



UNIVERSIDAD DE LA SERENA  
Facultad de Ciencias  
Escuela de Agronomía

INCIDENCIA DE DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ A  
RECOLECCIÓN SOBRE LA CALIDAD QUÍMICA Y SENSORIAL DE  
ACEITES DE OLIVA, PROVENIENTES DE LAS VARIEDADES  
ARBEQUINA I-18 Y PICUAL EN LA LOCALIDAD DE TALHÚEN

Seminario de Título para optar al Título de Ingeniero Agrónomo y al  
Grado Académico de Licenciado en Agronomía

Profesor Guía: Dr. Ing. Agr. Sra Adriana Benavides López

MARCELO ANDRÉS ARAYA OJEDA

Agosto / 2007

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por su gran amor y constante bendición, siempre patente en mi vida.

A mis padres, Hernán y Carola, por sus esfuerzos, comprensión y apoyo en todo momento, adoptando incluso mis metas como si fueran propias.

A mis hermanos, Cristian, Viviana y Claudia, a mis abuelos “Tata” y “Lela” y a mi tía Sandra, por su constante preocupación y por mantenerme siempre en sus oraciones.

A las instituciones patrocinantes a través del convenio INIA/ULS y mediante el proyecto FDI-CORFO, quienes generaron y promovieron la realización de esta tesis dentro de la ejecución de su proyecto.

A mis profesores, por la valiosa formación ético-profesional que me entregaron.

A la comisión revisora, por su aporte y contribución para que este documento fuese realidad.

A Ximena por todo su apoyo, paciencia y horas de trabajo, permitiéndome lograr una mejor tesis.

## ÍNDICE DE MATERIAS

CONTENIDO	PÁGINAS
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. SITUACIÓN GENERAL DE LA OLIVICULTURA NACIONAL E INTERNACIONAL	1
1.2. MERCADO Y TENDENCIA DE PRODUCCIÓN MUNDIAL.....	3
1.2.1 Consumo de Aceite de Oliva.....	4
1.2.2 Perspectivas de Mercado para Chile.....	5
1.3. EL CULTIVO DEL OLIVO.....	5
1.3.1. Botánica del olivo.....	5
1.3.2. Requerimientos Climáticos del olivo.....	6
1.3.3. Requerimientos Edáficos.....	6
1.3.4. Variedades.....	6
1.3.4.1. Variedad Picual.....	7
1.3.4.2. Variedad Arbequina.....	8
1.4. OBTENCIÓN DE ACEITE DE OLIVA VIRGEN.....	8
1.4.1. Procesos de Extracción.....	9
1.4.2. Molienda.....	10
1.4.3. Batido.....	10
1.4.4. Centrifugación.....	11
1.5. CALIDAD DE LOS ACEITES DE OLIVA.....	11
1.5.1. Factores que afectan la Calidad del Aceite de Oliva.....	11
1.5.2. El Índice de Madurez y su influencia en la Calidad del Aceite de Oliva.....	12
1.6. CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN.....	13

<b>1.7. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEITES.....</b>	<b>14</b>
1.7.1. Fracción Saponificable.....	14
1.7.2. Fracción Insaponificable.....	15
<b>1.8. PARÁMETROS PARA LA CATEGORIZACIÓN COMERCIAL DE ACEITES....</b>	<b>17</b>
1.8.1. Determinación de Acidez.....	17
1.8.2. Índice de Peróxido.....	17
1.8.3. Absorbancia Espectrofotométrica.....	17
<b>1.9. VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA.....</b>	<b>18</b>
1.9.1. Atributos Positivos del Aceite de Oliva.....	19
1.9.2. Atributos Negativos.....	19
<b>2. HIPÓTESIS.....</b>	<b>21</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
3.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	22
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
4.1. PERIODO Y LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	23
4.2. MATERIAL VEGETAL.....	24
4.3. DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	24
4.3.1. Descripción Inicial del Procedimiento.....	24
4.3.2. Elección del Sector a Muestrear.....	25
4.3.3. Elección de Plantas de Olivos.....	25
4.3.4. Obtención de Muestras.....	25
4.3.5. Obtención de Índices Biométricos.....	27
4.3.6. Determinación de Rendimiento Graso.....	27
4.3.7. Extracción de Aceite.....	28

4.3.8. Caracterización Química y Organoléptica.....	28
4.3.8.1. Determinación del Grado de Acidez Libre.....	28
4.3.8.2. Determinación del Índice de Peróxidos.....	29
4.3.8.3. Pruebas Espectrofotométrica en el Ultra Violeta (prueba de K: 232, 270).....	29
4.3.8.4. Determinación del Perfil de Ácidos Grasos.....	30
4.3.8.5. Polifenoles.....	30
4.4. VALORACIÓN SENSORIAL.....	30
4.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
4.5.1. Análisis Estadístico.....	32
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
5.1. VARIEDAD ARBEQUINA.....	33
5.1.1. Índices de Madurez.....	33
5.1.2. Índices Biométricos y Rendimiento Graso.....	34
5.1.3 Parámetros de Calidad Comercial del Aceite de Arbequina.....	36
5.1.4. Polifenoles.....	38
5.1.5. Perfil de Ácidos Grasos de los Aceites de Arbequina.....	40
5.1.5.1. Ácido Palmítico.....	41
5.1.5.2. Ácido Estéarico.....	43
5.1.5.3. Ácido Oleico.....	44
5.1.5.4. Ácidos Linoleico y Linolénico.....	46
5.1.5.5. Ácidos Grasos Secundarios.....	47
5.1.6. Relaciones entre grupos de ácidos grasos.....	47
5.1.6.1. Evolución de la Relación Monoinsaturados/Poliinsaturados y Oleico/Linoleico.....	47
5.1.6.2. Evolución de la Relación Insaturados/Saturados y Oleico/Palmítico.....	48

5.1.7. Valoración Sensorial de los Aceites de Arbequina.....	49
5.1.8. Análisis de Componentes Principales.....	52
5.1.9. Discusión Global del Efecto de las Fechas de Cosecha sobre la Calidad Físico-Química y Nutricional del Aceite de Arbequina.....	58
<b>5.2. VARIEDAD PICUAL.....</b>	<b>62</b>
5.2.1. Índices de Madurez.....	62
5.2.2 Índices Biométricos y Rendimiento Graso.....	63
5.2.3. Parámetros de Calidad Comercial del Aceite de Picual.....	64
5.2.4. Polifenoles.....	67
5.2.5. Perfil de Ácidos Grasos.....	69
5.2.5.1. Ácido Palmítico.....	70
5.2.5.2. Ácido Estéarico.....	72
5.2.5.3. Ácido Oleico.....	74
5.2.5.4. Ácido Linoleico y Linolénico.....	76
5.2.5.5. Ácidos Grasos Secundarios.....	78
5.2.3. Relaciones Entre Grupos de Ácidos Grasos en Picual.....	79
5.2.3.1. Evolución de la Relación Monoinsaturados/Poliinsaturados y Oleico/Linoleico.....	79
5.2.3.2. Evolución de la Relación Insaturados/Saturados y Oleico/Palmítico.....	80
5.2.4. Valoración Organoléptica.....	81
5.2.4.1. Atributos Frutado y Dulce.....	81
5.2.4.2. Atributos Amargo y Picante.....	82
5.2.5. Análisis de Componentes Principales.....	83
5.2.6. Discusión Global del Efecto de las Fechas de Cosecha Sobre la Calidad Físico-Química y Nutricional del Aceite de Picual.....	91

