentido, Rabelo et al. (2000) atribuyen el diferente comportamiento sensorial de los aceites respecto al atributo amargo en base al grado de instauración de la matriz lipídica de modo que cuanto mayor sea la insaturación menor es la intensidad de dicho atributo. En, este estudio, como se ha indicado anteriormente, los aceites de “Picual” son los más amargos y, como se verá en el apartado correspondiente a ácidos grasos (apartado IV.2.3.1), presenta un matriz fundamentalmente monoinsaturada (77,27% en oleico y un 4,9% en linoleico),

mientras que los aceites “Arbequina”, menos amargos, su matriz lipídica es más poliinsaturada (64,39% en oleico y 13,76% en linoleico). Resultados que corroboran la justificación dada por los citados autores.

Aceites muy amargos pueden causar problemas de aceptación por parte del consumidor (Gutierrez et al., 1992); es por ello que algunos investigadores trabajan en la puesta a punto de tratamientos físicos en la aceituna, estrategias de riego y de densidad de plantación en el olivar, que permitan la regulación del exceso de los atributos picante y amargo en el aceite virgen, lo que facilitaría su comercialización y haría factible una cosecha más temprana con todas las ventajas que ello supondría (García et al., 2005; De la Rosa et al., 2007; Moriana et al., 2007; Motilva et al., 2000; Tovar et al., 2001).

En el atributo dulce se han encontrado diferencias significativas respecto al sistema de extracción en la variedad “Arbequina” y entre los aceites de las variedades “Picual” y “Arbequina”. En todos los casos, los aceites de almazara presentan una mayor intensidad del atributo dulce, como consecuencia, como se ha indicado anteriormente, de su menor amargor.

SISTEMA DE EXTRACCIÓN	PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA		SD	EEM
	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA		
Frutado	A 6,1 a	A 5,3 a	A 6,0 a	A 5,1 a	A 5,7 a	A 5,8 a	1,3	0,1
Manzana	A 2,2 a	A 1,5 a	A 2,6 a	A 1,8 a	A 1,9 a	A 2,1 a	1,5	0,2
Amargo	B 4,4 a	B 3,8 a	AB 3,3 a	AB 2,5 a	A 2,7 a	A 1,9 a	1,6	0,2
Picante	A 5,5 a	A 4,4 a	A 4,7 a	A 4,7 a	A 4,4 a	A 3,6 a	1,6	0,2
Dulce	A 1,5 a	A 2,5 a	A 2,5 a	AB 3,4 a	A 2,5 a	B 4,1 b	1,5	0,2

Tabla IV.24. Medianas de los atributos positivos: frutado, manzana, amargo, picante y dulce. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre sistemas de extracción (Abencor vs Almazara) dentro de una misma variedad.

P<0,05. SD: Desviación estándar típica de la media. EEM: Error típico estándar de la media.

En la Tabla IV.25 donde aparecen los valores medios de los distintos atributos de las muestras de aceite obtenidas mediante el sistema abencor para las tres variedades y separadas por campaña oleícola, se observa que en la campaña 2006/07 únicamente encontramos diferencias significativas entre variedades en el atributo dulce, siendo los aceites de la variedad “Picual” significativamente menos dulces que los procedentes de las otras dos variedades. En la

campaña 2007/08 es el atributo amargo el que presenta diferencias significativas entre variedades, siendo la variedad “Picual” la que obtiene valores más altos para este atributo. Por último, en la campaña 2008/09 el atributo manzana diferencia significativamente a la “Arbequina” de las otras dos variedades, al estar dicho atributo ausente para esta variedad y para esta campaña en concreto.

Al comparar la misma variedad en función de la campaña estudiada, la variedad “Picual” presenta diferencias significativas para el atributo manzana entre las campañas 2006/07 y 2008/09 y la variedad “Arbequina” presenta diferencias significativas para los atributos frutado y amargo entre las campañas 2006/07 y 2008/09 y para los atributos manzana y dulce entre las campañas 2006/07-2007/08 y la última del 2008/09. Es de señalar que puntuaciones más bajas en todos los atributos se dan para los aceites de todas las variedades de la campaña 2008/09.

MUESTRAS ABENCOR	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA
CAMPAÑA 2006-2007			
Frutado	A 7,2 a	A 6,3 a	A 7,0 b
Manzana	A 3,6 b	A 3,2 a	A 4,0 b
Amargo	A 3,7 a	A 3,2 a	A 1,1 a
Picante	A 6,2 a	A 5,3 a	A 3,6 a
Dulce	A 1,4 a	B 1,9 a	B 3,8 b
CAMPAÑA 2007-2008			
Frutado	A 6,1 a	A 6,2 a	A 6,1 ab
Manzana	A 2,2 ab	A 3,1 a	A 2,4 b
Amargo	B 4,5 a	AB 2,8 a	A 2,5 ab
Picante	A 5,3 a	A 4,0 a	A 4,6 a
Dulce	A 1,7 a	A 3,1 a	A 3,2 b
CAMPAÑA 2008-2009			
Frutado	A 5,5 a	A 5,7 a	A 4,5 a
Manzana	B 1,5 a	B 1,8 a	A 0,0 a
Amargo	A 4,7 a	A 3,8 a	A 3,9 b
Picante	A 5,3 a	A 4,9 a	A 4,8 a
Dulce	A 1,4 a	A 2,4 a	A 1,0 a

Tabla IV.25. Valores medios de los atributos positivos: frutado, manzana, amargo, picante y dulce. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades en función del año y letras diferentes

en minúsculas indican diferencias significativas entre campaña oleícola dentro de una misma variedad. $P < 0,05$.

IV.2.2. Parámetros de estabilidad

Las grasas pueden volverse rancias como consecuencia de procesos autooxidativos, rancidez oxidativa, originando una alteración del flavor del alimento. El término enranciamiento se aplica para describir el desarrollo de olores y sabores indeseables como consecuencia de determinados cambios que se presentan en la fracción grasa de los alimentos (Mejía, 1999).

La autoxidación es la degradación química resultante de la exposición al oxígeno que genera en las grasas compuestos inapetecibles e incluso tóxicos: peróxidos orgánicos, alcoholes, cetonas, ácidos carboxílicos y combinaciones de todos estos (Papaseit, 1988). Los aceites de oliva virgen destacan por su buena resistencia a la degradación oxidativa. La estabilidad oxidativa de un aceite o grasa se define como el tiempo necesario para que el aceite o grasa empiece a presentar síntomas de rancidez (Guitierrez, 1989). Esta degradación química es activada por el efecto del oxígeno atmosférico disuelto en el aceite y es catalizada por factores como el aumento de la temperatura y la exposición a la radiación luminosa.

Otra vía de degradación es la llevada a cabo por determinados procesos enzimáticos, condicionados por el contenido en materias orgánicas y agua presentes en el aceite, que constituyen un medio de cultivo óptimo para el crecimiento de determinados microorganismos que pueden ocasionar un proceso fermentativo (Papaseit, 1988).

La alta estabilidad oxidativa de los aceites de oliva vírgenes está relacionada con su alta relación de ácidos grasos monoinsaturados/poliinsaturados y con la presencia de componentes antioxidantes, como tocoferoles y polifenoles (Douzane et al., 2013). Los compuestos fenólicos, como responsables de la estabilidad oxidativa y de los atributos sensoriales amargo y picante, forman parte del grupo de componentes presentes en los aceites de oliva. El rango, más frecuente, de concentración de fenoles totales es de 50-500 ppm, expresados como ácido cafeico (Gutiérrez et al., 1977). Su contenido va a depender de varios factores como la variedad (Manai-Djebali et al., 2012), características edafoclimáticas (Aguilera et al., 2005; Bakhouché et al., 2013; Cerretani et al., 2006; Lazzed et al., 2008), grado de maduración del fruto (Cerretani et al., 2006; Lazzed et al., 2008; Youssef et al., 2010), factores agronómicos (Tovar et al., 2001;

Romero et al., 2002; Servili et al., 2007) y factores tecnológicos (Servili et al., 2002; Caponio et al., 2003; Inarejos et al., 2009). A nivel químico, el efecto antioxidante de estos compuestos ha sido evidenciado en diferentes trabajos, de forma que se ha podido establecer un elevado grado de correlación positiva entre contenido en fenoles totales y estabilidad de los aceites (Beltrán et al., 2000; Fuentes et al., 2008).

IV.2.2.1 Fenoles totales.

Los fenoles son fuertes antioxidantes naturales muy importantes para la estabilidad del aceite de oliva virgen. Numerosos trabajos (Aguilera et al., 2005; Issaoui et al., 2010 y Pardo et al., 2011) señalan una relación positiva entre la cantidad de fenoles y la resistencia que presenta el aceite de oliva virgen a la oxidación. Los compuestos fenólicos se encuentran en el fruto y en la hoja del olivo, siendo el más característico la oleuropeina. En el proceso de extracción del aceite de oliva, en la fase de molienda y batido, se forman la mayoría de los fenoles debido a la hidrólisis, por enzimas endógenas, de la oleuropeina y sus derivados secoroideos. En las fases de centrifugación y separación, una pequeña fracción de estos compuestos fenólicos pasan a la fase oleosa (10-15%) perdiéndose el resto con el alpechín y orujo debido a la alta solubilidad de los mismos (Iconomou et al., 2010).

Durante la maduración del fruto (Figuras IV.36, IV.37 y IV.38) el contenido en fenoles totales, para las variedades y campañas estudiadas, muestra una tendencia general, a excepción de las variedades “Picual” y “Cornezuelo” en la campaña 2006/07, de disminución. Dicha tendencia coincide con la indicada por Sánchez et al. (2006) y Fuentes et al. (2008) al trabajar con las principales variedades implantadas en Extremadura. Sin embargo, cuando se aborda, para estas mismas variedades, la evolución de compuestos fenólicos específicos (3,4-DHPEA-EDA, 3,4-DHPEA-AC, ácido vaníllico, ácido p-cumárico, alcoholes fenólicos, luteolina y apigenina) se observan distintas tendencias dependiendo de la variedad (Franco et al., 2014).

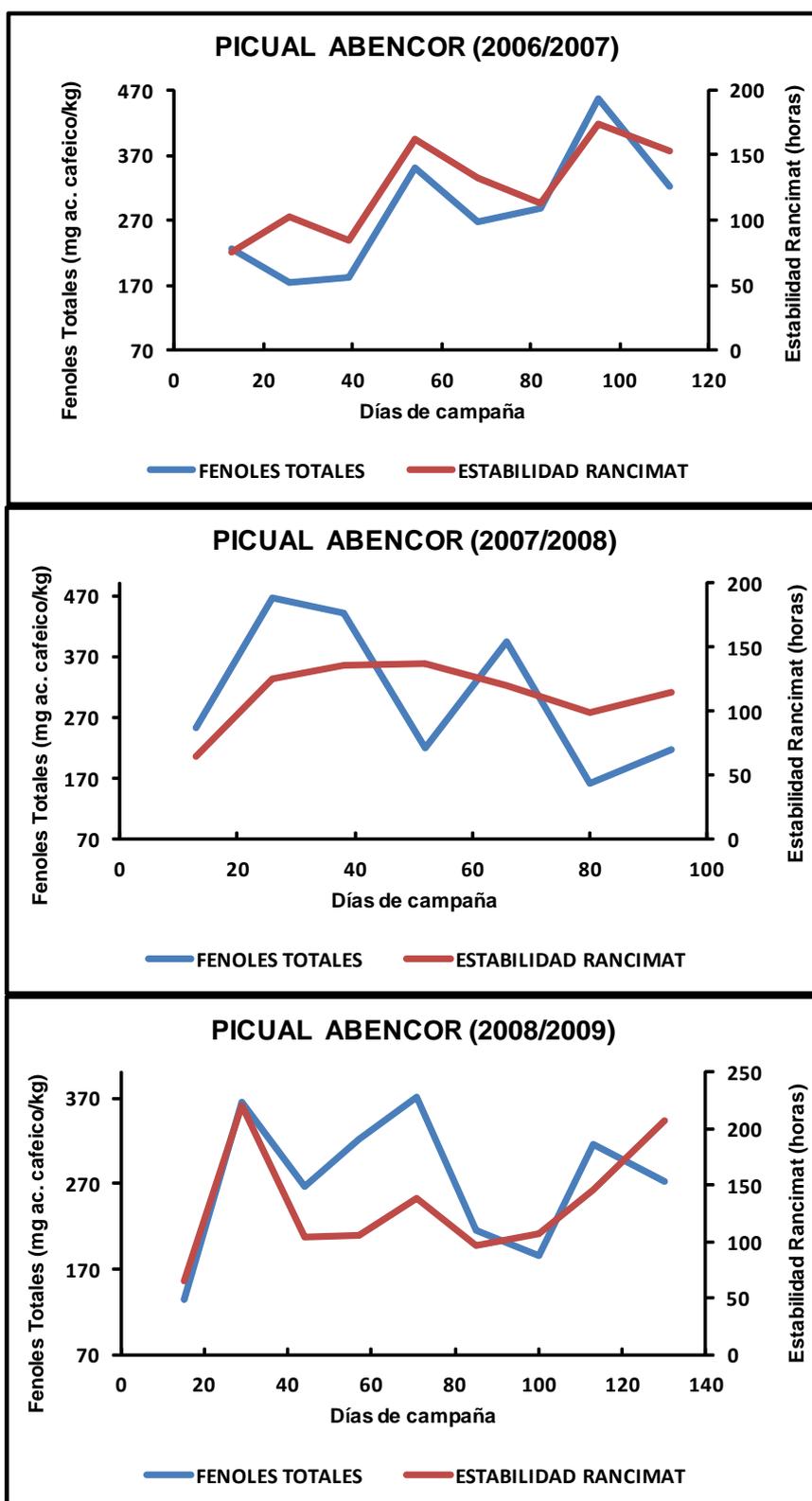


Figura IV.36. Evolución de los parámetros de estabilidad (fenoles totales y estabilidad Rancimat) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Pícuál” durante los días de campaña correspondientes a los años 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.

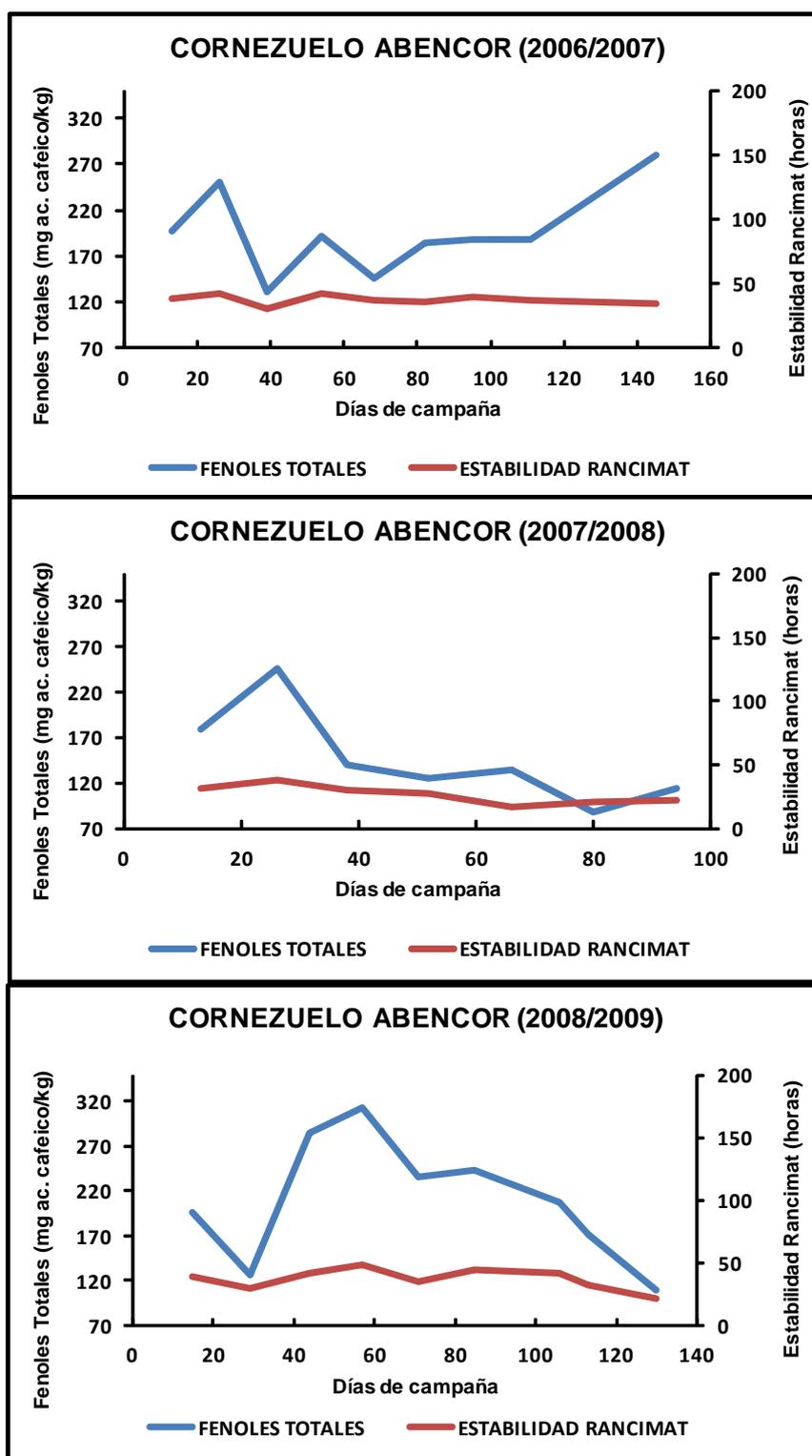


Figura IV.37. Evolución de los parámetros de estabilidad (fenoles totales y estabilidad Rancimat) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Cornezuelo” durante los días de campaña correspondientes a los años 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.

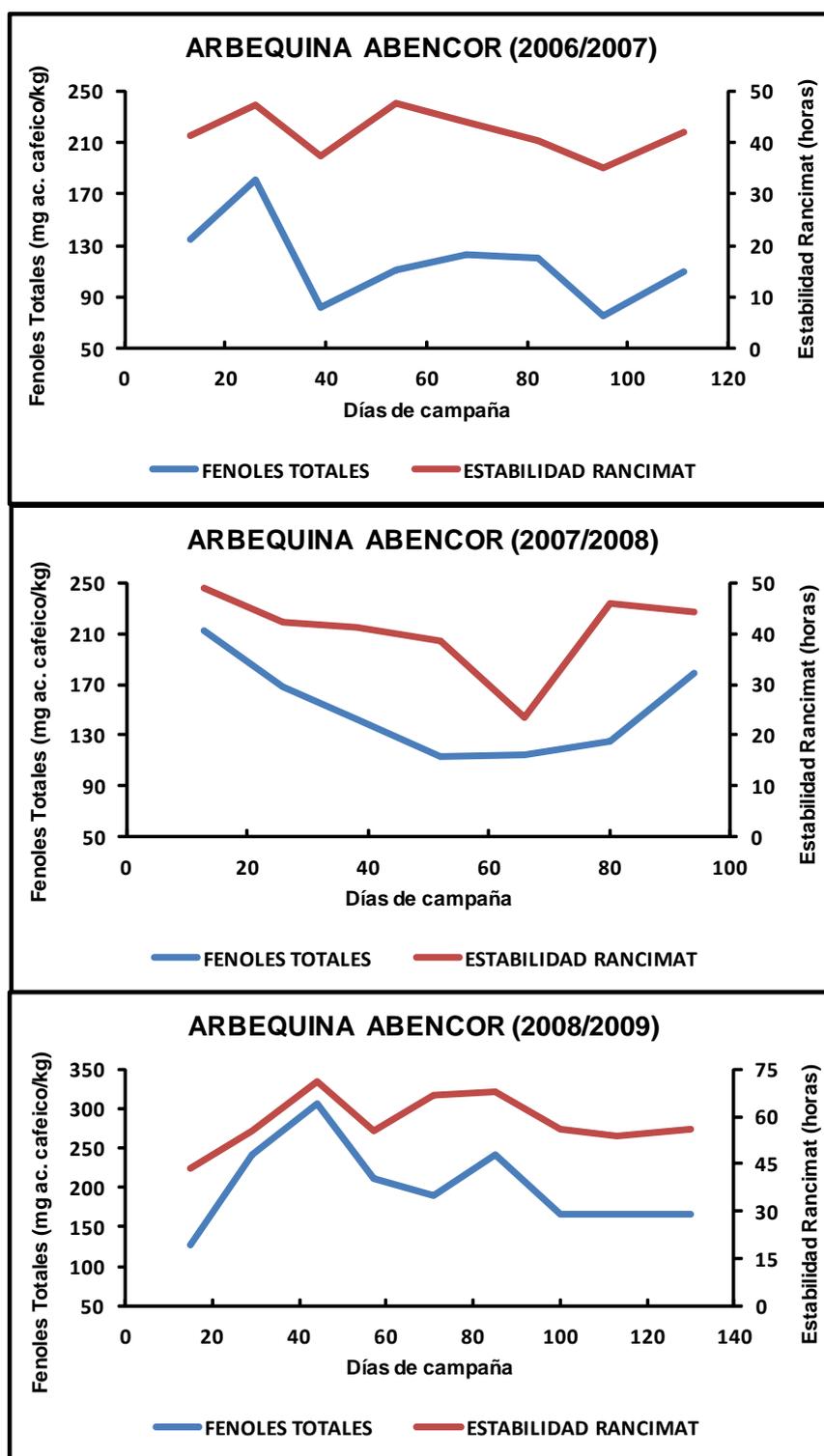


Figura IV.38. Evolución de los parámetros de estabilidad (fenoles totales y estabilidad Rancimat) en aceites obtenidos mediante sistema abencor en la variedad “Arbequina” durante los días de campaña correspondientes a los años 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009.

En la Tabla IV.26 se muestran los valores medios de los parámetros de estabilidad de los aceites extraídos mediante sistema abencor y en almazara industrial para las tres variedades estudiadas, junto con las diferencias significativas encontradas entre ambos sistemas y entre las distintas variedades, una vez realizado el análisis estadístico (Anova). En ella se observa que la variedad que presenta un mayor contenido medio en fenoles totales es la “Picual” con 286,10 ppm en las muestras obtenidas en laboratorio por el método abencor. Resultado que corrobora los publicados por otros autores que señalan a la variedad “Picual” como uno de los cultivares con mayor concentración en fenoles junto con la variedad “Hojiblanca” (Inarejos et al., 2010).

SISTEMA DE EXTRACCIÓN	PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA		SD	EEM
	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA		
Fenoles totales (mg ac. cafeico/kg)	^B 286,10	^b ^B 196,86	^A 186,80	^a ^{AB} 156,07	^A 158,77	^a ^A 115,38	84,81	8,12
Estabilidad Rancimat (horas)	^B 120,23	^b ^B 82,84	^A 34,33	^a ^A 27,35	^A 47,77	^a ^A 33,64	42,01	4,12

Tabla IV.26. Valores medios de los parámetros de estabilidad fenoles totales y estabilidad rancimat. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre sistemas de extracción (Abencor vs Almazara) dentro de una misma variedad. $P < 0,05$ SD: Desviación estándar típica de la media. EEM: Error típico estándar de la media.

La variedad que presenta el valor medio más bajo es la “Arbequina” con 115,38 ppm en las muestras extraídas en almazara industrial. El análisis estadístico, atendiendo al factor variedad, indica que para los aceites abencor existen diferencias significativas entre la variedad “Picual” y el resto de variedades (“Arbequina” y “Cornezuelo”); en las muestras de aceites procedentes de almazara industrial las diferencias significativas se dan entre las variedades “Picual” y “Arbequina”. Estos resultados coincide con la clasificación realizada por Tous et al. (1997) sobre el contenido en fenoles totales, que clasifica a las variedades “Arbequina” y “Cornezuelo” dentro del grupo de variedades con “bajo contenido en fenoles totales” frente a la variedad “Picual” que la clasifica dentro del grupo de variedades con “alto contenido en fenoles totales”.

Al comparar los distintos sistemas de extracción, solamente se han encontrado diferencias significativas en los aceites de la variedad “Picual”, presentando los aceites abencor valores significativamente más altos que los encontrados en aceites procedentes de

almazara. En este sentido, autores como Montedoro et al. (1992) y Di Giovachino et al. (1994) señalan que el contenido en fenoles totales de los aceites obtenidos en sistemas de centrifugación industrial con adición de agua caliente resulta más bajo que el presente en aceites de prensa o aceites abencor.

En la Tabla IV.27 aparecen, junto a los valores medios de los parámetros de estabilidad de los aceites obtenidos mediante abencor, las diferencias estadísticas encontradas entre las muestras de aceites estudiadas en función de la campaña oleícola para cada una de las variedades. En ella se observa que ninguna variedad presenta diferencias significativas entre campañas. Por el contrario, se han encontrado diferencias significativas entre variedades dentro de una misma campaña. Así, en la campaña 2006/07 la variedad “Picual” presenta contenido en fenoles totales significativamente más elevados que los encontrados en la variedad “Arbequina”; en la 2007/08 las diferencias significativas se dan entre “Picual” y el grupo “Arbequina” y “Cornezuelo”, mientras que en la 2008/09 no se encuentran diferencias entre variedades.

MUESTRAS ABENCOR	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA
CAMPAÑA 2006-2007			
Fenoles totales (mg ac. cafeico/kg)	^B 283,61 ^a	^{AB} 194,99 ^a	^A 117,15 ^a
Estabilidad Rancimat (horas)	^B 124,27 ^a	^A 37,71 ^a	^A 41,91 ^a
CAMPAÑA 2007-2008			
Fenoles totales (mg ac. cafeico/kg)	^B 307,09 ^a	^A 146,46 ^a	^A 150,81 ^a
Estabilidad Rancimat (horas)	^B 114,04 ^a	^A 26,40 ^a	^A 40,64 ^a
CAMPAÑA 2008-2009			
Fenoles totales (mg ac. cafeico/kg)	^A 271,99 ^a	^A 209,99 ^a	^A 201,94 ^a
Estabilidad Rancimat (horas)	^B 132,59 ^a	^A 37,11 ^a	^A 58,51 ^a

Tabla IV.27. Valores medios, de los aceites extraídos en abencor, de los parámetros de estabilidad: fenoles totales y estabilidad Rancimat. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades en función del año y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre campaña oleícola dentro de una misma variedad. $P < 0,05$.

Son numerosos los trabajos (Beltran et al., 1995; Mousa et al., 1996; Tous et al., 1997; Pérez-Arquillué et al., 2003; Aguilera et al., 2005) que señalan la influencia de las características climatológicas de la campaña sobre el contenido en fenoles totales. Años muy lluviosos elevan el contenido acuoso del fruto, extrayéndose peor el aceite y perdiendo una mayor cantidad de compuestos fenólicos con el agua/alpechín. En este trabajo se ha encontrado la misma tendencia. Así, partiendo de que el régimen de precipitaciones durante los meses de octubre y noviembre fue para las campañas oleícolas 2006/07, 2007/08 y 2008/09 de 257mm, 103mm y 72 mm, respectivamente (Tabla III.1), en la campaña más seca, 2008/09, fue donde se encontraron valores más elevados de estos compuestos. Todo lo expuesto se corrobora con los valores medios del atributo amargo comentados en el apartado anterior, siendo los aceites de la campaña 2008/09 los más amargos.

IV.2.2.2. Estabilidad Rancimat.

El proceso de oxidación lipídica comienza con una fase lenta y sin cambios medibles; pasando después a una fase rápida de propagación y finaliza en la descomposición a productos volátiles. La fase inicial recibe el nombre de “periodo de inducción” y representa el tiempo que soporta una grasa sin experimentar cambios bajo unas determinadas condiciones agresivas. La estabilidad Rancimat nos informa de la vida útil de la grasa, dependiendo esta estabilidad de la interacción de varios factores: grado de insaturaciones, antioxidantes, trazas metálicas, etc (Gutiérrez, 1989).

Para las tres campañas estudiadas (Tabla IV.27), los aceites de la variedad “Picual” son los que han presentado mayor estabilidad Rancimat y son clasificados como aceites de gran estabilidad, mucho más estables que otras variedades de gran implantación en Extremadura como “Morisca” y “Carrasqueña” con valores de estabilidad oxidativa de unas 51h y 77h, respectivamente. Su valor más elevado (132,59 h) se dio en las muestras obtenidas en abencor durante la campaña 2008/09. Los elaborados a partir de las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” son clasificados como poco estables al mostrar valores significativamente inferiores a los encontrados en “Picual”, en torno a 36h y 50h , respectivamente.

La evolución de la estabilidad Rancimat a lo largo de la maduración del fruto (Figuras IV.36, IV.37 y IV.38) es análoga a la descrita para los fenoles totales. Ello es debido al alto

grado de correlación encontrado en este estudio ($r=0,75$) entre fenoles y estabilidad Rancimat. Autores como (Salvador et al., 2001; Pérez-Arquillué et al., 2003; Torres y Maestri, 2006; Pardo et al., 2011) señalan grados de correlación en el rango (0.78-0.88) e incluso superiores ($r=0,95$) (Fuentes et al., 2008).

El análisis estadístico realizado (Tabla IV.26) pone de manifiesto la diferencia significativa que existe entre la estabilidad de los aceites de la variedad “Picual” y las otras dos variedades. Además, es la “Picual” la única que presenta diferencias significativas entre las muestras de aceites extraídas en laboratorio mediante el sistema abencor y las obtenidas en la almazara industrial, correspondiendo a estas últimas los valores significativamente más bajos de estabilidad. En general, como ocurriera para los fenoles totales, el proceso industrial da lugar a aceites menos estables en todas las variedades.

En los aceites obtenidos mediante el sistema abencor (Tabla IV.27), y al analizar el factor campaña sobre la estabilidad de cada variedad no se han encontrado diferencias significativas en ninguna de las variedades estudiadas. Sin embargo, al analizar el factor variedad el análisis estadístico si muestra diferencias significativas entre variedades y en todas las campañas, agrupando por un lado a las variedades “Arbequina” y “Cornezuelo” y por otro lado a la variedad “Picual” que es la que presenta una estabilidad Rancimat significativamente mayor.

IV.2.3. Parámetros de pureza.

El aceite de oliva no solo es apreciado por sus cualidades organolépticas, sino también por ser un alimento beneficioso para la salud como se ha demostrado en numerosos estudios (Cicerale et al., 2010; Lozano et al., 2010; Ruíz et al., 2011). Debido a estas cualidades el aceite de oliva presenta un precio de mercado superior al resto de otros aceites vegetales. Esto ha provocado que en numerosas ocasiones se trate de adulterar mezclándolo con otro tipo de aceite de inferior calidad y precio cometiendo un fraude.

Los parámetros de pureza se utilizan para detectar adulteraciones de aceite de oliva con otro tipo de aceites. Son importantes no solo desde el punto de vista comercial para establecer la autenticidad de los aceites comestibles, sino también por la necesidad de conocer si se ajustan o no a los parámetros y condiciones exigidas por las reglamentaciones técnico-

sanitarias. Los componentes químicos que establecen la genuinidad o pureza de un aceite tienen dos orígenes: aquellos que están presentes de forma natural (ceras, esteroides, ácidos grasos y triglicéridos) y los que se forman por transformación de componentes naturales durante los procesos de obtención o refinación (isómeros trans de los ácidos grasos y los estigmastadienos) (Moreda et al., 1995).

En este trabajo se han estudiado los perfiles de ácidos grasos, triglicéridos y esteroides de las muestras recogidas en las tres campañas oleícolas y para las tres variedades estudiadas: “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”.

El perfil de ácidos grasos del aceite, así como la composición en triglicéridos han sido utilizados por numerosos autores (Motilva et al., 2001; Zarrouk et al., 2008; Zarrouk et al., 2009; Rondanni et al., 2011; Piravi-Vanak et al., 2012; Diraman et al. 2011; Ollivier et al., 2006; De la Mata et al., 2011) como parámetros de clasificación de los aceites en función de la zona de origen caracterizada por condiciones edafoclimáticas determinadas, de su origen varietal y del estado de maduración. Además de lo anterior, la composición ácida de un aceite nos da información acerca de la calidad nutricional del mismo, ya que aseguran una cantidad suficiente de insaturados, especialmente monoinsaturados (oleico), que implican connotaciones beneficiosas para prevenir el riesgo de numerosas enfermedades (cardiovasculares, cancerígenas, etc), mientras que la composición en esteroides y triglicéridos puede considerarse como la “huella dactilar” del aceite de oliva, usándose como herramientas para la detección de adulteraciones y para la determinación de autenticidad (Longobardi et al., 2012).

IV.2.3.1. Ácidos grasos.

Los aceites vegetales ofrecen diferentes composiciones de ácidos grasos, pudiéndose identificar adiciones de aceites de otra naturaleza cuando los contenidos de estos queden fuera de ciertos intervalos (Civantos, 1999).

Según lo establecido en el Reglamento (UE) N° 61/2011 de la Comisión de 24 de enero de 2011 por el que se modifica el Reglamento (CEE) N° 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de

análisis, la composición en ácidos grasos (%) de un aceite de oliva virgen extra debe encontrarse dentro de los siguientes valores:

ACIDOS GRASOS	CONTENIDO (%)
Palmítico (C16:0)	7,5 – 20
Palmitoleico 7 (C16:1)	0,3 – 3,5
Margárico (C17:0)	≤ 0,3
Margaroleico (C17:1)	≤ 0,3
Esteárico (C18:0)	0,5 – 5
Oleico (C18:1)	55 – 83
Linoleico (C18:2)	3,5 – 21
Linolénico (C18:3)	≤ 1,0
Aráquico (C20:0)	≤ 0,6
Gadoléico (C20:1)	≤ 0,4
Behénico (C22:0)	≤ 0,2
Lignocérico (C24:0)	≤ 0,2

Tabla IV. 28. Composición en ácidos grasos (%) de un aceite de oliva virgen extra. Fuente: Reglamento (UE) N° 61/2011 de la Comisión.