<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>94</b>
<b>6.1. VARIEDAD ARBEQUINA I-18.....</b>	<b>94</b>
<b>6.2. VARIEDAD PICUAL.....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Cuadro 1. Producción Mundial de Aceite de Oliva.</b>	<b>3</b>
<b>Cuadro 2. Características Químicas de las Categorías de los Aceite de Oliva.</b>	<b>14</b>
<b>Cuadro 3. Composición de Ácidos Grasos del Aceite de Oliva Expresado en Porcentaje.</b>	<b>15</b>
<b>Cuadro 4. Atributos Sensoriales.</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 5. Fechas de Cosechas.</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro 6. Rangos de Índices de Madurez.</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro 7. Distribución de Tratamientos y Repeticiones para las Variedades Arbequina y Picual.</b>	<b>31</b>
<b>Cuadro 8. Valores Medios de los Índices Biométricos.</b>	<b>35</b>
<b>Cuadro 9. Pruebas Espectrofotométricas e Índices de <u>Peróxido</u> y Valoración de Acidez Libre.</b>	<b>38</b>
<b>Cuadro 10. Perfil de los Ácidos Grasos de Arbequina en Cinco Fechas de Cosecha.</b>	<b>41</b>
<b>Cuadro 11. Valores Medios de los Índices Biométricos.</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 12. Pruebas Espectrofotométricas e Índices de <u>Peróxido</u> y Valoración de Acidez.</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 13. Perfil de los Ácidos Grasos de Picual de Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>70</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1. Acumulación General de Aceite en la Oliva</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2. Diagrama de Formación del Flavor</b>	<b>19</b>
<b>Figura 3. Imagen Satelital del Sector en Estudio</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4. Diagrama General del Método para la Determinación de Acidez Libre</b>	<b>29</b>
<b>Figura 5. Diagrama General del Método para la Determinación del Índice de Peróxido.</b>	<b>29</b>
<b>Figura 6. Evolución del Índice de Madurez Durante Cinco Fechas de Cosecha</b>	<b>34</b>
<b>Figura 7. Rendimiento Graso en Cinco Fechas de Cosecha</b>	<b>36</b>
<b>Figura 8. Nivel de Polifenoles en Cinco Fechas de Cosecha</b>	<b>39</b>
<b>Figura 9. Evolución del Ácido Palmítico en Cinco Fechas de Cosecha</b>	<b>42</b>
<b>Figura 10. Evolución del Ácido Oleico en Cinco Fechas de Cosecha.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 11. Evolución de las Temperaturas Medias de los Periodos Previos a las Cosecha, en Relación a la Evolución del Ácido Oleico.</b>	<b>46</b>
<b>Figura 12. Evolución de Relación Monoinsaturados/Poliinsaturados y Oleico/Linoleico.</b>	<b>48</b>
<b>Figura 13. Evolución de la Relación de Ácidos Insaturados/Saturados y Oleico/Palmítico.</b>	<b>49</b>

<b>Figura 14. Evolución Sensorial de los Atributos de Frutado y Dulce en Aceites de Arbequina en Cinco Fechas de Cosecha.</b>	<b>50</b>
<b>Figura 15. Evolución Sensorial de los Atributos de Frutado y Dulce en Aceites de Arbequina en Cinco Fechas de Cosecha.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 16. Comparación Sensorial de Arbequina entre la Primera y Última Cosecha.</b>	<b>52</b>
<b>Figura 17. Diagramas de Muestras del PC1 v/s PC2 a partir de un Modelo PCA.</b>	<b>53</b>
<b>Figura 18. Diagramas de Variables del PC1 v/s PC2 a partir de un Modelo PCA.</b>	<b>54</b>
<b>Figura 19. Coeficientes de Regresión del Ácido Oleico v/s Fechas de Cosecha, Rendimiento Graso y otros Ácidos Grasos.</b>	<b>56</b>
<b>Figura 20. Coeficientes de Regresión del Ácido Palmítico v/s Fechas de Cosecha y el resto de los Ácidos Grasos Principales.</b>	<b>57</b>
<b>Figura 21. Coeficientes de Regresión de los Polifenoles v/s Fechas de Cosecha, Pruebas Espectrofotométricas y Atributos Sensoriales.</b>	<b>58</b>
<b>Figura 22. Evolución del Índice de Madurez en las Cuatro Cosechas de Picual.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 23. Rendimiento Graso en Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>64</b>
<b>Figura 24. Absorbancia a 232nm en Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>65</b>
<b>Figura 25. Nivel de Polifenoles en Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>69</b>
<b>Figura 26. Evolución del Ácido Palmítico en Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>72</b>
<b>Figura 27. Evolución del Ácido Estéarico en Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>73</b>

<b>Figura 28. Evolución del Ácido Oleico en Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>76</b>
<b>Figura 29. Evolución del Ácido Linoleico en Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>78</b>
<b>Figura 30. Evolución de Relación Oleico / Linoleico y Monoinsaturados / Poliinsaturados.</b>	<b>80</b>
<b>Figura 31. Evolución de Relación Oleico / Linoleico y Monoinsaturados / Poliinsaturados.</b>	<b>81</b>
<b>Figura 32. Evolución Sensorial de los Atributos de Frutado y Dulce en Aceites de Picual en Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>82</b>
<b>Figura 33. Evolución Sensorial de los Atributos de Frutado y Dulce en Aceites de Picual en Cuatro Índices de Madurez.</b>	<b>83</b>
<b>Figura 34. Diagramas de Muestras del PC1 v/s PC2 a partir de un Modelo PCA.</b>	<b>84</b>
<b>Figura 35. Diagramas de Variables del PC1 v/s PC2 a partir de un Modelo PCA.</b>	<b>85</b>
<b>Figura 36. Coeficientes de Regresión del Ácido Oleico v/s Índices de Madurez, Rendimiento Graso, Ácidos Grasos y Atributos Sensoriales.</b>	<b>87</b>
<b>Figura 37. Coeficientes de Regresión del Ácido Linoleico v/s Índices de Madurez, Rendimiento Graso, Ácidos Grasos Principales y Atributos Sensoriales.</b>	<b>88</b>
<b>Figura 38. Coeficientes de Regresión del Ácido Palmítico v/s Índices de Madurez, Rendimiento Graso, Ácidos Grasos y Atributos Sensoriales.</b>	<b>90</b>
<b>Figura 39. Coeficientes de Regresión de los Polifenoles v/s las Variables Índices de Madurez, Rendimiento Graso, Ácidos Grasos y Atributos sensoriales.</b>	<b>91</b>

## RESUMEN

Con el objetivo de establecer los efectos de los diferentes índices de madurez y fechas de cosecha sobre la calidad química-nutricional, sensorial y el rendimiento graso de los aceites de oliva, se realizaron cuatro tratamientos de índice de madurez en la variedad Picual y cinco de fecha de cosechas en la variedad Arbequina, durante la temporada 2006 en un huerto de 5 años de edad ubicado en la localidad de Talhuén, provincia del Limarí, Región de Coquimbo (latitud: 19287742 y longitud: 6617419 a 341 msnm). Para tales efectos, se seleccionaron 6 plantas al azar y se extrajo el aceite de las olivas mediante una mini-almazara Oleomio Spremoliva. Los tratamientos consistieron en la variedad Picual de: IM1, índice de madurez menor o igual que 2; IM2, índice de madurez mayor que 2 y menor o igual que 3; IM3, índice de madurez mayor que 3 y menor o igual que 4 y IM5, índice de madurez mayor que 4. En tanto, los tratamientos de la variedad Arbequina fueron: C1, cosecha del 28 de abril; C2, cosecha del 05 de mayo; C3, cosecha del 12 de mayo; C4, cosecha del 19 de mayo; C5, cosecha del 27 de mayo.

Los resultados de la variedad Arbequina mostraron que el ácido palmítico disminuyó con las cosechas, en cambio, el ácido oleico presentó un aumento significativo de su proporción. En cuanto a los ácidos esteárico y linoleico, mostraron estabilidad de su proporción. El rendimiento graso exhibió un aumento durante las cosechas, en contraste, los polifenoles y los atributos sensoriales no mostraron diferencias significativas, sin embargo, se observaron fuertes asociaciones entre los atributos de amargo y picante con el contenido de polifenoles. En la variedad Picual los ácidos palmítico y oleico mostraron una disminución de su proporción durante la maduración, en cambio, los ácidos esteárico y linoleico exhibieron un claro aumento de su participación. Los atributos sensoriales no tuvieron cambios significativos, sin embargo, se apreció una fuerte asociación con los polifenoles, los cuales si mostraron diferencias significativas.