Dentro de la composición acídica de un aceite de oliva nos encontramos ácidos grasos saturados y ácidos grasos insaturados. El ácido palmítico es el más representativo de entre los saturados, con unos porcentajes que van desde el 7,5% al 20%. Solo una porción muy baja (<1,3%) de ácidos grasos saturados ocupa la posición 2 del triglicérido. Es por ello, que esta fracción sea utilizada como criterio de pureza para diferenciar el aceite de oliva de otros tipos de aceites. Los ácidos grasos insaturados están representados principalmente por el ácido oleico, monoinsaturado, con valores que van del 55% al 83%. También es característico la presencia de bajo contenido en ácidos grasos poliinsaturados, fundamentalmente ácido linoleico (3,5-21%) y ácido linolénico (≤1,0%). Estos ácidos se encuentran generalmente en una relación aproximada de 10:1 (Boskou, 1999).

La legislación, Reglamento (CEE) N° 2568/91 mantiene unos valores máximos para determinados ácidos grasos minoritarios como: mirístico (0,05%), aráquico (0,6%), gadoleico (0,4%), behénico (0,2%) y lignocérico (0,2%)

La composición en ácidos grasos de un aceite de oliva se ve afectada por numerosos factores entre los que se encuentran las condiciones climáticas y edafológicas de la zona de

producción, factores genéticos como la variedad, estado de maduración del fruto, factores culturales (método de recolección) y factores tecnológicos, siendo el factor varietal el parámetro más determinante (Lerma et al., 2008; Zarrouk et al., 2009). En este sentido, algunos autores (Sánchez et al., 2003; Rondanini, 2011; Vekiari et al., 2010) atribuyen al factor varietal más del 70% de la variabilidad encontrada.

En la Tabla IV.29 se muestra el perfil medio de los ácidos grasos obtenido para cada una de las variedades en las tres campañas estudiadas, junto con las diferencias significativas encontradas una vez realizado el análisis estadístico (Anova).

	CAMPAÑA 2006/2007			CAMPAÑA 2007/2008			CAMPAÑA 2008/2009		
	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA
C16:0	A 12,54 ^{ab}	B 14,92 ^a	C 16,71 ^a	A 12,97 ^b	B 15,76 ^a	B 16,97 ^a	A 11,28 ^a	B 14,94 ^a	B 15,95 ^a
C16:1	A 1,04 ^b	A 1,11 ^{ab}	B 1,85 ^b	A 1,01 ^b	A 1,33 ^b	B 1,93 ^b	A 0,71 ^a	A 0,87 ^a	B 1,41 ^a
C17:0	A 0,03 ^a	A 0,03 ^a	B 0,11 ^a	A 0,03 ^a	AB 0,07 ^a	B 0,12 ^a	A 0,03 ^a	A 0,07 ^a	B 0,14 ^a
C17:1	A 0,00 ^a	A 0,00 ^a	B 0,11 ^a	AB 0,06 ^b	A 0,01 ^a	B 0,12 ^a	A 0,08 ^b	A 0,08 ^b	B 0,23 ^b
C18:0	B 2,68 ^a	B 2,97 ^a	A 1,68 ^a	B 2,83 ^a	B 3,31 ^a	A 1,67 ^a	A 3,11 ^a	B 3,14 ^a	A 1,86 ^b
C18:1	B 77,85 ^a	A 61,64 ^b	A 62,43 ^a	C 75,50 ^a	A 56,79 ^a	B 63,23 ^a	A 78,46 ^a	A 62,80 ^b	B 67,51 ^b
C18:2	A 4,13 ^a	C 17,40 ^{ab}	B 15,49 ^c	A 6,01 ^a	C 20,80 ^b	B 14,28 ^b	A 4,60 ^a	C 16,31 ^a	B 11,51 ^a
C18:3	AB 0,86 ^a	B 0,94 ^a	A 0,71 ^a	AB 0,77 ^a	B 0,96 ^a	A 0,63 ^a	A 0,86 ^a	B 0,92 ^a	A 0,65 ^a
C20:0	B 0,29 ^a	B 0,30 ^a	A 0,24 ^a	AB 0,29 ^a	B 0,31 ^a	A 0,22 ^a	A 0,40 ^b	C 0,48 ^b	A 0,35 ^b
C20:1	A 0,24 ^{ab}	A 0,20 ^a	A 0,25 ^a	A 0,20 ^a	A 0,20 ^a	B 0,27 ^a	A 0,27 ^b	A 0,21 ^a	B 0,30 ^a
C22:0	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a
C24:0	A 0,09 ^a	A 0,08 ^a	A 0,05 ^a	A 0,07 ^a	A 0,09 ^a	A 0,10 ^b	A 0,08 ^a	A 0,10 ^a	A 0,10 ^b

Tabla IV.29. Contenido medio de ácidos grasos (expresados en %) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor de las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina” durante las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09.

Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades para una misma campaña y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas significativas entre campañas para una misma variedad. $P < 0,05$.

Como se observa en la Tabla IV.29 el ácido graso saturado mayoritario en todas las variedades es el ácido palmítico. Dicho ácido presenta, salvo en la campaña 2008/09 y para la variedad “Picual” (11,28%), valores superiores al 12% del total de ácidos grasos. La variedad “Arbequina”, para las tres campañas analizadas, es la que presenta un porcentaje más elevado, diferenciándose significativamente, junto con la variedad “Cornezuelo”, de la “Picual” que es la que presenta menor porcentaje de este ácido graso. Únicamente en la campaña 2006/07 se han encontrado diferencias significativas entre las tres variedades.

Del resto de ácidos grasos saturados [ácido margárico (C_{17:0}), esteárico (C_{18:0}), aráquico (C_{20:0}), behénico (C_{22:0}) y lignocérico (C_{24:0})] en todas las variedades y campañas analizadas se han obtenido valores que se encuentran dentro del rango establecido por el Reglamento (UE) N° 61/2011 de la Comisión. La variedad arbequina presentó para el ácido margárico valores significativamente más elevados (0,11%; 0,14%) que los encontrados en las variedades “Picual” (0,03%; 0,03%) y “Cornezuelo” (0,03%; 0,07%) en las campañas oleícolas 2006/07 y 2008/0, respectivamente; para ácido esteárico presentó valores significativamente más bajos (1,68%; 1,67%) que los encontrados en las otras dos variedades [“Picual”(2,68%; 2,83%) y “Cornezuelo”(2,97%; 3,31%) en las campañas 2006/07 y 2007/08; para el ácido aráquico presentó en la campaña 2006/07 valores significativamente más bajos (0,24%) que en las variedades “Picual” (0,29%) y “Cornezuelo” (0,30%), como también lo hizo en las campañas 2007/08 (0,31%) y 2008/09 (0,48%), con la variedad “Cornezuelo”. Por el contrario para el ácido behénico no se encontraron diferencias significativas ni entre variedades ni campañas..

Respecto a los ácidos grasos monoinsaturados, el ácido oleico (C_{18:1}) es, y con diferencia, el más abundante en todas las variedades, con valores medios que van desde el 56,79% en la variedad “Cornezuelo” y campaña 2007/08 al 78,46% en la variedad “Picual” y campaña 2008/09. Solo en la campaña 2006/07 se encuentran diferencias significativas entre las tres variedades; aún así, en todas las campañas, el mayor contenido en oleico se da en los aceites de la variedad “Picual” seguido de los de “Arbequina” y por último “Cornezuelo”. El contenido en oleico para las tres variedades se encuentra dentro del rango establecido por el Reglamento citado anteriormente

Rondanini et al. (2011) establecieron una clasificación de variedades atendiendo a su contenido en ácido graso oleico de manera que por un lado se encuentran aquellas variedades con porcentajes inferiores al 55% (“variedades de bajo oleico”), una situación intermedia con porcentajes entre 55-65% (“variedades de medio oleico”) y por último variedades con alto contenido en ácido oleico (“variedades de alto oleico”), aquellas por encima el 65%. Según lo anterior, la variedad “Picual” es una “variedad de alto oleico” y “Cornezuelo” y “Arbequina” son “variedades de medio oleico”.. Resultados similares fueron encontrados, para las variedades “Picual” y “Arbequina”, por dicho autor. De igual forma, Pardo et al. (2013) en su estudio de las variedades de “Campos de Hellín”, obtuvo porcentajes similares en la variedad “Picual” corroborando, como en nuestro caso, que es la “Picual” una de las variedades

españolas con un mayor contenido en ácido oleico y en contraposición, un menor porcentaje en ácido linoleico.

La variedad “Arbequina” para los ácidos grasos monoinsaturados menores: palmitoleico (C16:1), margaroleico (C17:1) y gadoleico (C20:1), y, para la mayoría de las campañas analizadas, presentó valores significativamente más altos que las otras dos variedades estudiadas.

Dentro de los ácidos grasos poliinsaturados el ácido linoleico (C18:2) es el mayoritario estando el rango de los porcentajes obtenidos entre el 4,13% de la variedad “Picual” en la campaña 2006/07 y el 20,80% de la “Cornezuelo” en la campaña 2007/08. Se han encontrado en las tres campañas analizadas diferencias significativas entre las tres variedades,, destacando la variedad “Cornezuelo” con los valores más altos seguida de la “Arbequina” y, en tercer lugar y con valores muy por debajo de las dos primeras, la variedad “Picual”.

Al estudiar el comportamiento de cada variedad en las distintas campañas estudiadas, no se encuentran diferencias significativas entre campañas en el caso de la variedad “Picual”, en la variedad “Cornezuelo” la campaña 2007/08 difiere de la 2008/09 y en la variedad “Arbequina” el análisis estadístico (Anova) encuentra diferencias entre las tres campañas, siendo la campaña oleícola 2006/07 la que presenta valores más elevados.

El ácido graso linolénico (C18:3) es, cuantitativamente, el segundo ácido graso poliinsaturado presente en un aceite de oliva virgen extra con valores muy por debajo del ácido linoleico y siempre inferiores al 1% estipulado en Reglamento (UE) N° 61/2011 de la Comisión. En este trabajo dicho ácido mostró, para las tres campañas estudiadas, diferencias significativas entre la variedad “Cornezuelo” (mayor contenido) y la variedad “Arbequina”.

Respecto a la implicación de la presencia de los ácidos grasos linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3) es conocido su papel no sólo desde el punto de vista nutricional (ácidos grasos esenciales en la dieta humana) sino también por su contribución en los atributos “frutado verde” y “amargo” de los aceites, ya que los compuestos responsables de estos atributos son producidos a partir de estos ácidos grasos a través de la ruta de la lipoxigenasa (Morales y Aparicio, 1999; Diraman et al., 2011)

Como ya han estudiado numerosos autores, las diferencias en la composición del perfil ácido de los aceites de oliva se debe principalmente a los ácidos grasos palmítico, oleico y linoleico (López et al., 2013; Rondanini et al., 2011; Pardo et al., 2013). Existe una relación negativa entre el ácido palmítico y linoleico con el ácido oleico, de modo que variedades con altos valores en ácido oleico presentan valores inferiores en el ácido palmítico y linoleico y viceversa. En este sentido los aceites de oliva griegos, italianos, turcos y españoles se caracterizan por presentar bajos porcentajes en palmítico y linoleico y altos en oleico, mientras que en aceites tunecinos sucede lo contrario (Diraman, 2010; Ollivier et al., 2003). Esta relación negativa se corrobora con nuestras variedades en estudio, de modo que la variedad “Picual” que presenta mayor contenido en oleico, valores medios de 77,27% para las tres campañas, frente al encontrado para “Cornezuelo” (60,41%) y “Arbequina” (64,39%), fue la variedad que presentó menor porcentaje en palmítico (12,26%) frente a los encontrados en “Cornezuelo” (15,21%) y “Arbequina” (16,54%); y también en linoleico (4,9%) frente a un 18,17% y 13,76% encontrado en “Cornezuelo” y “Arbequina”, respectivamente.

En la Tabla IV.30 se presentan los porcentajes medios de ácidos grasos encontrados en las muestras de aceite de oliva virgen extraídas mediante el sistema abencor vs aquellas procedentes de almazara industrial.

SISTEMA DE EXTRACCIÓN	PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA		SD	EEM
	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA		
C16:0	A 12,19 ^a	A 11,14 ^a	B 15,16 ^a	B 14,35 ^a	C 16,50 ^a	C 16,34 ^a	2,22	0,21
C16:1	A 0,91 ^a	A 0,93 ^a	A 1,08 ^a	A 1,16 ^a	B 1,71 ^a	B 1,87 ^a	0,46	0,04
C17:0	A 0,03 ^a	A 0,04 ^a	A 0,06 ^a	AB 0,08 ^a	B 0,12 ^a	B 0,11 ^a	0,06	0,01
C17:1	A 0,05 ^a	A 0,06 ^a	A 0,03 ^a	A 0,04 ^a	B 0,15 ^a	B 0,14 ^a	0,08	0,01
C18:0	A 2,88 ^a	A 2,94 ^a	A 3,13 ^a	A 3,23 ^a	B 1,74 ^a	B 1,66 ^a	0,74	0,07
C18:1	A 77,39 ^a	A 79,55 ^a	B 60,70 ^a	B 62,78 ^a	C 64,50 ^a	B 64,24 ^a	7,75	0,75
C18:2	A 4,85 ^a	A 3,83 ^a	B 17,96 ^a	B 16,69 ^a	C 13,71 ^a	C 14,12 ^a	5,89	0,57
C18:3	A 0,83 ^b	A 0,68 ^a	B 0,94 ^b	B 0,80 ^a	C 0,67 ^b	C 0,61 ^a	0,17	0,02
C20:0	AB 0,33 ^a	A 0,31 ^a	A 0,37 ^a	A 0,33 ^a	B 0,27 ^a	B 0,23 ^a	0,09	0,01
C20:1	A 0,24 ^a	A 0,21 ^a	B 0,20 ^a	A 0,21 ^a	C 0,27 ^a	B 0,26 ^a	0,05	0,00
C22:0	A 0,10 ^a	B 0,10 ^a	0,00	0,00				
C24:0	A 0,08 ^a	A 0,06 ^a	A 0,09 ^a	A 0,08 ^a	A 0,08 ^a	A 0,05 ^a	0,04	0,00

Tabla IV.30. Contenido medio de ácidos grasos (expresado en %) en AOV obtenido mediante sistema Abencor y Almazara industrial en las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre sistemas de extracción para una misma variedad. P<0,05. SD: Desviación estándar típica de la media. EEM: Error típico estándar de la media.

Al observar los datos que aparecen en la Tabla IV.30 se aprecia la importancia que el sistema de extracción ejerce sobre el ácido linolénico (C18:3) presentando diferencias significativas entre ambos sistemas para todas las variedades, correspondiendo a las muestra procedentes de almazara industrial valores inferiores que aquellas extraídas por el sistema abencor. Esto puede ser debido al efecto que la temperatura de batido tiene sobre el perfil de ácidos grasos. Los ácidos grasos poliinsaturados son los más inestables frente a las altas temperaturas y es por ello que los aceites procedentes de almazaras industriales, donde se utilizan temperaturas más altas o mayor tiempo de batido con el consiguiente aumento de la temperatura de la pasta por fricción, pueden presentar valores inferiores de poliinsaturados, al ser los primeros en ser atacados por las enzimas lipasas.

Entre variedades, y en los ácidos grasos mayoritarios (palmítico, oleico y linoleico) el análisis estadístico encuentra diferencias significativas tanto en el sistema abencor como en almazara industrial para el palmítico y el linoleico, mientras que para el oleico estas diferencias entre variedades se dan sólo en los aceites elaborados en abencor. Para la mayoría de los ácidos grasos no se encuentran diferencias significativas debidas al sistema de elaboración.

En cualquier estudio de caracterización de aceites de oliva a partir de su perfil en ácidos grasos, se vienen utilizando relaciones y sumatorios de estos compuestos con el objeto de simplificar y mejorar dicha caracterización. En este trabajo (Tablas IV.31 y IV.32) se han utilizado: sumatorio de ácidos grasos saturados (Σ AGS), sumatorio de ácidos grasos insaturados (Σ AGI), relación sumatorio ácidos grasos insaturados/saturados (Σ AGI/ Σ AGS), sumatorio ácidos grasos monoinsaturados (Σ AGMI), sumatorio ácidos grasos poliinsaturados (Σ AGPI); relación sumatorio ácidos grasos monoinsaturados/saturados (Σ AGMI/ Σ AGS), relación sumatorio ácidos grasos monoinsaturados/poliinsaturados (Σ AGMI/ Σ AGPI) y, por último, las relaciones palmítico/oleico y oleico/linoleico que dan información sobre el equilibrio de un aceite y su estabilidad oxidativa (Tous y Romero, 1993; Oueslati et al., 2009; Diraman, 2010).

Al analizar los datos de la Tabla IV.31 se aprecian diferencias significativas entre ambos sistemas en las variedades “Picual” y “Cornezuelo” en los AGS totales (Σ AGS) y en los ratios Σ AGI/ Σ AGS y Σ AGMI/ Σ AGS, mientras que en la variedad “Arbequina” no existen

diferencias significativas entre el sistema abencor y la almazara industrial para ninguno de los sumatorios y ratios indicados. Además Σ AGMI, Σ AGPI y el ratio C16:0/C18:2 presentan diferencias significativas para las tres variedades tanto en el sistema de elaboración Abencor como en el sistema industrial, y, del mismo modo, el ratio (C18:2/C18:3) diferencia significativamente la variedad “Picual” de las otras dos variedades. Estos valores también corroboran lo expuesto por algunos autores de que el ratio entre ácidos grasos insaturados (C18:2/C18:3) pueden contribuir a la caracterización del cultivar (Ollivier et al., 2006; Zarrouk et al., 2009; Piravi et al., 2012; Topi et al., 2012).

SISTEMA EXTRACCIÓN	PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA		SD
	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA	
Σ AGS	A 15,63 ^b	A 14,58 ^a	B 18,90 ^b	B 18,17 ^a	B 18,82 ^a	B 18,53 ^a	1,90
Σ AGI	A 78,59 ^a	A 80,80 ^a	B 62,05 ^a	B 64,18 ^a	C 66,63 ^a	B 66,50 ^a	7,53
Σ AGI/ Σ AGS	A 5,07 ^a	A 5,56 ^b	B 3,30 ^a	B 3,54 ^b	B 3,56 ^a	B 3,60 ^a	0,89
Σ AGMI	A 78,59 ^a	A 80,80 ^a	B 62,05 ^a	B 64,18 ^a	C 66,63 ^a	B 66,50 ^a	7,53
Σ AGPI	A 5,68 ^a	A 4,50 ^a	B 18,91 ^a	B 17,48 ^a	C 14,37 ^a	C 14,74 ^a	5,91
Σ AGMI/ Σ AGS	A 5,07 ^a	A 5,56 ^b	B 3,30 ^a	B 3,54 ^b	B 3,56 ^a	B 3,60 ^a	0,89
Σ AGMI/ Σ AGPI	A 15,55 ^a	A 18,11 ^a	B 3,41 ^a	B 3,81 ^a	B 4,74 ^a	B 4,56 ^a	5,92
C16:0/C18:2	A 2,84 ^a	A 2,94 ^a	B 0,88 ^a	B 0,89 ^a	C 1,22 ^a	C 1,17 ^a	0,93
C18:2/C18:3	A 6,09 ^a	A 5,70 ^a	B 19,38 ^a	B 20,86 ^a	B 21,07 ^a	B 23,30 ^a	7,81

Tabla IV.31 Sumatorios y relación de ácidos grasos de las muestras obtenidas mediante sistema Abencor y Almazara industrial en las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina”. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre sistemas de extracción para una misma variedad. P<0,05. SD: Desviación estándar típica de la media.

La estabilidad oxidativa de los aceites de oliva está muy influenciada por su contenido en antioxidantes naturales (fenoles totales) y su porcentaje en ácidos grasos monoinsaturados. Elevados porcentajes de ácidos grasos monoinsaturados contribuyen al mantenimiento de la calidad de un aceite además de tener un efecto beneficioso para la salud (Abu-Reidhale et al., 2013). Mientras más elevado sea el ratio Σ AGMI/ Σ AGPI, mayor contenido en ácido oleico presentará un aceite y más estable en el tiempo será. En este sentido y como se observa en la la Tabla IV.30 de entre todas las variedades estudiadas es la “Picual”, como cabía esperar dado el alto porcentaje en oleico y bajo en linoleico, la que presenta mayor ratio (18,11)

mientras que en las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” se encuentran valores de este ratio significativamente inferiores, en torno a 4., siendo los aceites de estas dos variedades más inestables que los aceites de “Picual”, coincidiendo con lo expuesto en el apartado de fenoles totales (IV.2.2.1). Estos mismos resultados fueron encontrados por otros autores (Beltrán et al., 2000; Motilva et al., 2001; López et al., 2013; Rondinini et al., 2011; Pardo et al., 2013).

Si estudiamos la influencia de la campaña en estos ratios (Tabla IV.32) se observa que son en las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” en las que el factor campaña influye significativamente en mayor número de estos sumatorios y ratios (Σ AGI, Σ AGI/ Σ AGS, Σ AGMI y Σ AGPI), siendo en las campañas 2007/08 y 2008/09 donde se dan los valores más bajos. Ello podría justificarse por los datos agroclimáticos de las campañas estudiadas (Tabla III.1) en los que se observa que las campañas 2007/08 y 2008/09 fueron climatológicamente más secas con precipitaciones de 368mm y 327 mm, respectivamente frente a 937mm de la campaña 2006/07, y más frías durante la época de maduración del fruto con un número de horas de frío de 169h y 221h, frente a 104h para la campaña 2006/07.

	CAMPAÑA 2006/2007			CAMPAÑA 2007/2008			CAMPAÑA 2008/2009		
	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA
Σ AGS	A 15,03 ^a	B 18,82 ^a	B 18,93 ^a	A 16,29 ^a	B 19,63 ^a	B 19,19 ^a	A 15,02 ^a	B 18,80 ^a	B 18,43 ^a
Σ AGI	B 84,14 ^a	A 81,36 ^b	A 80,82 ^a	C 83,57 ^a	A 80,14 ^a	B 80,50 ^a	C 84,94 ^a	A 81,19 ^b	B 81,55 ^a
Σ AGI/ Σ AGS	B 5,37 ^a	A 4,43 ^b	A 4,27 ^a	B 5,16 ^a	A 4,08 ^a	A 4,20 ^a	B 5,68 ^a	A 4,34 ^b	a 4,48 ^a
Σ AGMI	B 79,17 ^a	A 63,01 ^b	A 64,65 ^a	C 76,77 ^a	A 58,37 ^a	B 65,58 ^a	C 79,50 ^a	A 63,96 ^b	A 69,40 ^b
Σ AGPI	A 4,97 ^a	C 18,35 ^{ab}	B 16,17 ^c	A 6,80 ^a	C 21,77 ^b	B 14,93 ^b	A 5,44 ^a	C 17,23 ^a	B 12,15 ^a
Σ AGMI/ Σ AGS	B 5,06 ^a	A 3,43 ^b	A 3,42 ^a	B 4,76 ^a	A 2,98 ^a	A 3,42 ^a	B 5,32 ^a	A 3,42 ^b	A 3,82 ^a
Σ AGMI/ Σ AGPI	B 16,13 ^a	A 3,50 ^{ab}	A 4,01 ^a	B 14,26 ^a	A 2,78 ^a	A 4,40 ^a	B 16,03 ^a	A 3,82 ^b	A 5,73 ^b
C16:0/C18:2	B 3,07 ^a	A 0,88 ^a	A 1,08 ^a	B 2,71 ^a	A 0,78 ^a	A 1,19 ^a	B 2,74 ^a	A 0,95 ^a	A 1,39 ^b
C18:2/C18:3	A 5,01 ^a	B 18,94 ^a	B 22,38 ^a	A 7,58 ^a	B 22,11 ^a	B 22,87 ^a	A 5,89 ^a	B 17,70 ^a	B 18,41 ^b

Tabla IV.32. Sumatorio y relaciones de ácidos grasos de las muestras obtenidas mediante sistema Abencor de las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina” durante las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades para una misma campaña y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre campañas para una misma variedad. P<0,05.

De todo lo expuesto anteriormente se concluye que el perfil de ácidos grasos, en especial los ácidos grasos mayoritarios: palmítico, oleico y linoleico permite establecer claras

diferencias varietales y que tanto el sistema de extracción como el año agrícola influyen levemente en el perfil ácido de un aceite.

IV.2.3.2. Triglicéridos.

La composición glicérida de los aceites está constituida especialmente por los triglicéridos, diferenciados por el grado de insaturación y su distribución en las diferentes moléculas (Osorio et al., 2003). Los triglicéridos están compuestos por tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol por medio de un enlace éster. Las propiedades físicas y químicas de los aceites están influenciadas por el tipo y la posición de los ácidos grasos en el glicerol. La mayoría de los ácidos grasos siguen un patrón en el que el ácido graso que ocupa la posición central en la molécula de glicerol siempre es un ácido graso insaturado, generalmente el ácido oleico.

Los triglicéridos se agrupan en función de su ECN (equivalent carbon number), el cual se define como:

$$\text{ECN} = \text{CN} - 2n$$

donde *CN* es el número de carbonos acilos (en las cadenas grasas) y *n* la suma de los enlaces dobles presentes en los ácidos grasos que componen el triglicérido.

El aceite de oliva se caracteriza por cuatro picos cromatográficos mayoritarios con ECN 44, 46, 48 y 50. El ECN 42 está presente en muy bajas cantidades, siendo este grupo el mayoritario en aceites de semilla como girasol, soja y lino.

El conocimiento del perfil triglicérido se ha utilizado no solo como una medida de la calidad y pureza de los aceites de oliva y su diferenciación de otros tipos de grasas y aceites (Flor et al., 1993) sino también para diferenciarlos por su zona de producción (Ollivier et al., 2003; Ollivier et al., 2006) o por la variedad de aceituna utilizada (Osorio et al., 2003; Mateos et al., 2005; Haddada et al., 2007; Baccouri et al., 2008; Ruíz et al., 2011).

Al analizar los porcentajes medios de triglicéridos para cada una de las variedades utilizadas en las tres campañas estudiadas, de los diecisiete picos que corresponden a

triglicéridos y mezclas de ellos (Tabla IV.33), se observa que los triglicéridos mayoritarios son OOO, POO y OLO en las tres variedades y con valores muy similares para las tres campañas.

El porcentaje medio de trioleína (OOO) para la variedad “Picual”, en las tres campañas analizadas, corresponde aproximadamente a un 43,73%, del mismo orden que los señalados por García et al. (2008) en “Picual” de Jaén e inferiores a los encontrados por Cunha et al. (2005) en las variedades portuguesas “Cobrançosa”, “Madural” y “Verdeal”, con porcentajes del 57,57%, 50,52% y 66,81%, respectivamente. Respecto a este triglicérido cabe destacar que se han encontrado diferencias significativas entre las tres variedades en dos de las campañas estudiadas, alcanzando la variedad “Picual” contenidos en este triglicérido que duplican (campañas 2006/07 y 2008/09) los encontrados en las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” El porcentaje de OOO oscila entre 37,15%-49,96% para la “Picual”, 22,84%-25,90% para “Cornezuelo” y 24,40%-32,83% para la “Arbequina”, valores similares a los citados por otros autores para la variedad “Picual” y “Arbequina” y algo más bajos para la “Cornezuelo” (Aranda et al., 2004; Osorio et al., 2003).

ECN	CAMPAÑA 2006/2007						CAMPAÑA 2007/2008						CAMPAÑA 2008/2009					
	PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA		PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA		PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA	
ECN 38	LLnLn	A 1,16 ^a	B 0,63 ^a	C 0,28 ^a	A 1,02 ^a	AB 0,67 ^a	B 0,51 ^a	A 0,83 ^a	A 0,67 ^a	B 0,23 ^a								
ECN 40	LLLn	A 0,01 ^a	A 0,01 ^a	A 0,01 ^a	AB 0,03 ^a	A 0,05 ^b	B 0,01 ^a	A 0,04 ^a	A 0,05 ^b	A 0,02 ^a								
ECN 42	LLL	A 0,06 ^a	B 0,47 ^a	B 0,39 ^a	A 0,29 ^b	B 0,69 ^a	A 0,27 ^a	A 0,07 ^a	B 0,38 ^b	AB 0,19 ^a								
	OLLn	A 0,20 ^a	B 0,57 ^a	C 0,46 ^a	A 0,32 ^b	B 0,54 ^{ab}	A 0,37 ^{ab}	A 0,16 ^a	B 0,47 ^b	C 0,28 ^b								
	PLLn	A 0,05 ^a	B 0,20 ^a	B 0,18 ^a	A 0,11 ^b	B 0,22 ^a	A 0,12 ^a	A 0,06 ^{ab}	B 0,19 ^a	B 0,18 ^a								
	SUMA	A 0,32 ^a	B 1,25 ^{ab}	B 1,02 ^a	A 0,72 ^b	B 1,44 ^a	A 0,76 ^{ab}	A 0,29 ^a	B 1,04 ^b	C 0,65 ^b								
ECN 44	LLO	A 0,53 ^a	B 5,01 ^a	B 4,51 ^a	A 2,45 ^b	B 5,73 ^a	A 3,74 ^b	A 0,52 ^a	B 4,85 ^a	C 3,18 ^a								
	OLnO	A 1,75 ^a	B 3,49 ^{ab}	B 2,89 ^a	A 2,46 ^b	B 3,73 ^a	A 2,44 ^{ab}	A 1,66 ^a	B 3,05 ^b	A 1,93 ^b								
	PLL	A 0,71 ^a	A 0,80 ^a	A 0,77 ^a	A 0,69 ^a	A 0,74 ^a	A 0,72 ^a	A 0,63 ^a	A 0,62 ^a	A 0,56 ^a								
	SUMA	A 2,99 ^a	B 9,30 ^a	B 8,16 ^a	A 5,59 ^b	B 10,21 ^a	A 6,89 ^{ab}	A 2,81 ^a	B 8,51 ^a	C 5,67 ^b								
ECN 46	OLO	A 7,44 ^a	B 16,71 ^a	B 15,93 ^a	A 10,68 ^b	B 16,59 ^a	B 15,45 ^a	A 6,98 ^a	B 17,46 ^a	B 15,64 ^a								
	PLO+SLL	A 3,61 ^a	B 12,47 ^a	B 13,20 ^a	A 7,59 ^b	B 13,28 ^a	C 10,93 ^b	A 2,94 ^a	B 11,70 ^a	C 9,73 ^b								
	PPL	A 0,44 ^a	B 1,57 ^a	B 2,01 ^a	A 1,18 ^b	A 1,87 ^a	A 1,41 ^b	A 0,19 ^a	B 1,34 ^a	B 1,14 ^b								
	SUMA	A 11,49 ^a	B 30,75 ^a	B 31,13 ^a	A 19,45 ^b	B 31,75 ^a	B 27,79 ^{ab}	A 10,11 ^a	B 30,51 ^a	C 26,50 ^b								
ECN 48	OOO	A 44,09 ^a	B 23,81 ^a	B 24,44 ^a	A 37,15 ^b	B 22,84 ^a	C 29,09 ^{ab}	A 49,96 ^c	B 25,90 ^a	C 32,83 ^b								
	POO	A 28,62 ^a	B 23,56 ^a	B 25,14 ^a	A 25,69 ^b	B 22,90 ^a	AB 25,05 ^a	A 24,59 ^b	A 22,67 ^a	A 24,79 ^a								
	PPO	A 4,18 ^a	A 4,89 ^a	B 6,03 ^a	A 4,22 ^a	A 5,09 ^a	A 5,16 ^{ab}	A 2,86 ^b	B 4,23 ^a	B 4,51 ^b								
	PPPP	A 0,54 ^a	A 0,36 ^a	A 0,43 ^a	A 0,40 ^a	A 0,27 ^a	A 0,44 ^a	A 0,56 ^a	A 0,30 ^a	A 0,55 ^a								
ECN 50	SUMA	A 77,43 ^a	B 52,62 ^a	B 56,05 ^a	A 67,45 ^b	B 51,11 ^a	C 59,73 ^{ab}	A 77,97 ^a	B 53,10 ^a	C 62,67 ^b								
	SOO	A 5,32 ^a	B 3,96 ^{ab}	C 2,43 ^a	A 5,01 ^a	B 3,39 ^a	B 3,24 ^a	A 6,57 ^b	B 4,51 ^b	C 3,20 ^a								
	SLS+POS	AB 1,29 ^a	A 1,47 ^a	B 0,92 ^a	A 1,45 ^a	A 1,38 ^a	A 1,08 ^a	AB 1,37 ^a	A 1,60 ^a	B 1,05 ^a								
	SUMA	A 6,61 ^a	B 5,43 ^{ab}	C 3,35 ^a	A 6,46 ^a	B 4,77 ^a	B 4,32 ^a	A 7,94 ^b	B 6,11 ^b	C 4,25 ^a								

Tabla IV .33. Contenido medio en triglicéridos (en % y agrupados en su número de carbonos equivalentes: ECN) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor de las variedades “Picual”, “Cornezuelo” y “Arbequina” durante las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades para una misma campaña y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre campañas para una misma variedad. P<0,05.

En sentido contrario, las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” en cuanto al contenido en el triglicérido OLO difieren significativamente respecto a la variedad “Picual”, llegando incluso a duplicar su concentración en las campañas 2006/07 y 2008/09. Ouni et al. (2011) han encontrado para el triglicérido OLO en la variedad tunecina “Oueslati” porcentajes comprendidos entre 18,77%-25,39%, dependiendo que la variedad estuviera implantada en la región centro o sur del país, claramente superiores a los valores medios encontrados para este triglicérido en nuestro estudio, con porcentajes medios del 8,36% en la variedad “Picual”, 16,92% en “Cornezuelo” y 15,67% en “Arbequina”. Poiana et al. (1996) encontraron para la variedad italiana “Carolea” contenidos que oscilan en el intervalo 11,57%-15,20%, del orden de los encontrados en este estudio para la variedad “Cornezuelo” y “Arbequina”.

El tercer triglicérido englobado dentro de los mayoritarios (POO) solo ha presentado diferencias significativas entre la variedad “Picual” y las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” en la campaña 2006/07. Siendo en esta campaña en la que la variedad “Picual” presentó valores más altos. Lo expuesto anteriormente concuerda con el estudio realizado por algunos autores que clasifican la variedad “Picual” en un grupo distinto al de la “Arbequina” (Ruiz et al., 2011) y al de la “Cornezuelo” (Osorio et al., 2003).