**Palabras claves:** índices de madurez, aceite de Oliva, caracterización químico nutricional.

## SUMMARY

With the objective to establish the effects of the different indices from maturity and dates of harvest on the quality chemistry-nutricional, sensorial and the greasy yield of olive oil, four treatments of ripeness index in the variety Picual and five of date of harvests in the Arbequina variety were made, during season 2006 in an orchard of 5 years of age located in the locality of Talhuén, province of the Limarí, Region of Coquimbo (latitude: 19287742 and length: 6617419 to 341 msnm). For such effects, 6 plants were selected at random and the oil of olives by means of an mini-oil mill Oleomio Spremoliva was extracted. The treatments consisted of the Picual variety of: IM1, index of smaller ripeness or just as 2; IM2, index of ripeness greater than 2 and smaller or just as 3; IM3, index of ripeness greater than 3 and smaller or just as 4 and IM5, index of ripeness greater than 4. In as much, the treatments of the Arbequina variety were: C1, harvests of the 28 of April; C2, harvests of the 05 of May; C3, harvests of the 12 of May; C4, harvests of the 19 of May; C5, harvests of the 27 of May.

The results of the Arbequina variety showed that the palmitic acid diminished with the harvests, however, oleic acid displayed a significant increase of their proportion. As far as stearic acids linoleic, they showed stability of his proportion. The greasy yield exhibited an increase during the harvests, in contrast, polyphenolic and the sensorial attributes did not show significant differences, nevertheless, forts were observed associations between the attributes of bitter and pungent with the content of phenolic compounds. In the Picual variety the stearic acids and oleic showed a diminution of their proportion during the maturation, however, the acids esteárico and linoleico exhibited a clear increase of their participation. The sensorial attributes did not have significant changes, nevertheless, was appraised a strong association with polyphenolic, which if they showed significant differences.

**Key words:** indices of ripeness, olive oil, nutricional chemical characterization.

## ABREVIATURAS

ACP	: Proteína transportadora de acilos
CE	: Comunidad Europea
COI	: Consejo Oleícola Internacional
DVS	: Diferencias verdaderamente significativas
HDL	: Lipoproteína de alta densidad
IM	: Índice de madurez
In	: Insaturados
IP	: Índice de peróxidos
K232	: Absorbancia a 232 nm
K270	: Absorbancia a 270 nm
KAS	: Sistema enzimático ácido graso sintetasa
LDL	: Lipoproteína de baja densidad
Li	: Linoleico
Mi	: Monoinsaturados
OI	: Oleico
Pa	: Palmítico
PC	: Componente principal
PCA	: Análisis de componente principal
Pi	: Poliinsaturados
PLS	: Cuadrados mínimos parciales
St	: Saturados
UV	: Ultra Violeta
C16:0	: Ácido palmítico
C18:0	: Ácido esteárico
C18:1	: Ácido oleico
C18:2	: Ácido linoleico
C18:3	: Ácido linolénico

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. SITUACIÓN GENERAL DE LA OLIVICULTURA NACIONAL E INTERNACIONAL

La oliva es el fruto del olivo (*Olea europaea*), árbol que se cultiva en todos los países de la cuenca del Mediterráneo, especialmente en el centro y sur de España e Italia, en Grecia, Turquía, Túnez y Marruecos. El aceite de oliva virgen es el zumo de la oliva, extraído por medios exclusivamente mecánicos, sin utilizar calor ni disolventes químicos (IMIDRA, 2005).

El aceite de oliva es un producto que ha ganado un número creciente de adeptos en los últimos años como consecuencia de sus excelentes propiedades (Erkekjian, 2005) y, a raíz de esto, ha cobrado gran importancia desde un punto de vista económico productivo, ya que ha aumentado su consumo a nivel mundial en un 55% en la última década (Trebilcock, 2003), de hecho, el crecimiento según la media anual de consumo de aceite de oliva es de un 3.8%, si bien este crecimiento está por debajo del crecimiento de la producción (COI, 2004). En términos concretos, la producción mundial de aceite de oliva aumentaría en 170.000 ton para la temporada 2007/2008 y el consumo mundial de aceite en el mismo horizonte temporal aumentaría en 128.000 ton, correspondiendo a la Comunidad Europea 70.000 ton y las restantes 58.000 ton principalmente a Estados Unidos, Canadá, Japón, Brasil, China/Taiwán, entre otros (COI, 2005a).

En Chile la producción de aceite de oliva ha experimentado un crecimiento constante desde 1996, año en que aumentó fuertemente el consumo interno de esta variedad de aceite (DiarioPyme, 2002), proyectándose para la temporada 2006/07 una superficie de 8.600 ha de olivos cultivados a nivel nacional (Iglesias, 2007). De la misma forma, la superficie de olivos en la región de Coquimbo ha aumentado considerablemente, registrándose el 2005 una superficie de 1232 ha, constituyendo de esta manera el 21.5% de la superficie nacional. Específicamente la comuna de

Ovalle tiene una gran importancia en relación a su contribución con la superficie plantada a nivel provincial y regional, aportando el 98.13% y el 86.13% de la superficie plantada respectivamente (ODEPA-CIREN, 2005). Pese a que la industria olivícola nacional comenzó a tomar fuerza sólo hace cinco años, la calidad de su proceso productivo y el buen sabor la han llevado a posicionarse en países como Estados Unidos, Bélgica, Alemania, Puerto Rico, Venezuela y Colombia, entre otros (Zúñiga, 2004), siendo destacado para Chile el mercado de Estados Unidos por ser el segundo importador mundial de aceite de oliva, representando un mercado en permanente expansión (Erkekadjian 2005). Es en este mercado donde Chile puede aprovechar las ventajas comparativas (clima) y competitivas (TLC) (Vallejos, 2003).

La situación descrita, permitiría competir de mejor forma con una buena relación precio-calidad, privilegiando la calidad por sobre el precio. En consecuencia, es claro que la estrategia de Chile no es competir con volumen sino a través de la calidad (Trebilcock, 2003).

La calidad de los aceites de oliva está dada principalmente por el factor agroclimático, la variedad, las prácticas culturales, la procedencia de la fruta, la forma de recolección y la época de cosecha (Uceda *et al.*, 2004) y es respecto a este último punto que, tanto para el olivo como para otros cultivos, es preciso establecer de forma racional las bases que definen, en función de sus características, el período óptimo para llevar a cabo la recolección. Por lo tanto, se hace necesario conocer la evolución del fruto hasta llegar a su madurez (Porrás, 1994), revistiendo el estudio del proceso de maduración de las olivas un interés primordial para la obtención de aceites de oliva de calidad. No obstante, para tales efectos sería deseable que la recolección de las olivas se efectuara en una época que permitiera conseguir el rendimiento máximo en la extracción y asegurar las mejores características cualitativas del aceite producido (Sánchez *et al.*, 1999).



## 1.2. MERCADO Y TENDENCIA DE PRODUCCIÓN MUNDIAL.

Las estadísticas de producción de los principales aceites vegetales fluidos comestibles, comparadas con las de los aceites de oliva, pone de manifiesto que este último solo representa el 4.35 % de la producción mundial de aceites vegetales (COI, 2005a), demostrándose a través de esta cifra que se trata de un mercado bastante específico (FIA, 2003).

Si bien, durante los últimos años el volumen total de las exportaciones mundiales de aceite de oliva se ha mantenido estable en valores superiores a los 2.000 millones de dólares, el 52% de este volumen correspondió, en el año 2002, a las exportaciones españolas de aceite de oliva, que alcanzaron los 1.250 millones de dólares. Italia es el segundo país exportador del producto con una participación del 32% del total el año 2002, seguido por Grecia con 7% del total mundial. Estos tres países concentran más del 90% de las exportaciones. Portugal, Turquía, Túnez, Argentina y el Reino Unido son también exportadores importantes de aceite de oliva, aunque con una participación menor en el total (Erkekjian, 2005)

En el Cuadro 1 se presenta la evolución de la producción mundial de aceite de oliva, sus proyecciones y su relación con el consumo.

**Cuadro 1.** Producción mundial de aceite de oliva.

<b>La producción mundial de aceites de oliva y de aceites de orujo comestible (en t)</b>			<b>Proyecciones</b>	
1990/91-1999/00	2000/01-2004/05	Diferencial en %	2007/8*	2010/11**
2.071.320	2.763.100	33%	3.207.600	3.399.400

\* 82.000 toneladas más que las cifras relativas a las proyecciones de consumo

\*\* 106.000 toneladas más que las cifras relativas a las proyecciones de consumo

Elaboración propia. Fuente: COI, (2005a)

### 1.2.1. Consumo de Aceite de Oliva

La progresión media anual del consumo de aceite de oliva durante los años 1990/91 – 2003/04 fue de aproximadamente un 4.0%, lo que supone un ritmo ligeramente inferior al de la producción, aunque con un ciclo caracterizado por amplitudes menos marcadas. Las proyecciones a partir de las temporadas 1990/91 – 2004/05 muestran un consumo en 2007/08 y 2010/11 de 3.125.600 y 3.293.100 toneladas, inferior a los niveles de producción. Este crecimiento es fundamental para mantener el equilibrio necesario para el producto y para el sector (COI, 2005a).

En ausencia de la identificación de un potencial de mercado adicional, con posibilidades de aumentar el consumo a un ritmo comparable al de la producción, pueden aparecer señales de vulnerabilidad del mercado, que posiblemente comprometan la tendencia positiva en la evolución del bienestar económico de los operadores del sector oleícola en los próximos años (Thabet, 2004).

La demanda mundial de aceite de oliva ha aumentado durante los últimos diez años, resultado de la gran difusión realizada sobre los beneficios del aceite para la salud y sus múltiples usos. Se considera que protege frente a las enfermedades coronarias y que contribuye a la longevidad. Al mismo tiempo, los principales países productores de la Unión Europea (UE) han reestructurado firmemente sus industrias, concentrando la producción en olivares mayores y cercanos a grandes instalaciones de procesado. Esto es lo que ha ocurrido fundamentalmente en España y en Grecia y, en menor medida, en Italia. En los últimos años, la industria olivarera se ha desarrollado también en países del hemisferio sur como Australia, Argentina y Nueva Zelanda (Improtechnology, 2005).

En Chile el consumo per cápita anual de aceite de oliva fluctúa entre 120 y 150 gramos. La cifra es inferior a los 800 gramos de los estadounidenses y está muy por debajo de los 14 kilos de los españoles y los 21 kilos de los griegos, los mayores consumidores de aceite de oliva del mundo (Zúñiga, 2004).

### **1.2.2. Perspectivas de Mercado para Chile**

Pese a que la industria olivícola nacional comenzó a tomar fuerza sólo hace cinco años, la calidad de su proceso productivo y el buen sabor la han llevado a posicionarse en países como Estados Unidos, Bélgica, Alemania, Puerto Rico, Venezuela y Colombia, entre otros. El Ministerio de Agricultura y ProChile anunciaron un crecimiento explosivo de los envíos de aceite de oliva en los próximos cinco años y, junto con ello, la auspiciosa meta de llegar a exportar unos US\$ 160 millones en el año 2009. Este optimismo se sustenta en sólidas bases, entre ellas, el importante avance que han mostrado los embarques en los últimos años y la buena recepción de sus productos por los consumidores (Zúñiga. 2004).

### **1.3. EL CULTIVO DEL OLIVO**

El Olivo es originario de una región geográfica que ocupa desde el sur del Cáucaso hasta las altiplanicies de Irán, Palestina y la zona costera de Siria. Se extendió por Chipre hacia Anatolia y, a través de Creta, hacia Egipto, hasta poblar todos los países ribereños del Mediterráneo. El hábitat del olivo se concentra entre las latitudes 30° y 45°, tanto en el hemisferio Norte como en el Sur, en regiones climáticas del tipo Mediterráneo caracterizadas por un verano seco y caluroso. En el Hemisferio Sur el olivar está presente en latitudes más tropicales con climas modificados por la altitud (Civantos, 2004a).

#### **1.3.1. Botánica del Olivo**

El olivo pertenece al orden botánico de las Ligustrales, familia de las Oleáceas que comprenden a géneros tan extendidos como *Jasminum*, *Phyllirea*, *Ligustrum*, *Syringa*, *Fraxinus*, y *Olea*. En el género *Olea* se describen 30 especies diferentes repartidas por todo el mundo, todas ellas con el mismo número de cromosomas, entre las que se cuenta *Olea europea L* (Civantos, 2004b).

### **1.3.2. Requerimientos Climáticos del Olivo**

El cultivo del olivar es propio de climas Mediterráneos caracterizados por inviernos suaves y veranos largos, cálidos y secos. El olivo es más sensible al frío que otros frutales pero, al igual que ellos, experimenta un endurecimiento provocado por la acción de los fríos progresivos del otoño y entra en periodo de reposo, haciéndose resistente a temperaturas inferiores a 0 °C. En estado de reposo, temperaturas comprendidas entre 0° y -5 °C causan pequeñas heridas en brotes y ramas de poca edad que, en ocasiones, provocan su muerte; temperaturas inferiores a los -10°C pueden causar la muerte de ramas de gran tamaño e incluso de toda la parte aérea (INIA, 2000).

### **1.3.3. Requerimientos Edáficos**

El olivo es un árbol frutal de enraizamiento superficial, con su mayor actividad radicular entre los 0 y 40 cm de profundidad. Sin embargo, las necesidades de suelo varían desde los 0.8 a más de 1.2 metros. Las raíces que se desarrollan bajo los 40 cm fundamentalmente son de anclaje, dando firmeza al árbol para soportar los vientos y el peso de la fruta. La porosidad del suelo es fundamental puesto que el olivo requiere de una buena aireación en la zona de las raíces, siendo perjudiciales los suelos anegados o de arcillas densas (Loussert y Broouusse, 1980; Tapia, 1999).

### **1.3.4. Variedades**

Son pocos los cultivares que han alcanzado una difusión importante más allá de su zona geográfica inicial y casi siempre que lo han logrado, se ha producido en tiempos contemporáneos. Puede decirse que en la mayor parte de los países Mediterráneos, donde el cultivo del Olivo es muy antiguo, se siguen utilizando en las nuevas plantaciones preferentemente los cultivares autóctonos. Sin embargo, en la expansión del cultivo producido en la última década del siglo XX comienza a utilizarse, fuera de su zona, variedades acreditadas por su precocidad, por las

características de sus frutos y su facilidad de adaptación, entre otras características (Civantos, 2004b).

Existen diferentes variedades de olivo de comprobada aptitud para la producción de aceites de calidad, sin embargo, Arbequina y Picual son algunas de las variedades más utilizadas en los países donde se está expandiendo el cultivo del Olivo, caracterizándose por su precoz entrada en producción, elevada productividad, buen rendimiento graso y excelente calidad de sus aceites (Astorga, 2003).

#### **1.3.4.1. Variedad Picual**

La variedad Picual ocupa la totalidad de la provincia de Jaén y representa el 50% de la producción española y el 20% de la mundial. Es la principal variedad en Andalucía, estimándose que uno de cada dos olivos de esta comunidad corresponde a esta variedad (Civantos, 2004a).

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 de verde grisáceo.

El fruto es de color negro en maduración, de tamaño mediano, con forma elíptica y asimétrica. El ápice es apuntado y no suele presentar pezón, o si lo muestra es pequeño. La relación pulpa/hueso es media-alta. Su producción se establece precozmente, es elevada y relativamente constante. Posee un rendimiento medio en base seca de 46.1% (Troncoso *et al.*, 2006a). Se considera muy rústica por su adaptación a diversas condiciones de clima y suelo (Ujaén, 2006).

El aceite de Picual es un aceite de oliva virgen de gran estabilidad que presenta un frutado característico, aromático, con un ligero amargor y sabor un poco picante (Ujaén, 2006).

### **1.3.4.2. Variedad Arbequina**

Originariamente de Arbeca, Lérida da lugar a aceites muy aromáticos, de color verde a principio de cosecha, con notas olfativas características como la almendra, el tomate y la manzana. Se adapta a terrenos pobres y es resistente al frío. Su copa relativamente reducida, le permite mayores densidades de plantación que otros cultivares más vigorosos. Está reconocida como una de las mejores variedades para la obtención de aceites (Tous, 1993).