Dentro de los triglicéridos secundarios (LLO, OLnO, PLO+SLL, PPO, SOO y SLS+POS) destaca la diferencia en el contenido de LLO, OLnO, PPO y sobre todo de PLO+SLL que existe entre la “Picual” y las otras dos variedades (“Cornezuelo” y “Arbequina”). En general, la variedad “Picual” presenta para las tres campañas analizadas valores significativamente más bajos que las otras dos variedades. En el caso de la mezcla de triglicéridos PLO+SLL, y en las campañas 2007/08 y 2008/09, se han encontrado diferencias significativas entre las tres variedades, siendo a la variedad “Cornezuelo” la que presenta los porcentajes significativamente más elevados..

La relación entre el porcentaje de PLO+SLL y la trioleína (OOO) ha sido estudiada por varios autores en distintas variedades (Osorio et al., 2003, Aranda et al., 2004; Stefanoudaki et al., 1999), encontrando una relación inversa entre ambos triglicéridos tal y como ocurre en las variedades estudiadas. Así, la variedad “Picual” con mayor porcentaje en trioleína (OOO), valor medio de 43,73%, para las tres campañas, es la que presenta menor porcentaje en PLO+SLL (4,71%), mientras que “Arbequina” y “Cornezuelo” con porcentajes

en trioleína inferiores, 28,79% y 24,18%, respectivamente, presentan mayores porcentajes en PLO+SLL, 11,28% y 12,48%, respectivamente. Sánchez et al. (2001) encuentran para las variedades “Morisca” y “Verdial de Badajoz”, cuyos contenidos en trioleína (000) son bajos, contenidos medios en PLO+SLL que superan el 9%. Haddada et al. (2007) en variedades tunecinas como “Regregui” y “Rekham”, señalan bajos porcentajes en trioleína, 25,54% y 34,07%, respectivamente y valores que superan el 12% en PLO+SLL.

La trilinoleína (LLL) es uno de los triglicéridos clave para la detección de fraudes en los aceites de oliva virgen. Un porcentaje elevado del mismo indica adulteración con otros aceites de semilla, tipo girasol y colza, donde este triglicérido presenta valores en torno al 20% y al 11%, respectivamente (Cunha et al., 2006). Es por ello que se establece en el Reglamento de la Unión Europea (CE N° 1989/2003) un límite máximo de 0,5% para aceites de oliva virgen y que actualmente ha sido sustituido por la fracción ECN42. Los contenidos medios obtenidos en las distintas variedades fueron, para la campaña 2006/07, significativamente diferentes entre “Picual” (0,06%) y las otras dos variedades “Cornezuelo” (0,47%) y “Arbequina” (0,395); en la campaña 2007/08 fue la variedad “Cornezuelo” la que presentó diferencias significativas respecto a las otras dos y en la campaña 2008/09 la variedades “Picual” y “Cornezuelo” mostraron diferencias significativas. En todas las campañas fue la variedad “Cornezuelo” la que presentó valores más elevados, sobrepasando el límite del 0,5% en la campaña 2007/08. Estos valores no resultan extraños si nos fijamos en el porcentaje de ácido linoleico obtenido para esa variedad y en esa misma campaña (20,80%). Además, es sabido que el perfil de ácidos grasos y en consecuencia el de triglicéridos se ven afectados por factores como latitud, condiciones climáticas, variedad y grado de madurez del fruto. El límite de ácido linoleico (C18:2) establecido por Reglamento (UE) N° 61/2011 de la Comisión de 24 de enero de 2011 por el que se modifica el Reglamento (CEE) N° 2568/91 es de 3,5%-21% estando en todo momento la variedad “Cornezuelo” dentro del rango. Puede ser entonces que este valor tan elevado de LLL se deba a factores geográficos y de clima como aparece en el estudio realizado por Longobardi et al., (2012) con aceites de oliva virgen de tres zonas geográficas de Apulia, en el que los aceites de la zona sur y centro duplican y triplican, respectivamente los valores medios encontrados para este triglicérido en la zona norte.

Como se observa en la Tabla IV.33 los ECN, cuantitativamente más representativos, corresponden a ECN 44, 46, 48 y 50. Los ECN 38, 40 y 42 se encuentran en muy bajos porcentajes. El ECN 48 es el mayoritario en todas las variedades. Su porcentaje oscila entre el 67,45%-77,97% para la variedad "Picual"; entre el 51,11%-53,10% para la "Cornezuelo" y entre el 56,05%-62,67% para la "Arbequina". Respecto a este ECN se han encontrado diferencias significativas entre variedades, de modo que, en la campaña 2006/07 la variedad "Picual" es significativamente diferente a "Cornezuelo" y "Arbequina" y en las otras dos campañas se han encontrado diferencias significativas entre las tres variedades. La variedad "Picual" es la que en todas las campañas presenta los mayores porcentajes. Respecto al efecto campaña solo la variedad "Picual" mostró diferencias significativas, siendo en la campaña 2007/08 donde se obtuvieron los valores más bajos.

El ECN 46 presenta intervalos de porcentajes superiores en las variedades "Cornezuelo" (30,51%-31,75%) y "Arbequina" (26,50% -31,13%) frente a los encontrados en "Picual" (10,11%-19,45%), debido a los altos porcentajes del PLO+SLL que presentan las variedades "Cornezuelo" y "Arbequina", ya mencionado anteriormente. El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre la y las variedades "Cornezuelo" y "Arbequina" en las campañas 2006/07 y 2007/08; esta diferencia significativa se da entre las tres variedades en la campaña 2008/09.

En general, por orden de importancia cuantitativa, el ECN mayoritario es el 48 seguido del ECN 46, 44 y 50 para las variedades "Cornezuelo" y "Arbequina" y ECN 48, 46, 50 y 44 para la "Picual", esta diferencia es debida, principalmente, al porcentaje de LLO obtenido en las distintas variedades. Este orden concuerda con el establecido por Osorio et al. (2003) para las variedades "Cornezuelo" y "Picual".

Al analizar el porcentaje medio de triglicéridos presentes en aceites obtenidos mediante método abencor frente a los extraídos en almazara industrial (Tabla IV.34) se observa que, en general, el sistema de extracción empleado en la elaboración de los aceites no influye en la composición triglicérida de los mismos. Estos resultados son lógicos ya que, como se ha comentado anteriormente, la composición de triglicéridos depende principalmente de la variedad, del estado de maduración y del área geográfica de producción

ECN	SISTEMA DE EXTRACCIÓN	PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA		SD	EEM						
		ABENCOR		ALMAZARA		ALMAZARA									
						ABENCOR	ALMAZARA								
ECN 38	LLnLn	C	1,00 a	C	0,86 a	B	0,66 a	B	0,62 a	A	0,32 a	A	0,29 a	0,33	0,03
ECN 40	LLLn	AB	0,03 a	A	0,01 a	B	0,04 a	B	0,04 a	A	0,01 a	A	0,01 a	0,03	0,00
ECN 42	LLL	A	0,13 a	A	0,04 a	C	0,50 a	B	0,43 a	B	0,28 a	C	0,30 a	0,21	0,02
	OLLn	A	0,22 a	A	0,16 a	C	0,53 b	B	0,44 a	B	0,36 a	B	0,39 a	0,14	0,01
	PLLn	A	0,07 a	A	0,04 a	C	0,20 b	B	0,17 a	B	0,16 a	B	0,16 a	0,07	0,01
	SUMA	A	0,42 a	A	0,24 a	C	1,23 a	B	1,04 a	B	0,81 a	B	0,85 a	0,40	0,04
ECN 44	LLO	A	1,08 a	A	0,70 a	C	5,16 a	B	4,69 a	B	3,79 a	B	4,08 a	1,90	0,18
	OLnO	A	1,92 a	A	1,55 a	C	3,40 a	C	3,06 a	B	2,40 a	B	2,52 a	0,76	0,07
	PLL	A	0,68 b	A	0,55 a	A	0,72 b	AB	0,60 a	A	0,67 a	B	0,63 a	0,14	0,01
	SUMA	A	3,68 a	A	2,79 a	C	9,27 a	B	8,35 a	B	6,86 a	B	7,23 a	2,63	0,25
ECN 46	OLO	A	8,21 a	A	8,32 a	C	16,95 a	B	16,30 a	B	15,69 a	B	16,25 a	4,01	0,38
	PLO+SLL	A	4,52 a	A	3,82 a	B	12,42 b	B	11,14 a	B	11,25 a	B	12,01 a	3,84	0,37
	PPL	A	0,56 a	A	0,29 a	B	1,57 a	B	1,36 a	B	1,51 a	B	1,62 a	0,64	0,06
	SUMA	A	13,29 a	A	12,43 a	B	30,94 b	B	28,79 a	B	28,45 a	B	29,89 a	8,28	0,79
ECN 48	OOO	C	44,27 a	B	47,98 a	A	24,29 a	A	28,05 b	B	28,94 a	A	27,51 a	9,60	0,92
	POO	B	26,25 a	B	25,28 a	A	23,06 a	A	22,70 a	B	24,98 a	B	24,91 a	2,04	0,20
	PPO	A	3,70 b	A	2,90 a	B	4,71 b	B	4,12 a	B	5,20 a	C	5,23 a	1,06	0,10
	PPP	B	0,50 a	B	0,54 a	A	0,31 a	A	0,38 a	B	0,48 b	A	0,38 a	0,14	0,01
	SUMA	C	74,72 a	B	76,70 a	A	52,37 a	A	55,25 a	B	59,60 a	A	58,03 a	10,04	0,96
ECN 50	SOO	C	5,70 a	C	5,87 a	B	4,00 a	B	4,45 b	A	2,95 a	A	2,77 a	1,33	0,13
	SLS+POS	B	1,37 b	A	1,12 a	B	1,49 a	B	1,50 a	A	1,01 a	A	0,93 a	0,31	0,03
	SUMA	C	7,06 a	C	6,99 a	B	5,49 a	B	5,95 a	A	3,96 a	A	3,70 a	1,51	0,14

Tabla IV.34. Contenido medio en triglicéridos (en % y agrupados en su número de carbonos equivalentes: ECN) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor y Almazara industrial en las variedades "Picual", "Cornezuelo" y "Arbequina". Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre sistemas de extracción para una misma variedad. P<0,05. SD: Desviación estándar típica de la media. EEM: Error estándar típico de la media.

IV.II.3.3. Esteroles.

La fracción esterólica del aceite de oliva constituye una auténtica “huella dactilar”, siendo su determinación una herramienta muy eficaz para detectar mezclas fraudulentas de aceites de oliva con aceites de diversas procedencias (García et al., 2007; Ben Temime et al., 2008; Piravi-Vanak et al., 2012). Así el colesterol, en los aceites de oliva, solo está presente en cantidades muy pequeñas; cantidades significativas de campesterol y estigmasterol son indicativas de aceites adulterados con aceites de soja, pepitas de uva y girasol; el brasicasterol está presente en aceites de colza y de mostaza, y ausente o presente a nivel de trazas en el aceite de oliva. Además se utiliza para diferenciar aceites de oliva procedentes de distintas zonas geográficas y estados de maduración (Ouni et al., 2011), origen varietal (Cañabate et al., 2007; Lukic et al., 2013), condiciones de extracción (Gracia, 2001) y conservación (Lukic et al., 2013). E incluso autores como Fiorino et al. (1991) y Lukic et al. (2013) indican que los esteroles estigmasterol y Δ -5-avenasterol son los mejores indicadores para establecer el período óptimo para realizar la recolección de la aceituna.

Los esteroles son también reconocidos como compuestos antiinflamatorios, antibacterianos y con actividades antitumorales ayudando a reducir el colesterol total en sangre, siendo por ello un compuesto muy usado en alimentos funcionales (Ostlund, 2002; Anastasopoulos et al., 2012).

Los esteroles identificados y cuantificados porcentualmente para cada una de las variedades y en las tres campañas estudiadas se muestran en la Tabla IV.35. Como era de esperar para los aceites de oliva virgen, los esteroles de mayor representatividad porcentual son el β -sitosterol, (79,49%-87,8%), Δ -5-avenasterol (4,28%-12,32%) y campesterol (2,31%-3,80%), representando el 95% de la composición esterólica en las tres variedades estudiadas. diversos autores (Sánchez et al., 2004; Rivera del álamo et al., 2004; Amaral et al., 2010; Ben Temime et al., 2008; Vekiari et al., 2010) afirman que estos tres esteroles son los más representativos en los aceites de oliva virgen de las principales variedades españolas y portuguesas.

	CAMPAÑA 2006/2007			CAMPAÑA 2007/2008			CAMPAÑA 2008/2009		
	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA	PICUAL	CORNEZUELO	ARBEQUINA
Colesterol	B 0,18 ^a	A 0,10 ^a	B 0,15 ^a	A 0,14 ^a	A 0,11 ^a	A 0,10 ^a	B 0,17 ^a	A 0,11 ^a	AB 0,13 ^a
24-M-colesterol	A 0,13 ^a	AB 0,23 ^a	B 0,33 ^a	A 0,21 ^a	A 0,24 ^a	A 0,27 ^a	A 0,13 ^a	AB 0,26 ^a	B 0,26 ^a
Campesterol	B 3,16 ^b	A 2,37 ^a	C 3,80 ^a	A 2,83 ^a	A 2,53 ^a	B 3,47 ^a	B 2,99 ^{ab}	A 2,31 ^a	C 3,55 ^a
Campestanol	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	AB 0,11 ^a	A 0,10 ^a	B 0,17 ^b	A 0,10 ^a	A 0,10 ^a	A 0,11 ^{ab}
Estigmasterol	A 0,66 ^a	A 0,68 ^a	B 0,81 ^b	A 0,70 ^a	A 0,73 ^a	A 0,74 ^{ab}	A 0,46 ^a	AB 0,52 ^b	B 0,59 ^a
Δ 7 Campesterol	A 0,40 ^a	A 0,69 ^a	A 0,45 ^a	A 1,00 ^b	A 0,77 ^a	A 1,09 ^b	A 0,72 ^{ab}	A 0,72 ^a	A 0,50 ^a
Clerosterol	A 1,08 ^a	A 1,10 ^a	A 1,08 ^{ab}	A 1,09 ^a	A 1,07 ^a	A 1,14 ^b	A 1,00 ^a	A 1,01 ^a	A 1,00 ^a
β-Sitosterol	B 87,80 ^a	A 81,19 ^a	A 80,51 ^a	B 85,20 ^a	AB 82,94 ^a	A 79,49 ^a	B 87,58 ^a	A 80,51 ^a	A 80,30 ^a
Sitostanol	B 0,94 ^a	A 0,53 ^a	AB 0,59 ^a	A 0,91 ^a	A 0,54 ^a	A 0,74 ^a	B 1,24 ^a	A 0,62 ^a	AB 0,89 ^a
Δ 5-Avenasterol	A 4,28 ^a	B 11,17 ^a	B 10,49 ^a	A 6,37 ^a	AB 9,37 ^a	B 11,09 ^a	A 4,47 ^a	B 12,32 ^a	B 11,13 ^a
Δ 5,24 Estigmastadienol	A 0,46 ^{ab}	B 0,91 ^b	B 0,94 ^a	A 0,59 ^b	AB 0,81 ^{ab}	B 0,94 ^a	A 0,39 ^a	B 0,76 ^a	B 0,80 ^a
Δ 7 Estigmasterol	A 0,36 ^a	A 0,26 ^b	A 0,34 ^a	A 0,37 ^a	A 0,20 ^{ab}	A 0,30 ^a	B 0,36 ^a	A 0,17 ^a	AB 0,26 ^a
D 7 Avenasterol	A 0,45 ^a	B 0,68 ^a	A 0,46 ^a	A 0,53 ^a	A 0,57 ^a	A 0,46 ^a	AB 0,46 ^a	B 0,58 ^a	A 0,44 ^a
Sitosterol Aparente	B 94,54 ^a	B 94,89 ^a	A 93,58 ^a	AB 94,11 ^a	B 94,73 ^a	A 93,36 ^a	B 94,64 ^a	C 95,23 ^a	A 94,09 ^a
Eritrodíol	A 1,60 ^a	C 3,51 ^a	B 2,41 ^a	A 1,97 ^a	A 2,53 ^a	A 2,30 ^a	B 1,60 ^a	B 2,98 ^a	AB 2,31 ^a
Uvaol	B 0,73 ^a	AB 0,46 ^a	A 0,44 ^a	A 0,59 ^a	A 0,36 ^a	A 0,34 ^a	B 0,63 ^a	A 0,43 ^a	AB 0,50 ^a
Eritrodíol + Uvaol	A 2,33 ^a	B 3,97 ^b	A 2,85 ^a	A 2,56 ^a	A 2,90 ^a	A 2,67 ^a	A 2,23 ^a	B 3,40 ^{ab}	AB 2,83 ^a

Tabla IV.35. Contenido medio en esteroides (en %) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor de las variedades "Picual", "Cornezuelo" y "Arbequina" durante las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades para una misma campaña y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre campañas para una misma variedad. $P < 0,05$.

Otros esteroides en menor proporción son estigmasterol, Δ -7-campesterol, clerosterol, sitostanol, Δ -5,24-estigmastadienol, Δ 7-estigmastenol y Δ 7-avenasterol. Los niveles de esteroides obtenidos para los distintos aceites se encuentran dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la UE (Nº 1989/2003) para cada tipo de aceite, estando todos ellos dentro de la categoría de aceite de oliva virgen extra.