La oliva, de forma ovalada, tiene una baja proporción pulpa-hueso. Por su pequeño tamaño, unos 1,9 gramos de peso en promedio, es difícil de cultivar mecánicamente, pero es muy apreciada porque el árbol da una gran cantidad de fruta y con una relativamente alta proporción de aceite del 47.7%. De esta variedad de aceituna se obtienen las denominaciones de origen Les Garrigues y Siurana.

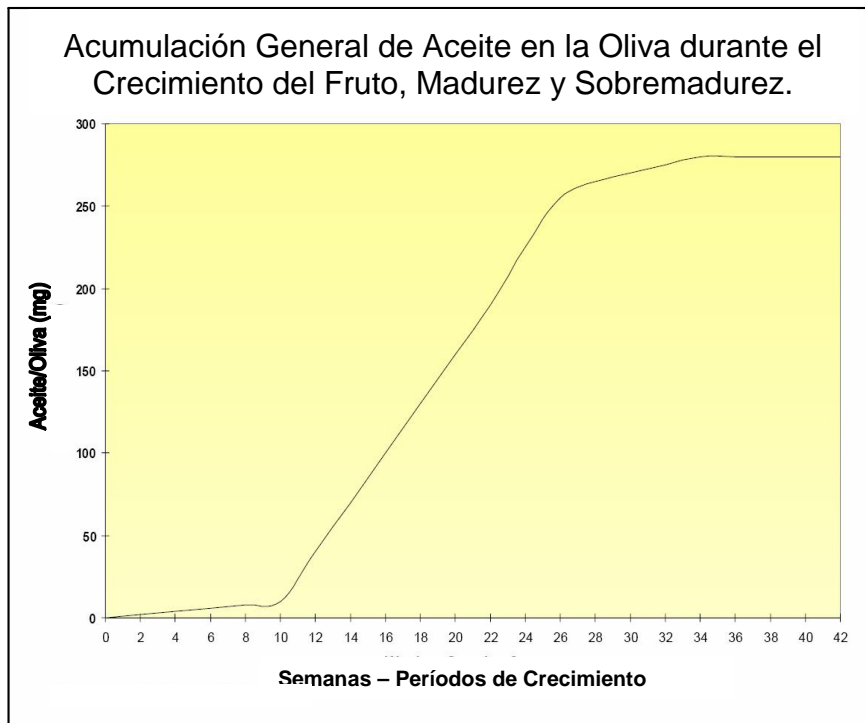
Los aceites que produce esta variedad tienen un elevado contenido en ácido linoleico y, por tanto, cierta tendencia a la oxidación, por lo que deben ser almacenados en lugares oscuros y deben ser consumidos pronto. Estos aceites son densos y fluidos y el sabor tiene una reminiscencia de frutos de huerto. Aunque son aceites muy apreciados, la producción tiende a sufrir mucho por las variaciones en el clima de las zonas de cultivo, especialmente si se dan periodos de sequía. (Olive Oil from Spain, 2000).

## **1.4. OBTENCIÓN DE ACEITE DE OLIVA VIRGEN**

El aceite de oliva virgen es el aceite obtenido del fruto del olivo por medios físicos, en condiciones térmicas apropiadas que no causen alteraciones del aceite y que no hayan tenido otros tratamientos distintos del lavado, la decantación, la centrifugación y la filtración (COI, 2004).

En la oliva, el aceite constituye el 15-26% del fruto y se encuentra en las vacuolas al interior de sus células, alcanzando niveles de mayor estabilidad a partir

de la semana 28 posterior a la brotación, correspondiente al mes de marzo, según las condiciones de Chile (Figura 1)



**Figura 1.** Acumulación general de aceite en la oliva. (Fuente: Vossen, 2004)

La producción de aceite de oliva consiste en la separación del aceite contenido en el fruto de los componentes sólidos y el agua de vegetación. La molienda rompe estas células, desprendiendo el aceite (Garrido *et al.*, 2005).

#### 1.4.1. Procesos de Extracción

La obtención del aceite por presión es el procedimiento más antiguo de extracción, habiendo evolucionado a lo largo del tiempo las clases de prensas hasta llegar a las prensas hidráulicas actuales (COI, 2004). Este es un sistema de baja capacidad de producción y que produce un residuo sólido (orujo). Por otra parte, por ser un proceso discontinuo es difícil obtener un producto de calidad homogénea (Cert *et al.*, 1999). Actualmente en Chile, para la extracción del aceite de oliva, se emplean dos procesos: uno de ellos se basa en una separación en una centrífuga horizontal

(“decanter”) de las tres fases presentes en la oliva (aceite, agua de vegetación y sólido); en el otro, de dos fases, se separa el aceite del resto de los componentes presentes en los frutos (Garrido *et al.*, 2005).

En resumen, de la oliva se obtiene el aceite mediante las siguientes operaciones: Molienda, Batido, Extracción, Separación del aceite del alpechín o alperujo (COI, 2004).

#### **1.4.2. Molienda**

El proceso de molienda, en la generalidad de las almazaras, se realiza con trituradores metálicos de martillos. En esta operación es necesario tener muy en cuenta el tipo de material de construcción de las pastillas y de la criba, pues debido a su acción, son las piezas que más se desgastan y, por lo tanto, las responsables de transmitir trazas metálicas a la masa molida (Alba, 1997), disminuyendo el efecto de los compuestos antioxidantes en el aceite (Keceli y Gordon, 2002).

#### **1.4.3. Batido**

Una vez molida la oliva la siguiente operación de preparación de la pasta es el batido de la misma. La operación de batido, relativamente moderna, consiste en remover lenta y continuamente la pasta con objeto de formar una fase oleosa continua y así facilitar la separación del aceite en los siguientes procesos de elaboración, bien sea extracción parcial, presión o centrifugación (Uceda, 2002).

La formación de esta fase oleosa continua se consigue por el efecto mecánico del giro de las paletas que favorece la unión de las gotitas en gotas más grandes, junto con la rotura de la emulsión aceite/agua debida a la alteración de las membranas de las gotas de aceite que permite la agrupación de la fase oleosa (Uceda 2002). Las principales variables reguladoras en este proceso son el tiempo y la temperatura de batido en que se realiza (Tovar, 2001).



#### **1.4.4. Centrifugación**

La centrifugación se realiza en la centrífuga horizontal o decánter, que puede ser de tres fases (separando en orujo, alpechín y aceite) o de dos fases (separando en orujo húmedo y aceite) (COI, 2004). Estas máquinas, construidas íntegramente de acero inoxidable, pueden influir en las características organolépticas en función del caudal y temperatura del agua de fluidificación, del ritmo de inyección y del grado de aireación que provoca en el aceite como consecuencia de la elevada velocidad de rotación de la centrífuga (Alba, 1997).

### **1.5. CALIDAD DE LOS ACEITES DE OLIVA**

La obtención de un aceite de oliva virgen de alta calidad es una cadena que comienza en el árbol y termina en el envasado del aceite (Hurtado, 2004), siendo necesario realizar con esmero cada una de las operaciones de elaboración para conseguir el objetivo de calidad (Uceda, 2000).

Si se acepta que el futuro del aceite de oliva está ligado con su calidad, resulta preciso estudiar todos los factores que intervienen sobre la calidad del aceite, así como también los factores que inciden en su generación. Los cultivares y las condiciones edafoclimáticas, el grado de maduración y conservación de las drupas en el momento de la transformación, el proceso de trituración y batido y, por último, las condiciones en que se efectúa la conservación del aceite, inciden en los equilibrios del aceite ofrecido al consumidor y, por tanto, en la calidad (Schiratti, 1999).

#### **1.5.1. Factores que Afectan la Calidad del Aceite de Oliva**

Las características edafoclimáticas, la variedad, los factores agronómicos, plagas y enfermedades, el proceso de industrialización y la época de recolección, presentan una marcada incidencia sobre los parámetros de la fracción insaponificable como también en la saponificable (Uceda *et al.*, 2004).

### 1.5.2. El Índice de Madurez y su Influencia en la Calidad del Aceite de Oliva

El parámetro que indica la evolución de la maduración del fruto de la oliva es la variación de color de la misma. La oliva, que al principio tiene color verde, vira a un color amarillento como consecuencia de una fuerte reducción de los contenidos de clorofila. Posteriormente acumula antocianinas cuya concentración determina la intensidad del color, que puede ir desde el violáceo hasta el negro (Minguez y Garrido, 1989; Beltrán *et al.*, 2004a)

Para la determinación del índice de madurez se utilizó el método de Ferreira citado por Tous (2001). Sistema en el cual se sacan 100 frutos de una muestra y se clasifican en 8 categorías, calculándose de acuerdo a la siguiente relación.

$$IM = \frac{(ax0 + bx1 + cx2 + dx3 + ex4 + fx5 + gx6 + hx7)}{100}$$

Donde los valores a-h son el número de olivas de la clase 0 hasta la 7, respectivamente y estos números a su vez corresponden al factor por el cual serán multiplicados el número de olivas en cada clase (Tous, 1993).

La duración del periodo de maduración es variable de unos años a otros y entre localidades, dependiendo de las condiciones climáticas y de las características varietales (Pastor *et al.*, 1998). De la misma forma, si el árbol está muy cargado se produce una gran competencia entre los frutos disminuyendo los valores del índice de madurez, aumentando así el periodo de maduración (El Antari *et al.*, 2000).

La calidad del aceite, en lo que se refiere a los índices fisicoquímicos que la determinan, puede considerarse constante en un largo periodo de tiempo después de la maduración, en tanto los frutos permanezcan en el árbol. Por el contrario, las características organolépticas desmejoran a medida que la recolección se retrasa, obteniéndose aceites más frutados y aromáticos al comienzo del período de maduración e incluso con un apreciable porcentaje de frutos verdes (Porrás, 1994).

Por tanto, se puede decir que la fase de maduración puede incidir directamente o indirectamente en la calidad del aceite (Koutsaftakis, 2000; Alcubilla *et al*, 2002)

De acuerdo a Sánchez *et al.* (1999) la Influencia de la variedad sobre la composición química de los aceites, que corresponde a una parte importante de la calidad, no siempre concuerda, teniendo en cuenta, no obstante, que dicha composición está en función del grado de madurez de los frutos y que esta influencia disminuye normalmente a medida que avanza el proceso de maduración. Esto es confirmado por Pastor *et al.* (1998) quien menciona que, a medida que avanza la maduración, se reduce la calidad organoléptica del aceite, siendo los aceites recolectados a final de temporada los que tienen puntuación más baja en un panel sensorial (aceites mucho menos frutados, amargos o picantes).

Es importante mencionar que a medida que la recolección de las olivas es más tardía, llegando a niveles incluso de sobremaduración, se genera una degradación de los triacilglicerol en diacilglicerol y ácidos grasos libres por acción de las lipasas. Estos cambios generan consecuencias desfavorables para la calidad del aceite obtenido, el que se vuelve claramente ácido, caracterizándose por un alto porcentaje de ácido palmítico (Marzouk, 1999).

## **1.6. CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE LOS ACEITES DE OLIVA VIRGEN**

Los aceites de oliva virgen son los aceites obtenidos a partir del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos u otros procedimientos físicos en condiciones que no ocasionen la alteración del aceite y que no hayan sufrido tratamiento alguno distinto del lavado, la decantación, el centrifugado y la filtración, excluyendo los aceites obtenidos mediante disolvente, coadyuvante de acción química o bioquímica, reesterificación o por cualquier mezcla con aceites de otra naturaleza (Civantos, 2004).

En el Cuadro 2 se describen las características químicas de las diferentes categorías de aceites de oliva.

**Cuadro 2.** Características químicas de las categorías de los aceite de oliva.

Características de los aceites de oliva reglamento CE Nº 2568/91. Modificación 1989/03									
Categoría	Acidez (%)	Índice de peróxidos mEq O <sub>2</sub> /kg	Ceras mg/kg	Ác. saturados en posición 2 de los triglicéridos (%)	K272	K270	ΔK	E. organoléptica mediana del defecto (Md)	E. organoléptica mediana del atrib. frutado(Mf)
Aceite de oliva virgen extra	≤ 0,8	≤ 20	≤ 250	≤ 1,5	≤ 2,50	≤ 0,22	≤ 0,11	Md = 0	Mf > 0
Aceite de oliva virgen	≤ 2,0	≤ 20	≤ 250	≤ 1,5	≤ 2,60	≤ 0,25	≤ 0,11	Md ≤ 2,5	Mf > 0
Aceite de oliva lampante	> 2,0	-	≤ 300	≤ 1,5	-	-	-	Md ≤ 2,5	-
Aceite de oliva refinado	≤ 0,3	≤ 5	≤ 350	≤ 1,8	-	≤ 1,10	≤ 1,16	-	-

Elaboración propia. Fuente: Uceda *et al.* (2004)

## 1.7. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEITES

Los compuestos químicos del aceite de oliva pueden integrarse en dos grupos: fracción saponificable e insaponificable (Infoagro, 2006).

### 1.7.1. Fracción Saponificable

Representa entre el 98.5% y el 99.5% del peso del aceite de oliva. Está formada principalmente por glicéridos, los que se diferencian por los ácidos grasos que los forman y por el número de grupos alcohol de la glicerina que se han unido a ácidos grasos. Los mono y diglicéridos se encuentran en pequeña cantidad, 0.2% y 1.3% sobre ácidos grasos totales respectivamente, así como fosfátidos y algunos ácidos libres, constituyendo los triglicéridos el grupo mayoritario (Tovar. 2001).

Una de las razones básicas por las cuales el aceite de oliva es considerado un alimento cardiosaludable es su composición en ácidos grasos (Cuadro 3), siendo la principal característica su riqueza en ácido oleico (C18:1). Otro factor importante es el contenido en ácido linoleico, ácido graso poliinsaturado con dos enlaces dobles, de los cuales el más próximo al extremo metílico de la molécula está situado entre los carbonos 6 y 7. El organismo animal es incapaz de introducir enlaces dobles en esta posición, razón por la cual el ácido linoleico es indispensable para la nutrición humana (Tovar. 2001).

**Cuadro 3.** Composición de ácidos grasos del aceite de oliva expresado en porcentaje

Ácidos Grasos		Límites (%)
Mirístico	C <sub>14:0</sub>	0,0 - 0,05
Palmítico	C <sub>16:0</sub>	7,5 -20,0
Palmitoleico	C <sub>16:1</sub>	0,3 - 3,5
Heptadecanoico	C <sub>17:0</sub>	0,0 - 0,3
Heptadecenoico	C <sub>17:1</sub>	0,0 - 0,3
Esteárico	C <sub>18:0</sub>	0,5 - 5,0
Oleico	C <sub>18:1</sub>	55,0 - 83,0
Linoleico	C <sub>18:2</sub>	3,5 - 21,0
Linolénico	C <sub>18:3</sub>	0,0 - 1,0
Araquídico	C <sub>20:0</sub>	0,0 - 0,6
Eicosanoico	C <sub>20:1</sub>	0,0 - 0,4
Behénico	C <sub>22:0</sub>	0,0 - 0,2
Lignocérico	C <sub>24:0</sub>	0,0 - 0,2

Elaboración propia. Fuente: COI (2006)

### 1.7.2. Fracción Insaponificable

Es la fracción de los compuestos menores que en su mayor parte son insaponificables. Supone una parte muy pequeña pero reviste gran importancia desde el punto de vista del valor biológico. El contenido de clorofila, que comunica el color verde, y el caroteno, que determina la pigmentación amarilla, dan lugar al color resultante de cada aceite. El  $\beta$ -caroteno es precursor de la vitamina A y además actúa como antioxidante (Tur, 2004; Fitó, 2003). Los componentes volátiles aromáticos influyen en el aroma y sabor y por su naturaleza antioxidante, determinan de una manera decisiva la estabilidad del aceite.

Entre los esteroides destaca el  $\beta$ -sitosterol, que contribuye a disminuir la absorción del colesterol (Civantos, 2004).