El esteroide mayoritario para las tres variedades es el β -sitosterol. Atendiendo a este esteroide las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” presentan valores significativamente diferentes de los encontrados en la variedad “Picual” en las campañas 2006/07 y 2008/09, mientras que en la campaña 2007/08 solo diferencia la variedad “Arbequina” de la “Picual”. Ésta variedad es la que presenta, como valores medios para las tres campañas el porcentaje más elevado (86,86%), seguida de “Cornezuelo” (81,55%) y por último la “Arbequina” (80,10%). Resultados análogos para este esteroide en la variedad “Picual” han sido obtenidos por autores como Sánchez et al. (2004) y Pardo et al. (2007). Por el contrario, el porcentaje de este esteroide ha sido muy diferente al presentado por Haddada et al. (2007) al trabajar con variedades tunecinas como “Chetoui” (77,97%) y “Regregui” (90,24%), lo que indica la gran influencia de este esteroide en el origen varietal. Lukic et al. (2013) al trabajar con variedades croatas refuerza la robustez que aporta el β -sitosterol en el análisis estadístico como indicador del origen varietal. Respecto al factor campaña, para cada variedad, no se han encontrado diferencias significativas.

El segundo fitosteroide en importancia, el Δ -5-avenasterol, al que se le han atribuido en determinadas condiciones actividad antioxidante (Williamson, 1988), también diferencia claramente las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” de la “Picual”, pero esta vez son las dos primeras variedades las que presentan los porcentajes medios más altos: “Cornezuelo” (10,95%), “Arbequina” (10,90%) y “Picual” (5,04%).

Diversos autores (Koutsaftakis et al., 1999) en variedades griegas, (Sánchez et al., 2004) en variedades implantadas en Extremadura, (Haddada et al., 2007) en variedades tunecinas y (Piravi-Vanak et al., 2012) en variedades iraníes han observado la correlación negativa existente entre el β -sitosterol y el Δ -5-avenasterol. Los resultados encontrados en este estudio corroboran esta correlación negativa para las tres variedades estudiadas, de modo que la variedad “Picual” de contenido en β -sitosterol significativamente superior a las otras dos

variedades es la que presenta menor contenido en Δ -5-avenasterol. Ambos esteroides proceden de la pulpa de la aceituna y están muy influenciados por el índice de madurez de la misma, de modo que el contenido de β -sitosterol generalmente decrece durante la maduración del fruto y el del Δ -5-avenasterol incrementa con la misma (Bem Temime et al., 2008), hasta tal punto que Tiscornia et al. (1978) indican que cuando los valores de β -sitosterol son mínimos y los de Δ -5-avenasterol son máximos, durante el ciclo de maduración de la aceituna, sería el momento óptimo de recolección de la aceituna.

Según el análisis estadístico realizado a los datos obtenidos del Δ -5-avenasterol se observa que el porcentaje de éste es significativamente inferior para la variedad “Picual” frente a las otras dos variedades en las campañas 2006/07 y 2008/09. Respecto al efecto campaña, para cada variedad, no se han encontrado diferencias significativas. García et al. (2009) en su estudio realizado a las variedades “Arbequina” y “Empeltre” encuentra una influencia del año sobre los valores de algunos esteroides: campestanol, Δ -5-avenasterol y Δ -7-avenasterol. Esto no es extraño puesto que, al igual que ocurre con el perfil de ácidos grasos y de triglicéridos, la composición esteróica de un aceite de oliva virgen está afectada por diversos factores entre los que se encuentran el índice de madurez del fruto, la variedad, factores agronómicos, zona geográfica y clima. En este sentido, Ouni et al. (2011) al trabajar con la variedad “Oueslati” en diferentes zonas geográficas de Túnez, encontró diferencias significativas para esta variedad según la zona geográfica de cultivo en los esteroides: campesterol, estigmasterol, β -sitosterol, Δ -5-avenasterol y Δ -7-avenasterol.

Los porcentajes medios de campesterol encontrados en las muestras de aceite se encuentran siempre por debajo de límite establecido por la UE ($\leq 4\%$) presentando un rango que va del 2,31% encontrado en la variedad “Cornezuelo” en la campaña 2008/09 al 3,80% obtenido en la “Arbequina” en la campaña 2006/07. Entre variedades, en las campañas 2006/07 y 2008/09 se han encontrado diferencias significativas entre las tres variedades, correspondiendo los mayores valores a la variedad “Arbequina” y los menores a la variedad “Cornezuelo”; mientras que en la campaña 2007/08 solo se han encontrado diferencias significativas entre “Arbequina” y las otras dos variedades. El factor campaña no mostró diferencias significativas. Destacar que para este esteroide la variedad “Picual” mostró el valor más alto en la campaña 2006/07.

Dentro de los esteroides secundarios el estigmasterol presenta para las tres variedades porcentajes por debajo del campesterol como establece los Reglamentos Comunitarios. Hay que destacar la diferencia significativa encontrada entre los valores obtenidos en las dos primeras campañas (2006/07 y 2007/08) frente a la campaña 2008/09, siendo menores en ésta última. Este compuesto está relacionado con parámetros de calidad en el aceite de oliva, niveles altos del mismo están correlacionados con alta acidez y baja calidad organoléptica (Gracia, 2001; Gutiérrez et al., 1999; Koutsaftakis et al., 1999; Vekiari et al., 2010). En este estudio ocurre lo contrario ya que en el apartado IV.2.1 de Parámetros de Calidad es la campaña 2008/09 y en las tres variedades donde se obtienen los valores más elevados de acidez y en la que los aceites tienen una puntuación organoléptica menor.

Del resto de esteroides el Δ^7 -campesterol y el 5,24-estigmastadienol son los que presentan las variaciones más significativas entre campaña; el primero para la variedad “Picual” y el segundo para la variedad “Cornezuelo”.

Los esteroides Δ^7 -campesterol y clerosterol fueron los únicos en los que no se encontraron diferencias significativas entre variedades.

El β -sitosterol aparente se expresa como la suma del clerosterol, β -sitosterol, sitostanol, Δ^5 -avenasterol y el $\Delta^5,24$ -estigmastadienol, todos ellos formados a partir de la degradación del β -sitosterol. Todas las muestras presentan valores por encima del límite establecido por la UE ($\geq 93\%$) obteniéndose el valor más elevado en la variedad “Cornezuelo” para la campaña 2008/09 (95,23%) y el más bajo aparece siempre en la variedad “Arbequina” (93,36% campaña 2007/08). El análisis estadístico realizado encuentra únicamente diferencias significativas entre las tres variedades en la campaña 2008/09.

El eritrodiol y uvaol son alcoholes triterpénicos que forman parte de la fracción insaponificable del aceite de oliva y que normalmente se analizan junto con la fracción esterólica. Ambos compuestos se encuentran en el exocarpio de la aceituna por lo que altas concentraciones de los mismos indican una posible adulteración con aceite de orujo, y constituyen, por tanto, otro importante índice de autenticidad. Es por ello que la Reglamentación Comunitaria establece unos límites máximos no pudiendo exceder la suma de ambos (eritrodiol+uvaol) del 4,5% para un aceite de oliva virgen extra. En la Tabla IV.35 se

observa que los valores más bajos de eritrodiol lo presenta la variedad “Picual” (1,60% campañas 2006/07 y 2008/09) y los más altos la variedad “Cornezuelo” (3,51% campaña 2006/07), encontrando únicamente diferencias significativas entre variedades en la campaña 2006/07. Con el uvaol ocurre lo contrario, los porcentajes más elevados se dan en la variedad “Picual” (0,73% campaña 2006/07) y los contenidos más bajos en la “Cornezuelo” y “Arbequina” (0,36% y 0,34 respectivamente, campaña 2007/08). La suma de ambos compuestos se encuentra dentro los límites establecidos para todas las variedades y en todas las campañas. Únicamente en la campaña 2006/07 la suma de eritrodiol y uvaol ha permitido diferenciar significativamente a la variedad “Cornezuelo” de las variedades “Picual” y “Arbequina”.

En la Tabla IV.36, donde se presentan los contenidos de esteroides de las distintas variedades en función del sistema de extracción, se observa que el efecto del sistema de elaboración apenas afecta al contenido de esteroides de un aceite, como ocurría sobre el perfil de triglicéridos. Únicamente los contenidos de eritrodiol y uvaol presentan diferencias significativas en todas las variedades y en el sistema de elaboración utilizado. Ello obedece a que ambos compuestos se encuentran en la piel del fruto (exocarpio) de manera que es lógico pensar que tanto la temperatura de batido como el tiempo empleado en esta fase, entre otros factores, pueden influir en las concentraciones de los mismos (Ranalli et al., 2005, Ben Temime et al., 2008). En todas las variedades, son los aceites obtenidos en laboratorio por el sistema abencor los que presentan una mayor concentración de eritrodiol+uvaol frente a las muestras extraídas en almazara industrial.

SISTEMA DE EXTRACCIÓN	PICUAL		CORNEZUELO		ARBEQUINA		SD	EEM
	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA	ABENCOR	ALMAZARA		
Colesterol	B 0,16	A 0,14	A 0,11	A 0,10	A 0,13	a ^{AB} 0,12	0,04	0,00
24-M-colesterol	A 0,15	A 0,21	B 0,24	a ^{AB} 0,28	B 0,29	a ^B 0,40	0,14	0,01
Campesterol	B 3,00	B 3,20	A 2,39	A 2,53	C 3,61	a ^C 3,70	0,58	0,06
Campestanol	a ^{AB} 0,10	A 0,11	A 0,10	A 0,10	B 0,13	a ^A 0,11	0,03	0,00
Estigmasterol	A 0,60	A 0,59	a ^{AB} 0,64	B 0,60	B 0,71	a ^B 0,72	0,14	0,01
? 7 Campesterol	A 0,70	A 0,64	A 0,72	A 1,18	A 0,66	a ^A 0,70	0,62	0,06
Clerosterol	A 1,05	A 0,98	A 1,06	a ^{AB} 1,08	A 1,07	a ^A 1,03	0,09	0,01
β-Sitosterol	B 86,96	A 87,33	A 81,44	B 80,40	A 80,13	a ^B 79,78	3,82	0,37
Sitostanol	B 1,05	A 0,66	A 0,57	A 0,45	A 0,74	a ^A 0,57	0,38	0,04
? 5-Avenasterol	A 4,96	A 5,05	B 11,08	B 11,78	B 10,89	a ^B 11,33	3,75	0,37
? 5,24 Estigmastadienol	A 0,47	A 0,43	B 0,83	B 0,77	B 0,89	a ^B 0,87	0,23	0,02
? 7 Estigmastenol	B 0,36	B 0,28	A 0,21	A 0,18	a ^{AB} 0,30	a ^B 0,26	0,13	0,01
D 7 Avenasterol	A 0,48	A 0,36	B 0,61	B 0,59	A 0,45	a ^A 0,40	0,14	0,01
Sitosterol Aparente	B 94,45	A 94,44	C 94,97	A 94,45	A 93,69	a ^A 93,60	0,86	0,08
Eritrodíol	A 1,71	B 1,10	C 3,04	B 1,99	B 2,34	b ^A 1,45	0,88	0,09
Uvaol	B 0,65	B 0,45	A 0,42	A 0,27	A 0,43	b ^A 0,33	0,20	0,02
Eritrodíol + Uvaol	A 2,36	A 1,55	B 3,46	B 2,27	A 2,79	b ^A 1,78	0,90	0,09

Tabla IV.36. Contenido medio en esteroides (en %) en AOV obtenidos mediante sistema Abencor y Almazara industrial en las variedades "Picual", "Cornezuelo" y "Arbequina". Letras diferentes en mayúsculas indican diferencias significativas entre variedades y letras diferentes en minúsculas indican diferencias significativas entre sistemas de extracción para una misma variedad. P<0,05. SD: Desviación estándar típica de la media. EEM: Error típico estándar de la media.

CAPITULO V. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

1. El periodo óptimo de recolección (IM 2-3,5) es más largo para la variedad “Arbequina”, en torno a 65 días, que para las variedades “Picual” y “Cornezuelo”, que presentan un rango muy similar, unos 40 días.
2. El rendimiento graso aumentó con el índice de madurez, siendo la variedad “Cornezuelo” la que presentó un mayor rendimiento durante el periodo óptimo de recolección. Las tres variedades son consideradas de alto rendimiento graso (RGS/Seco > 46%).
3. Durante la maduración del fruto y para las tres variedades, los parámetros de calidad, acidez y K_{232} , permanecen constantes; mientras que K_{270} e índice de peróxidos, en las variedades “Picual” y “Arbequina”, disminuyeron. El índice de peróxidos presentó diferencias estadísticamente significativas respecto a la variedad y al sistema de extracción; K_{232} y K_{270} solo presentaron diferencias significativas respecto al sistema de extracción. Además, conforme madura el fruto la intensidad del atributo sensorial frutado permaneció constante a diferencia de picante y amargo, cuyas intensidades disminuyeron. Únicamente el dulce presentó diferencias significativas entre variedades, sistema de extracción y campaña oleícola.
4. El contenido en fenoles totales durante la maduración del fruto presenta para las variedades y campañas analizadas, una disminución generalizada. Los aceites de la variedad “Picual” extraídos en abencor fueron los que presentaron los valores significativamente más elevados en fenoles totales y estabilidad oxidativa.
5. El análisis estadístico de los ácidos grasos mayoritarios palmítico y linoleico permite diferenciar a la variedad “Picual” del grupo de variedades “Cornezuelo” y “Arbequina” y el contenido en ácido oleico diferencia significativamente a las tres variedades. El sistema de extracción afectó al contenido en ácido linolénico y a las relaciones $\Sigma AGI/\Sigma AGS$ y $\Sigma AGMI/\Sigma AGS$. La campaña oleícola influyó sobre el sumatorio de los ácidos grasos poliinsaturados ($\Sigma AGPI$) en las variedades “Cornezuelo” y “Arbequina”.

6. Únicamente el contenido en trioleína (OOO) permite establecer diferencias significativas entre las tres variedades; otros triglicéridos como OLO, POO, LLO, OLnO, PPO, PLO+SLL diferencian la variedad “Picual” del grupo de las otras dos variedades. El efecto de la campaña estableció diferencias significativas entre variedades para el ECN44 y ECN46 en la campaña 2008/09; el ECN48 en las campañas 2007/08 y 2008/09 y el ECN50 en las campañas 2006/07 y 2008/09. El sistema de extracción lo hizo para los ECN38, ECN42 ECN44, ECN48 y ECN50.
7. El contenido de los esteroides β -sitosterol, Δ -5-avenasterol y Δ -5,24-estigmastadienol, en las tres campañas permiten diferenciar entre variedades, existiendo una correlación negativa entre el β -sitosterol y los otros dos esteroides; el campesterol diferenció entre las tres variedades en las campañas 2006/07 y 2008/09; por el contrario el Δ -7-campesterol y el clerosterol fueron los únicos que en ninguna de las campañas diferenciaron entre variedades. El sistema de extracción solo afectó a la variedad “Picual” en los esteroides clerosterol, sitostanol y Δ -7-avenasterol.
8. La variedad “Cornezuelo” en las campañas 2006/07 y 2008/09 presentó en la suma de los alcoholes triterpénicos (eritrodiool+uvaol) valores significativamente más altos que la variedad “Arbequina”. Ambos alcoholes y en las tres variedades estudiadas presentaron valores significativamente más elevados en los aceites extraídos en abencor.
9. Los parámetros de calidad y pureza analizados de todos los aceites muestreados se encontraban dentro de los límites establecidos por la Normativa Comunitaria correspondientes a la categoría Virgen Extra.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Reidahale, I.M., Yasin, M., Urbani, S., Servili, M. y Montedoro, G. (2013). Study and characterization of Palestinian monovarietal Nabali virgin olive oils from northern West Bank of Palestine. *Food Research International* 54, 1959-1964.
- Aguilera, M.P., Beltrán, G., Ortega, D., Fernández, A., Jiménez, A. y Uceda, M. (2005). Characterisation of virgin olive oil of Italian olive cultivars: "Frantoio" and "Leccino", grown in Andalusia. *Food Chemistry*, 89, 387-391.
- Aguilera, M.P., Beltrán, G., Sánchez-Villasclaras, S., Uceda, M. y Jiménez, A. (2010). Kneading olive paste from unripe "Picual" fruits: I. Effect on oil process yield. *Journal of Food Engineering* 97, 533-538.
- Amaral, J.S., Mafra, I., Beatriz, M. y Oliverira, P.P. (2010). Characterization of three portuguese varietal olive oils based on fatty acids, triacylglycerols, phytosterols and vitamin E profiles: application of chemometrics. *Olives and Olive oil health and disease prevention*. ISBN.978-0-12-374420-3.
- Amirante, R., Cini, E., Montel, G.L. y Pascualone, A. (2001). Influence of mixing and extraction parameters on virgin olive oil quality. *Grasas y Aceites*, 52 (3-4), 198-201.
- Anastasopoulos, E., Kalogeropoulos, N., Kaliora, A. C., Falirea, A., Kamvissis, V.N. y Andrikopoulos, N.K. (2012). Quality Characteristics and antioxidants of Mavrolia cv. Virgin Olive Oil. *Journal of the American Oil Chemistry Society* 89: 253-259.
- Andrewes, P., Busch, J.L.H.C., de Joode, T., Groenewegen, A. y Alexandre, H. (2003). Sensory properties of virgin olive oil polyphenols: identification of deacetoxy-ligstroside aglycon as a key contributor to pungency. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1415-1420.
- Angerosa, F., Mostallino, R., Basti, C. y Vito, R. (2000). Virgin Olive oil odour notes: their relationships with volatile compounds from the lipoxygenase pathway and secoiridoid compounds. *Food Chemistry*, 68, 283-287.
- Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Espoto, S. y Montedoro, G.F. (2004). Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *Journal of Chromatography A*, 1.054, 17-31.
- Aranda, F. (2003). Composición química y calidad del aceite de oliva virgen Cornicabra. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla La Mancha.
- Aranda F., Gómez Alonso, S., Rivera del Alamo, R.M., Salvador M.D. y Fregapane G. (2004). Triglyceride total and 2-position fatty acid composition of Cornicabra virgin olive oil: comparison with other Spanish cultivars. *Food Chemistry*, 86, 485-492.