El contenido de tocoferoles del aceite de oliva, como en todos los aceites comestibles, tiene gran importancia derivada de sus cualidades nutricionales y de su actividad antioxidante, protegiendo a los restantes componentes de la grasa contra el

proceso de autooxidación (Choe y Min, 2006; Tur, 2004). Sin embargo, no se conoce la contribución relativa que estos compuestos tienen sobre la estabilidad.

Es conocido también que el aceite de oliva virgen contiene cantidades variables de otros componentes minoritarios como los polifenoles, cuyo contenido total oscila dependiendo en gran parte de la variedad, procedencia de la aceituna y de su estado de conservación. Su presencia es también de gran importancia para la estabilidad de los aceites vírgenes ya que en muchos casos actúan como inhibidores de la autooxidación (Salvador *et al.*, 1998; Sánchez *et al.* 2006).

Además de los componentes menores relacionados con la calidad que se han mencionado, entre los constituyentes de carácter apolar destaca el escualeno, hidrocarburo terpénico que se encuentra en concentraciones más altas que en otros aceites vegetales (0.5-1.0%). A concentraciones mucho menores se detectan hidrocarburos alifáticos saturados desde el C15 hasta el C35, hidrocarburos alifáticos monoinsaturados desde C14 a C25 e hidrocarburos sesquiterpénicos, principalmente  $\alpha$ -farneseno. Entre los constituyentes polares destacan los componentes de tipo alcohólicos pudiéndose distinguir alcoholes terpénicos alifáticos (fitol y geranilgeraniol), alcanoles, alcoholes triterpénicos cíclicos, metilesteroles, esteroides, eritrodol y uvaol. Los ácidos triterpénicos, junto con los compuestos fenólicos antes mencionados, son los constituyentes más polares (Cert *et al.*, 1999).

La oxidación es el proceso químico que lleva al enranciamiento del aceite, proceso que empieza mediante la adición por sustitución del oxígeno atmosférico por un ácido graso. En los ácidos grasos insaturados este fenómeno ocurre frecuentemente en los centros activos adyacentes al doble enlace y en el grupo carboxilo en ácidos grasos saturados, activado principalmente de manera fotoquímica (en el campo de luz ultravioleta) u otro sistema energético o químico, donde la clorofila juega un papel importante en el fenómeno de intensidad de longitud de onda y en el transporte de oxígeno (Crothers, 2005 y Choe y Min, 2006).

## **1.8. PARÁMETROS PARA LA CATEGORIZACIÓN COMERCIAL DE ACEITES**

### **1.8.1. Determinación de Acidez**

Uno de los parámetros indicadores de la calidad en un aceite de oliva es el grado de acidez libre que se define como la cantidad de ácidos grasos libres presentes en el aceite, expresada como porcentaje de ácido oleico (IMIDRA, 2005).

Los procesos lipolíticos de la oliva escinden los triglicéridos en la fase de maduración, con mayor frecuencia en la recolección. Estos procesos lipolíticos se intensifican mediante hidrólisis y autooxidación, dando lugar a la formación de ácidos grasos libres que reducen la calidad sensorial del aceite. Así, a menor contenido de ácidos grasos libres, mayor calidad sensorial del aceite (Assmann, 2001).

### **1.8.2. Índice de Peróxido**

El índice de peróxido mide el estado de oxidación primario de un aceite, ya que determina el nivel de hidroperóxidos de la muestra. Los hidroperóxidos son compuestos de oxidación primaria que se originan durante el proceso de elaboración y almacenamiento al quedar expuesto el aceite al ataque del oxígeno. En una segunda etapa del proceso de oxidación, estos hidroperóxidos se descomponen en una serie de productos finales de oxidación (Espínola, 1996).

La peroxidación lipídica que da lugar al enranciamiento oxidativo es el principal cambio que origina el deterioro del aceite de oliva durante su almacenamiento. Ello se debe a la oxidación de los ácidos grasos insaturados iniciada por los radicales libres y a la posterior formación de compuestos dotados de un sabor y aromas desagradables (Assmann, 2001).

### **1.8.3. Absorbancia Espectrofotométrica**

Son indicadores de la presencia de compuestos de oxidación complejos en un aceite, distintos de los peróxidos. Se expresan mediante coeficientes conocidos

como  $K_{270}$  y  $K_{232}$ . Estos compuestos se originan por una mala conservación o por modificaciones inducidas por los procesos tecnológicos. Por tanto, a mayor  $K_{270}$  y  $K_{232}$ , menor será la capacidad antioxidante de un aceite (CERE-SPAIN, 2001).

Las características espectrofotométricas al UV son mediciones del coeficiente de extinción ( $E_{1\%}^{1\text{cm}}$ ) a 232 y 270 nm, que corresponde a la máxima absorción de los dienos y trienos conjugados (Salvador *et al.*, 2000). De esta forma, los productos de oxidación secundaria absorben la luz UV: los aldehídos y cetonas a 262 nm, 260 nm, 270 nm y 274 nm; los hidroperóxidos y los dienos conjugados a 232 nm y los trienos conjugados a 270 nm. Este método es muy inespecífico, pero proporciona una primera impresión sobre la frescura del aceite de oliva (TDC-OLIVE, 2005).

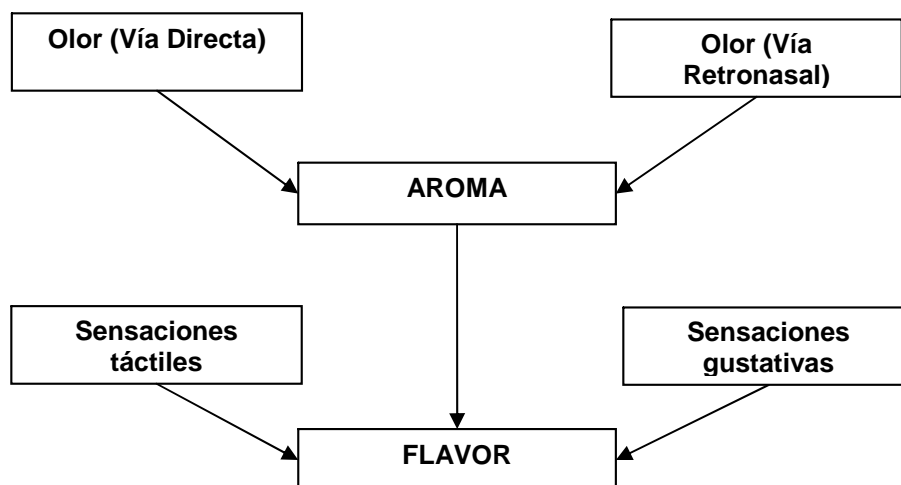
## 1.9. VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA

El análisis sensorial del aceite de oliva, al igual que en otros productos alimentarios, es una herramienta cada vez más utilizada por los sectores elaborador y comercial de este producto, a fin de obtener información sobre las características organolépticas percibidas por el consumidor. El análisis sensorial del aceite de oliva virgen evalúa y cuantifica los atributos positivos y negativos de forma normalizada y con fiabilidad estadística, debe realizarse mediante paneles de cata analíticos debidamente entrenados y con intercalibración de muestras para que los resultados obtenidos sean fiables y el método sea equivalente a cualquier otra técnica de análisis instrumental (Tous y Romero, 2001).

Este método tiene por finalidad establecer los criterios necesarios para valorar las características del flavor del aceite de oliva y desarrollar la sistemática necesaria. Se limita a clasificar el aceite virgen en una escala numérica, relacionada con la percepción de los estímulos de su flavor, según el juicio de un grupo de catadores seleccionados constituidos en panel (Espínola, 1996). Cuando la evaluación no considera en su sistemática, los factores hedónicos del individuo, por ejemplo, aquellos que provienen de su experiencia personal o de su propia cultura, se denomina Análisis Sensorial (Alba, 1997).



Las sensaciones que interviene en este proceso se resumen en la Figura 2.