- Ávila, J. (2000). Enciclopedia del aceite de oliva. Historias y leyendas del aceite y la aceituna. Editorial Planeta, SA.
- Baccouri, O., Guerfel, M., Baccouri, B., Cerretani, L., Bendini, A., Giovanni, L. Zarrouk, M. y Daoud, D. (2008). Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. *Food Chemistry*, 109, 743-754.
- Bakhouch, A., Lozano, J., Beltrán, R., Joven, J., Segura, A. y Fernández, A. (2013). Phenolic characteriation and geographical classification of comercial Arbequina extra-virgin olive oils produced in sourher Catalonia. *Food Research International*, 50, 401-408.
- Barranco, D., de Toro, C. y Rallo, L. (1998). Épocas de maduración de cultivares de olivo en Córdoba. *Investigación Agrícola: Producción y Protección Vegetal*, 13(3), 359-368.
- Beltrán, G., Jiménez, A. y Uceda, M. (1995). Efecto del régimen hídrico de cultivo sobre la fracción fenólica del aceite de oliva de la variedad Arbequina. Actas 1er Simposium el olivo Arbequina en Cataluña. Borjas Blancas. 153-155.
- Beltrán, G., Jiménez, A., Aguilera, M.P. y Uceda, M. (2000). Análisis mediante HPLC de la fracción fenólica del aceite de oliva virgen de la variedad Arbequina. Relación con la medida del amargor k_{225} y la estabilidad. *Grasas y Aceites*, 51(5), 320-324.
- Beltrán, G., Uceda, M., Jiménez, A. y Aguilera, M.P. (2003). Olive oil extractability index as a parameter for olive cultivar characterization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 503-506.
- Ben Temime, S., Manai, H., Methenni, K., Baccouri, B., Abaza, L., Daouud, D., Sánchez, J.J., Osorio, E. y Zarrouk, M. (2008). Sterolic composition of Chétoui virgin olive oil: Influence of geographical origin. *Food Chemistry* 110, 368-374.
- Bruni, U., Cortesi, N. y Fiorino, P. (1994). Influence of agricultural techniques, cultivar and area of origin on characteristics of virgin olive oil and on levels of some of its minor components. *Olivae*, 53, 28-33.
- Cañabate, B., Segura, A., Fernández, A., Belmonte, A., Garrido, A. y Martínez, J.L. (2007). Separation and determination of sterols in olive oil by HPLC-MS. *Food Chemistry*, 102 593-598.
- Caponio, F., Gomes, T., Summo, C. y Pasqualone, A. (2003). Influence of the type of olive-crusher used on the quality of extra virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105, 201-206.
- Caporale, G., Policastro, S., Carlucci, A. y Monteleone, E. (2006). Consumer expectations for sensory properties in virgin olive oils. *Food Quality and Preference*, 17(1-2), 116-125.

- Cerretani, L., Bendini, A., Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V. y Fiorenza, C. M. (2006). Preliminary characterisation of virgin olive oils obtained from different cultivars in Sardinia. *European Food Research and Technology*, 222, 354–361.
- Cert, A., Alba, J., Pérez, M. C., Ruiz, A., Hidalgo, F., Moreda, W., Moyano, M. J., Martínez, F., Tubaileh, R. y Olías, J. M. (1999). Influencia de los sistemas de extracción sobre las características y los componentes menores del aceite de oliva virgen extra. *Ciencia y Técnica*, 79, 41-50.
- Chimi, H. y Atonati, Y. (1994). Determination of the optimal stage for harvesting Moroccan picholine olives by monitoring change in totalpolyphenols. *Olivae*, 54,56-60.
- Cicerale, S., Lucas, L y Keast, R. (2010). Biological Activities of Phenolic Compounds Present in Virgin Olive Oil. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 458-479.
- Civantos, L., Contreras, R. y Grana, R. (1992). Obtención del aceite de oliva virgen. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid.
- Civantos, L. (1999). Obtención del aceite de oliva virgen. 2ª edición. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid.
- Consejo Oleícola Internacional: COI (2013). Coi/t.15/nc N°3/Rev. 7. Norma comercial aplicable a los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva. Mayo 2013 (<https://www.internationaloliveoil.org>).
- Cunha, S.C., Cosal, S. y Oliveira, M.B.P.P. (2005). Triacylglycerol profile by HPLC/ELSD as a discriminant parameter of varietal olive oils from Portugal. *Italian Journal Food Science*, 4, 447-454.
- Cunha, S.C. y Oliveira, M.B.P.P. (2006). Discrimination of vegetable oils by triacylglycerols evaluation of profile using HPLC/ELSD. *Food Chemistry* 95: 518-524.
- De la Osada, J. (2010). Tesis doctoral “Aceite de oliva virgen extra y prevención de la aterosclerosis”. Academia de Farmacia “Reino de Aragón”, Zaragoza.
- De la Rosa, R., León, L., Guerrero, N., Rallo, L. y Barranco D. (2007). Preliminary results of an olive cultivar trial at high density. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58, 392-395.
- Del Caro, A., Vacca, V., Poiana, M., Fenu, P. y Piga, A. (2005). Influence of the technology, storage and exposure on components of extra virgin olive oil (Bosana cv) from whole and de-stoned fruits. *Food Chemistry*, Vol. 98 (2), p. 311-316.
- Di Giovacchino, L., Solinas, M. y Miccoli, M. (1994). Effect of extraction Systems on the quality of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists´ Society*, 71 (11), 1.189-1.194.
- Di Giovacchino, L., Costantini, N., Ferrante, M.L. y Serraiocco, A. (2002). Influence of malaxation time of olive paste on oil extraction yields and Chemicals and organoleptic characteristics of

- virgin olive oil obtained by a centrifugal decanter at water saving. *Grasas y Aceites*, 53, 179-186.
- Diraman, H., Saygi, H. y Hisil, Y. (2011). Classification of three Turkish olive cultivars from Aegean region based on their fatty acid composition. *European Food Research and Technology* 233:403–411.
- Douzane, M., Tamendjari, A., Abdi, A.K., Daas, M-S, Medid, F. y Bellal, M.M. (2013). Phenolic compounds in mono-cultivar extra virgin olive oils from Algeria. *Grasas y Aceites* 64, 285-294.
- ESYRCE. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivo (2013). <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticaagrarias/agricultura/esyrce/>
- Fedeli, E. (1993). Tecnología del aceite de oliva. *Olivae*, 45, 20–23.
- FAOSTAT (Programa estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2012). Estadísticas de productos agrícolas. <https://www.fao.org>
- Fiorino, P. y Nizzigrifi, F. (1991). Maturation des olives et variations de certains composants de l'huile. *Olivae*, 35,25-33.
- Flor, R.V., Hecking, T. y Martin, B.D. (1993). Elaboración de los criterios sobre cromatografía líquida de alta definición para la clasificación de los aceites de oliva. 1ª Parte. La clasificación normal para los triglicéridos. *Olivae*, 48, 37-42.
- Franco, M.N., Galeano, T., López, O., Fernández, J.G., Sánchez, J., De Miguel, C. y Martín, D. (2014). Phenolic compounds and antioxidante capacity of virgin olive oil. *Food Chemistry*. : 163, 289-298.
- Fuentes, M., Marín, J., De Miguel, C. y Sánchez, J.J. (2008). Extraction Systems and quality parameters of extra virgin olive oils from the olive-oil producing zone “Tierra de Barros” (Extremadura, Spain). *La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 85, 120-127.
- Gandul, B. y Mínguez, M.I. (1996). Chlorophyll and carotenoid composition in virgin olive oils from various Spanish olive varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 72, 31-39.
- García, J.M., Yousfi, K., Mateos, R., Olmo, M. y Cert, A. (2001). Reduction of bitterness by heating of olive (*Olea europea*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(9), 4231-4235.
- García, D.L., Viera, M., Tena, N. y Aparicio, R. (2007). Evaluation of the methods base don triglycerides and sterols for the detection of hazelnut oil in olive oil. *Grasas y Aceites* 58, 344-350.

- García, J.A., Pereira, G., Fernández, A., García-Ortíz, C. y Mateos, R. (2008). Influence of lipid matrix in the bitterness perception of virgin olive oil. *Food Quality and Preference*, 19, 421-430.
- Gracia, M.S. (2001). Composición química de distintas calidades de aceite de oliva virgen de la variedad "Empeltre" en el bajo Aragón. *Grasas y Aceites*, 52(1), 52-58.
- Gracia, M.S., Royo, A. y Guillén, M. (2009). Composición química de aceites de las variedades Arbequina y Empeltre cultivadas en regadío. *Grasas y aceites* 60 (4), 321-329.
- Gutfinger, T. (1981). Polyphenols in olive oils. *Journal of the American Oil Chemistry Society*, 58, 966-968.
- Gutiérrez, F. (1989). Determinación de la estabilidad oxidativa de aceites de oliva vírgenes: comparación entre el método del oxígeno activo (A.O.M) y el método Rancimat. *Grasas y Aceites*, 40 (1), 1-5.
- Gutiérrez, F., Perdiguero, S. Gutiérrez, R. y Olías, J. M. (1992). Evaluation of the bitter taste in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemist' Society* 69, 394-395.
- Gutiérrez, F., Jiménez, B., Ruíz, A. y Albi, A. (1999). Effect of olive ripeness on the oxidative stability of virgin olive oil extracted from the varieties Picual and Hojiblanca and on different components involved. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 121-127.
- Gutiérrez, F., Rios, J.J. y Gómez, M. L. (2003). Main polyphenols in the bitter taste of virgin olive oil. Structural confirmation by on-line high-performance liquid chromatography electrospray ionisation mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 75(6), 673-681.
- Gutiérrez, R., Janer del Valle, M. L., Gutiérrez, F. y Vázquez, A. (1977). Relación entre los polifenoles y la calidad y estabilidad del aceite de oliva virgen. *Grasas y Aceites*, 28, 101-106.
- Haddada, F.M., Manai, H., Oueslati, I., Daoud, D., Sánchez, J.J., Osorio, E. y Zarrouk, M. (2007). Fatty Acid, Triacylglycerol, and Phytosterol Composition in six Tunisian Olive Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 10941-10946.
- Hermoso, M., González, J., Uceda, M., Garcia-Ortiz, A., Morales, J., Frias, L. y Fernández, A. (1995). Elaboración de un aceite de oliva de calidad. II Obtención por el sistema de dos fases. Apuntes, nº 11/94. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Hermoso, M., Uceda, M. y González, J. (1996). Obtención de aceite de oliva en un sistema de fases: Criterios de elaboración según épocas de recolección. *Revista Agricultura*, 766:375-380.
- Humanes, J. (1987). Aceite de oliva de calidad: influencia del cultivo. *Revista Agropecuaria* nº 660, p. 506-509.

- Humanes, J. y Civantos, M. (1992). Producción de aceite de oliva de calidad. Influencia del cultivo. Dirección General de Investigación y Formación Agroalimentaria Pesquera. 21/93. Apuntes para cursos.
- Humanes, J. (1995). La calidad del aceite de oliva virgen. *Revista Agropecuaria* nº 754, p. 376-381.
- Humanes, J. (2001). Técnicas de cultivo y su relación con la calidad del aceite de oliva. Dossier de calidad. *Revista Vida Rural*.
- Iconomou, D., Arapoglou, D. y Israilides, C. (2010). Improvement of phenolic antioxidants and quality characteristics of virgin olive oil with the addition of enzymes and nitrogen during olive paste processing. *Grasas y Aceites*, 61 (3) 303-311.
- Inarejos, A.M., Androulaki, A., Salvador, M. D., Fregapane, G. y Tsimidou, M. T. (2009). Discussion on the objective evaluation of virgin olive oil bitterness. *Food Research International*, 43, 279-284.
- Inarejos, A.M., Santacatterina, M., Salvador, M.D., Fregapane, G. y Gómez, S. (2010). PDO virgin olive oil quality-Minor components and organoleptic evaluation. *Food Research International*, 43, 2138-2146.
- Issaoui, M., Flamini, G., Brahmi, F., Dabbou, S., Ben Hassine, K., Taamali, A., Chehab, H., Ellouz, M., Zarrouk, M y Hammami, M. (2010). Effect of the growing area conditions on differentiation between Chemlali and Chétoui olive oils. *Food Chemistry*, 119, 220-225.
- Jiménez, B. y Carpio, A. (2002). La Cata de Aceites: Aceite de oliva virgen. Características organolépticas y análisis sensorial. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Conserjería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- Jiménez, B. y Carpio, A. (2008). La cata de aceites: Aceite de oliva virgen, características organolépticas y análisis sensorial. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Conserjería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- Jiménez, A., Beltrán, G., Uceda, M. y Aguilera, M.P. (2006). Empleo de ultrasonidos de potencia en el proceso de extracción del aceite de oliva. Resultados a nivel de planta de laboratorio. *Grasas y Aceites* 57(3), 253-259.
- Jones, P.J., McDougall, D.E., Ntanios, F. y Vanstone, C.A. (1997). Dietary phytosterols as cholesterol-lowering agents in humans. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 75, 2177-2227.
- Kalua, C.M., Allen, M.S., Bedgood, D.R., Bishop, A.G. y Prenzler, P.D. (2005). Discrimination of olive oils and fruits into cultivars and maturity stages based on phenolic and volatile compounds. *Journal of Agricultura and Food Chemistry*, 53, 8054-8062.
- Kiritsakis, A. K. (1998). Olive oil from the tree to the table. *Food and Nutrition Press*, Trumbull.

- Koutsaftakis, A., Kotsifaki, F. y Stefanoudaki, E. (1999). Effect of extraction system, stage of ripeness, and kneading temperature on the sterol composition of virgin olive oils. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 76, 1477-1481.
- Koutsaftakis, A., Kotsifaki, F., Stefanoudaki, E. y Cert, A. (2000). Etude triennale sur les variations de plusieurs caractéristiques chimiques et de divers composants mineurs des huiles d'olive vierge obtenues a partir d'olives cueillies a différents degrés de maturité. *Olivae*, 80, 22-27.
- La agricultura y la ganadería extremeñas. Anuario Caja de Badajoz, años 2006, 2007, 2008, 2009 y 2013.
- Lavee, S. y Wodner, M. (2004). The effect of yield, harvest time and fruit size on the oil content in fruits of irrigated olive trees (*Olea europaea* L), cvs. Barnea and Manzanillo. *Scientia Horticulturae*, 99, 267-277.
- Lazzez, A., Perri, E., Anna, C. M., Cossentini, M., Khlif, M. y Cossentini, M. (2008). Influence of olive maturity stage and geographical origin on some minor components in virgin olive oil of the chemlali variety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 982-988.
- Lerma, M. J., Herrero, J.M., Ramis, G. y Simó, E. F. (2008). Prediction of the genetic variety of Spanish extra virgin olive oils using fatty acid and phenolic compound profiles established by direct infusion mass spectrometry. *Food Chemistry*, 108, 1142-1148.
- Llerena, J.L., Garrido, I., Álvarez, C. y Coletto, J.M. (2009). Estudio del sector olivarero y de transformación del aceituna en Extremadura. Junta de Extremadura, Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Longobardi, F., Ventrella, A., Casiello, G., Sacco, D., Catucci, L., Agostiano, A. y Kontominas, M.G. (2012). Instrumental and multivariate statistical analyses for the characterisation of the geographical origin of Apulian virgin olive oils. *Food Chemistry* 133:579-584.
- López, I., Salazar, D. C., Velázquez, B. y Salazar, D. M. (2013). Chemical characterization of traditional varietal olive oils in East of Spain. *Food Research International* 54, 1934-1940.
- Lozano, J., Segura, A., Menendez, J. A., Oliveras, C., Cerretani, L., y Fernández, A. (2010). Prediction of extra virgin olive oil varieties through their phenolic profile. Potential cytotoxic activity against human breast cancer cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(18), 9942-9955.
- Lukic, M., Lukic, I., Krapac, M., Sladonja, B. y Pilizota, V. (2013). Sterols and triterpene diols in olive oil as indicators of variety and degree of ripening. *Food Chemistry*, 136, 251-258.
- Maestro, R. y Borja, R. (1990). La calidad del aceite de oliva en relación con la composición y maduración de la aceituna. *Grasas y Aceites*, 41, 171-178.

- Manai, H., Haddada, F., Gallardo, L., Daoud, D., Sánchez, J.J., Osorio, E. y Zarrouk, M. (2006). Analysis of sterolic fraction of some Tunisian olive hybrids. Comunicación 4th Euro Fed Lipid Congress-Fats, Oil and Lipids for a Healthier Future. Madrid, 1-4 octubre de 2006.
- Manai, H., Gallardo, L., Haddada, F., Sánchez, J.J., Osorio, E. y Zarrouk, M. (2007). Características de aceites de oliva virgen procedentes de cultivares tunecinos monovarietales e híbridos con variedades europeas. *Grasas y aceites* 58, 163-169.
- Manai, H., Krichène, D., Ouni, Y., Gallardo, L., Sánchez, J., Osorio, E., Daoud, D., Guido, F. y Zarrouk, M. (2012). Chemical profiles of five minor olive oil varieties grown in central Tunisia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27, 109-119.
- Mataix, F.J. y Martínez de Victoria, E. (1988). El aceite de oliva. *Bases para el futuro*. Ed. Dirección General de Investigación y Extensiones Agrarias. Centro de Información y Documentación Agraria. Sevilla
- Mateos, R., Cert, A., Pérez, M.C. y García, J.M. (2004). Evaluation of virgin olive oil bitterness by quantification of secoiridoid derivatives. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 81(1), 71-75.
- Mateos, R., Trujillo, M., Pérez, M.C., Moreda, W. y Cert, A. (2005). Relationships between Oxidative Stability, Triacylglycerols Composition, and Antioxidant Content in Olive Oil Matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5766-5771.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). <https://www.magrama.gob.es>
- Montedoro, G., Servili, M., Baldioli, M. y Miniati, E. (1992). Simple and Hydrolyzable phenolic compounds in virgin olive oil. 1. Their extraction, separation, and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 40: 1571-1576.
- Montedoro, G.F., Taticchi, A., Esposito, S., Selvaggini, R., Urbani, S. y Servili, M. (2007). Antioxidants in virgin olive oil. *Revista Olea*; 26 (5-13).
- Morales M.T. y Aparacio R. (1999). Effect of the extraction conditions on virgin olive oil sensory quality. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 76, 295 – 300.
- Moreda, W., Pérez Camino, M.C. y Cert, A. (1995). Determinación de algunos parámetros de pureza en aceites de oliva. Resultados de un estudio colaborativo. *Grasas y Aceites* Vol. 46. Fasc. 4-5, 279-284.
- Moriana, A., Pérez, D., Gómez, A., Salvador, M.D., Olmedilla, N., Ribas, F. y Fregapane, G. (2007). Irrigation scheduling for traditional, low density olive orchards: water relations and influence on oil characteristics. *Agricultural Water Management*, 87: 171-179

- Motilva, M.J., Tovar, M.J., Romero, M.P., Alegre, S. y Girona, J. (2000). Influence of Regulated Deficit Irrigation Strategies Applied to Olive Trees ('Arbequina' cultivar) on Oil Yield and Oil Composition During the Fruit Ripening Period. *Journal Science Food Agriculture*, 80: 2037-2043.
- Motilva, M.J., Ramo, T. y Romero, M.P. (2001). Caracterización geográfica de los aceites de oliva vírgenes de la denominación de origen protegida "Les Garrigues" por su perfil de ácidos grasos. *Grasas y Aceites*. Vol. 52. Fasc. 1, 26-32.
- Mousa, Y.M., Gerasopoulos, D., Metzidakis, I. y Kiritsakis, A. (1996). Effect of altitude on fruit and oil quality characteristics of mastoids olives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71, 345-349.
- Norma UNE 55020:1973. Materias Grasas. Humedad y Materias Volátiles. (Método de la estufa de aire). *AENOR*.
- Norma UNE 55030:1961. Determinación del contenido en material grasa total de la aceituna. *AENOR*.
- Ollivier, D., Artaud, J., Pinatel, C., Durbec, J.P. y Guérère, M. (2003). Triacylglycerol and Fatty Acid Compositions of French Virgin Olive Oils. Characterization by chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5723-5731.
- Ollivier, D., Artaud, J., Pinatel, C., Durbec, J.P. y Guérère, M. (2006). Differentiation of French virgin olive oil RDOs by sensory characteristics, fatty acid and triacylglycerol compositions and chemometrics. *Food Chemistry*, 97, 382-393.
- Ortega Calderón, D., Beltrán, G., Aguilera, M.P. y Uceda, M. (2004). Influencia del régimen hídrico en la formación de aceite en Arbequina. *Revista Vida Rural*.
- Osorio, E., Sánchez, J.J., Martínez, M. y Montañó, A.M. (2003). Estudio del contenido en triglicéridos de aceites monovarietales elaborados a partir de aceitunas producidas en la región extremeña. *Grasas y aceites*. Vol. 54, fasc. 1, 1-6.
- Ostlund, R E. (2002). Phytosterols in human nutrition. *Annual Review of Nutrition*, 22, 533-549.
- Oueslati, I., Anniva, C., Daoud, D., Tsimidou, M.Z. y Zarrouk, M. (2009). Virgin olive oil (VOO) production in Tunisia: The commercial potential of the major olive varieties from the arid Tataouine zone. *Food Chemistry* 112, 733-741.
- Ouni, Y., Flamini, G., Youssef, N.B., Guerfel, M. y Zarrouk, M. (2011). Sterolic composition and triacylglycerols of Oueslati virgin olive oil: comparasion among different geographic areas. *International Journal of Food Science & Technology* 46, 1747-1754.

- Papaseit, J. (1988). Relación entre las características de calidad y las medidas de estabilidad Rancimat en aceites de oliva. ARXIUS de la Escuela'Esc. Superior. De 'Agricultura de Barcelona.
- Pardo, J.E., Cuesta, M.A., Alvarruiz, A., Granell, J.D. y Álvarez-Ortí, M. (2011). Evaluation of potencial and real qualities of virgin olive oil from the designation of origin (DO) "Aceite Montes de Alcazaz" (Albacete, Spain). *Food Chemistry*, 124, 1.684-1.690.
- Pardo, J.E., Sena, E., Cuesta, M. A., Granell, J. D., Valiente, J. y Alvarez-Ortí, M. (2013). Evaluation of potential and real quality of virgin olive oil from "Campos de Hellín" (Albacete, Spain). *Journal American Oil Chemists' Society*.
- Pérez-Arquillué, C., Juan, T., Valero, N., Estopañan, G., Ariño, A., Conchello, P. y Herrera, A.(2003). Estudio de la calidad del aceite de oliva virgen de Aragón. (2003). *Grasas y Aceites*, 54 (2) 151-160.
- Piravi-Vanak, Z., Ghasemi, J.B., Ghavami, M., Ezzatpanah, H. y Zolfonoun, E. (2012). The influence of Growing Region on Fatty Acids and Sterol Composition of Iranian Olive Oil by Unsupervised Clustering Methods. *Journal of the America Oil Chemists' Society*, 89, 371-378.
- Poiana, M., Giuffré, F., Modaffer, V., Giuffré, A.M. Calogero, V. y Mincione, B. (1996). Ricerche sugli oli di oliva monovarietal. Nota III. Contributto alla caratterizzazione dell'olio estratto dalle olive della cv. Carolea, coltivata in due diversi areali della Calabria. *La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 73, 499-509.
- Rabelo, J., Batista, E., Cavaleri, F.W. y Meirelles, A.J.A. (2000). Viscosity prediction for fatty Systems. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77, 1255-1261
- Rallo, L. y Cuevas, J. (2004). Capítulo 5: Fructificación y Producción. En: El cultivo del olivo. *Ediciones Mundi-Prensa*. 125-158.
- Rallo, L., Barranco D., Caballero J.M., Del Río C., Martín A., Tous J. y Trujillo I. (2005). Variedades de olivo en España. Junta de Andalucía, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Ediciones Mundi-Prensa*. Madrid.
- Ranalli, A., Contento, S., Schiavone, C. y Simone, N. (2001). Malaxing temperature affects volatile and phenol composition as well as other analytical features of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103, 228-238.
- Ranalli, A. y Martinelli, N. (1995). Integral centrifuges for olive oil extraction, at the third millennium threshold. Transformation yields. *Grasas y Aceites* Vol. 46 Fasc. 4-5, 225-263.

- Ranalli, A., Malfatti, A., Lucera, L., Contento, S. y Sotiriou, E. (2005). Effects of processing techniques on the natural colourings and the other functional constituents in virgin olive oil. *Food Research International*, 38, 873-878.
- Reglamento (CE) nº 2568/91 de la Comisión. (1991). Características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. L 248. Anexos II y III.
- Reglamento (CE) nº 282/98 de la Comisión (1998). Por el que modifica el Reglamento (CEE) 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 28/5.
- Reglamento (UE) nº 61/2011 de la Comisión (2011). Por el que modifica el Reglamento (CEE) 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 23.
- Reglamento (UE) nº 1348/2013 de la Comisión (2013). Por el que se modifica el Reglamento (CEE) 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 338.
- Reglamento (UE) nº 299/2013 de la Comisión (2013). Por el que modifica el Reglamento (CEE) 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 90.
- Rivera del Álamo, R.M., Fregapane, G., Aranda, F., Gómez Alonso, S. y Salvador, M.D. (2004). Sterol and alcohol composition of Cornicabra virgin olive oil: the campesterol content exceeds the upper limit of 4% established by EU regulations. *Food Chemistry* 84, 533-537.
- Romero, C., García, P., Brenes, M., García, A. y Garrido, A. (2002). Phenolic compounds in natural black Spanish olive varieties. *European Food Research and Technology*, 215, 489-96.
- Rondanini, D.P., Castro, D.N., Searles, P.S. y Rousseaux, M.C. (2011). Fatty acid profiles of varietal virgin olive oils (*Olea europaea* L.) from mature orchards in warm arid valleys of Northwestern Argentina (La Rioja). *Grasas y Aceites*, 62 (4), 399-409.
- Ruiz, C., Cuadros, L., González, A., Rodríguez, F.P., De la Mata Espinosa, P. y Bosque, J.M. (2011). Multivariate análisis of HT/GC-(IT)MS chromatographic profiles of triacylglycerol for classification of olive oil varieties. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 399:2093-2103.
- Ruiz, M. y Martínez, M.A. (2011). Olive oil in the primary prevention of cardiovascular disease. *Maturitas* 68, 245-250.
- Salvador, M.D., Aranda, F. y Fregapane, G. (2001). Influence of fruit ripening on "Cornicabra" virgin olive oil quality: a study of four successive crop seasons. *Food Chemistry*, 73, 45-53.

- Sánchez, J.J., Osorio, E., Montaña, A.M. y Martínez, M. (2004). Sterol and erythrodiol+uvaol content of virgin olive oils from cultivars of Extremadura (Spain). *Food Chemistry* 87, 225-230.
- Sánchez, J.J., De Miguel, C., Osorio, E., Marín, J., Gallardo, L. y Martínez, M. (2006). Calidad sensorial de aceites de oliva virgen procedentes de variedades de aceitunas producidas en Extremadura. *Grasas y Aceites* 57, Fasc. 3, 313-318.
- Sánchez, J.J. y Osorio, E. (2007). Caracterización del aceite de oliva y mejoras tecnológicas en el proceso de elaboración. *Vida Rural*, febrero, 36-39.
- Servili, M. y Montedoro, G. (2002). Contribution of Phenolic Compounds to Virgin Olive Oil Quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 602-613.
- Servili, M., Selvaggiani, R., Taticchi, A., Esposito, S., Montedoro, G., (2003). Air exposure time of olive pastes during the extraction process and phenolic and volatile composition of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Volumen 80, pp 685-695.
- Servili, M., Esposito, S., Lodolini, E., Selvaggini, R., Taticchi, A., Urbani, S., Montedoro, G., Serravalle, M. y Gucci R. (2007). Irrigation effects on quality, phenolic composition, and selected volatiles of virgin olive oils Cv. Leccino. *Journal of Agricultura and Food Chemistry*, 55, 6609-6618.
- STAN- CODEX Alimentarius 33-1981 (1981). Norma para los aceites de oliva y aceites de orujo de oliva.
- Stefanouadaki E., Kotsifaki F. y Koutsafitaki A. (1999). Clasification of virgin olive oils of the two major cretan cultivars based on their fatty acid composition. *Journal of the American Oil Chemistry Society* 76 (5) 623-626.
- Stefanouadaki, E., Koutsaftakis, A. y Harwood, J.L. (2011). Influence of malaxation conditions on characteristic qualities of olive oil. *Food Chemistry*, 127, 1481-1486.
- Tiscornia, E., Bertini, G.C. y Pagano, M.A. (1978). The composition of sterol fraction of oils obtained from olives at different moments of their maturation cycle. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 55, 277-282.
- Topi, D., Thomaj, F. y Halimi, E. (2012). Virgin Olive Oil production from the major olive varieties in Albania. *Agriculture & Forestry*, 58 (2), 87-95.,
- Torres, M.M. y Maestri, D.M. (2006). Chemical composition of Arbequina virgin olive oil in relation to extraction and storage conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 2.311-2.317.
- Tous, J. y Romero, A. (1993). Variedades de olivo. Fundación "La Caixa". Barcelona.
- Tous, J. y Romero, A. (1994). Cultivar and location effects on olive oil quality in Catalonia (Spain). *Acta Horticulturae* 356, 323-326.

- Tous, J., Romero, A., Plana, J., Guerrero, L. y Hermoso, J. F. (1997). Características químico-sensoriales de los aceites de oliva "Arbequina" obtenidos en distintas zonas de España. *Grasas y Aceites*, 48, 415-424.
- Tous, J., Romero, A. y Plana, J. (1998). Comportamiento agronómico y comercial de cinco variedades de olivo en Tarragona. *Investigaciones agrarias: Producción Protección Vegetal*. Vol. 13 (1-2).
- Tovar, M.J., Motilva M.J. y Romero, M.P. (2001a). Changes in the phenolic composition of virgin olive oil from Young trees (*Olea europaea* L. cv. Arbequina) grown under linear irrigation strategies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5502-5508.
- Tovar, M.J., Motilva, M.J., Luna, M., Girona, J. y Romero, M.P. (2001b). Analytical Characteristics of Virgin Olive Oil from Young Trees (Arbequina cultivar) Growing Under linear Irrigation Strategies. *Journal of the American Oil Chemistry Society*. Volumen 78, pp 843-849
- Uceda, M. y Frías, L. (1975). Harvest dates: evolution of the fruit oil content, oil composition and oil quality. *Proceedings II Seminario Oleícola Internacional*. COI. Córdoba. 125-128.
- Uceda, M., Jiménez, A. y Beltrán, G. (2006). Olive oil extraction and quality. *Grasas y Aceites*, 57 (1) 25-31.
- Vaz Freire, L.T., Cabrita, M.J., Gomes de Silva, M.D.R y Costa, A.M. (2011). Sensorial analysis and electronic aroma detection to compare olive oils produced by different extraction methods. *Grasas y Aceites*, 62 (4), 428-435.
- Vázquez, A., Janer del Valle, M.C. y Janer del Valle, M.L. (1975). Polifonoles naturales y estabilidad del aceite de oliva. *Grasas y Aceites*, 29, 23-27.
- Vekiari, S.A., Oreopoulou, V., Kourkoutas, Y., Kamoun, N., Msallem, M., Psimouli, V. y Arapoglou, D. (2010). Characterization and seasonal variation of the quality of virgin olive oil of the Throumbolia and Koroneiki varieties from Southern Greece. *Grasas y aceites* 61, 21-231.
- Vinha, A.F., Ferreres, F., Silva, B.M., Valentao, P., Gonçalves, A., Pereria, J.A., Oliveiraa, M.B., Seabra, R.M. y Andrade, P.B. (2005). Phenolic profiles of Portuguese olive fruits (*Olea europaea* L.): influences of cultivar and geographical origin. *Food Chemistry*, 89, 561-568.
- Williamson, E. (1988). The antioxidant activity of Δ -5-avenasterol. Tesis. University of Reading, UK.
- Youssef, N. B., Zarrouk, W., Carrasco, A., Ouni, Y., Segura-Carretero, A. y Fernández, A. (2010). Effect of olive ripeness on Chemicals proprieties and phenolic composition of Chetoui virgin olive oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 199-204.

- Zarrouk, W., Haddada, F.M., Baccouri, B., Oueslati, I., Taamalli, W., Fernandez, X., Lizzani – Cuvelier, D., Daoud, D. y Zarrouk, M. (2008). Characterization of virgin olive oil from Southern Tunisia. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 110, 81-88.
- Zarrouk, W., Baccouri, B., Taamalli, W., Trigui, A., Daoud, D. y Zarrouk, M. (2009). Oil fatty acid composition of eighteen Mediterranean olive varieties cultivated under the arid conditions of Boughrara (southern Tunisia). *Grasas y Aceites* 60, (5) 498-506.
- Zeb, A. y Murkovic, M. (2011). Carotenoids and triacylglycerols interactions during thermal oxidation of refined olive oil. *Food Chemistry*, 127, 1584-1593.