**Figura 2.** Diagrama de formación del Flavor. (Elaboración propia. Fuente: Alba, 1997)

### 1.9.1. Atributos Positivos del Aceite de Oliva

El aroma a oliva madura o verde, procedente de aceitunas sanas y frescas es lo que se conoce como “frutado de la oliva” y es una sensación fundamental en el aroma de los aceites vírgenes (Alba, 1997). El frutado, como principal característica organoléptica, es un fiel reflejo de la materia prima de la cual procede el aceite y ha de estar presente en todos los aceites vírgenes que han de llegar al consumidor. Siendo así que cuando las olivas están muy inmaduras, los aceites que se obtienen de ellas son de color muy verdes, con un frutado muy intenso, y con una nota verde muy acentuada. Además estos aceites pueden ser amargos, picantes, ásperos y astringentes. Si por el contrario estos aceites provienen de olivas muy maduras los aceites obtenidos son de color amarillo, poco o nada amargos, picantes, ásperos o astringentes y el frutado recuerda a las olivas maduras (García *et al.*, 1996; Alba, 1997; Benavides *et al.*, 2007).

### 1.9.2. Atributos negativos.

Los atributos sensoriales negativos generalmente se relacionan con una serie de etapas en el proceso productivo y de elaboración de los aceites, a partir de las cuales, si no son bien realizadas, será muy lógico que aparezcan defectos (Benavides *et al.*, 2007). Estas etapas son: recepción de la oliva en la almazara, elaboración global, almacenamiento en la bodega de la almazara y vida posterior hasta llegar al consumidor.

En resumen, considerando los dos apartados anteriores, los atributos que pueden presentarse en un aceite de oliva, son los siguientes:

**Cuadro 4.** Atributos Sensoriales

<b><u>Atributos positivos</u></b>	<b><u>Atributos negativos</u></b>
Frutado de oliva (verde o madura). Frutado apagado. Frutado de otras frutas. Verde (hojas, tallos, hierbas). Amargo. Picante. Astringente. Áspero. Dulce.	<b>Hasta la recepción:</b> Jabonoso, Tierra, Moho, Humedad, Heno, Madera, Olivas heladas. <b>Elaboración global:</b> Agrio, Avinado-avinagrado, Quemado-calentado, Metálico, Suciedad, Esparto, Humedad, Alpechín, Atenuación de atributos positivos y negativos. <b>Almacenamiento en Bodega:</b> Metálico, Suciedad, Rancidez. <b>Vida posterior hasta llegada al consumido:</b> Borras-turbios, Pútrido, Pepino, Alpechín, Basto (aceitón), peroxidación por aire en el deposito (rancio).

Elaboración propia. Fuente Alba (1997)

## 2. HIPÓTESIS

Considerando los antecedentes mencionados respecto a la justificación del presente estudio. Se postula que ante diferentes índices de madurez y fechas de cosecha, se obtendrán aceites de mejor calidad químico-nutricional del aceite de oliva con estados tempranos de madurez, asociándose esta condición con el momento nutricionalmente óptimo de cosecha en ambas variedades. No obstante, se considera que el rendimiento graso aumentará a medida que se logren estados de madurez superiores.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar variedades de oliva recolectadas con diferentes estados de madurez en la localidad de Talhuén, a través de la cantidad y calidad de sus aceites.

#### **3.2. OBJETIVO ESPECIFICO**

- Identificar los estados de madurez y fechas de cosecha de las olivas con mayor rendimiento graso de las distintas variedades, y relacionar este factor con las características químicas y organolépticas de los aceites.
- Caracterizar las variedades según sus índices biométricos y correlacionar estas características con el rendimiento graso obtenido.
- Establecer correlaciones químicas-nutricionales, de atributos sensoriales de los aceites y de rendimiento graso de las olivas, con los diferentes estados de madurez y fechas de cosechas establecidas.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. PERIODO Y LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

La ejecución del estudio estuvo sujeta en tiempo al periodo de madurez natural y de procesamiento industrial de la oliva, que para la comuna de Ovalle es a partir de mediados del mes de abril hasta finales del mes de junio de 2006. Durante este periodo se procedió a recolectar la fruta para la caracterización de calidad del aceite de oliva.

En este estudio en particular se colectaron las muestras de oliva del Fundo Agronoble S.A., empresa de origen Español ubicada en la quebrada El Ingenio del sector de Talhuén en la latitud: 19287742 y longitud: 6617419 a 341 msnm, distanciada aproximadamente a 3 kilómetros al norte de Ovalle (Figura 3).



Figura 3. Imagen satelital del sector en estudio. (Fuente: Google Earth)

Para la segunda etapa del estudio, que involucró la extracción del aceite y su análisis, se utilizó una mini-almazara marca OLEOMIO SPREMOLIVA con capacidad de  $10 \text{ kg h}^{-1}$ , propiedad del Instituto de Investigaciones Agropecuarias C.R.I-Intihuasi Ovalle. Los análisis químicos y sensoriales se realizaron en el Laboratorio Químico de Aceite y Panel de Cata, ubicados en dependencias de la Universidad de La Serena, siendo financiados por el Proyecto FDI-CORFO de acuerdo al convenio INIA/ULS.

## **4.2. MATERIAL VEGETAL**

El material vegetal utilizado en la investigación, constó de dos variedades de oliva de origen español, Arbequina I-18 y Picual, Estas con un marco de plantación  $5 \times 7 \text{ m}$  con 5 años de plantación. Ambas variedades se encontraban en el mismo sector del huerto, bajo los mismos manejos fitosanitarios, de fertirrigación y de control de malezas. Además fueron regadas con igual cantidad de agua, pues ambas poseían 5 goteros de  $4 \text{ L h}^{-1}$  por planta con un tiempo de riego de 3 horas diarias durante 5 días de la semana (periodo de septiembre a junio). En relación al suelo, este pertenece a la serie Talhuén, poseyendo características homogeneidad tanto en composición como profundidad, sin afloramiento visible de tertel calcáreo.

## **4.3. DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

### **4.3.1. Descripción Inicial del Procedimiento**

Durante la ejecución del estudio se evaluó la calidad química y sensorial del aceite de oliva de las variedades Arbequina I-18 y Picual, sometidas a dos diferentes estrategias de cosecha. En la variedad Arbequina se realizaron 5 cosechas distanciadas temporalmente entre si, a partir de una fecha previa al comienzo normal de recolección en el huerto, culminándose esta labor en una fecha posterior al término normal de cosecha en el lugar del estudio, para de esta manera analizar el periodo anterior, durante y posterior a la cosecha del huerto.

En el caso de la variedad Picual se inició la recolección de las muestras de olivas dentro de un rango inicial de índice de madurez preestablecido, colectándose las muestras subsiguientes a partir de los cambios progresivos en dicho índice a medida que estos lograron rangos de madurez superiores previamente establecidos. Posteriormente se procedió a relacionar la calidad química y sensorial de los aceites obtenidos con los índices de madurez, las características biométricas del fruto y el rendimiento graso.

#### **4.3.2. Elección del Sector a Muestrear**

Al interior del huerto Agronoble S.A., el lugar para la obtención de las muestras de oliva debió cumplir con características tales como: disponibilidad de las variedades a estudiar, homogeneidad topográfica y similitud de manejos en el sector.

#### **4.3.3. Elección de Plantas de Olivos**

Con posterioridad a la elección del sector a muestrear, se procedió a determinar las plantas que aportarían las muestras, fijándose para esto 6 plantas por variedad y procurando obtener características como: buen estado fitosanitario, productividad normal para la variedad y edad del cultivo, vigor medio y una producción no menor a los 15 kg por planta.

#### **4.3.4. Obtención de Muestras**

La toma de muestras se inició en la variedad Arbequina dos semanas antes de la cosecha normal del huerto, realizándose posteriormente una cosecha aproximadamente cada 7 días durante 5 semanas, efectuándose el último muestreo 2 semanas después de terminado el periodo de cosecha normal en el lugar de estudio (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Fechas de cosechas.

Cosecha	Fecha de Cosecha
Primera	28 de Abril de 2006
Segunda	05 de mayo de 2006
Tercera	12 de mayo de 2006
Cuarta	19 de mayo de 2006
Quinta	27 de mayo de 2006

La recolección de las muestras en la variedad Picual se comenzó cuando las olivas lograron el primero de los cuatro diferentes rangos de índices de madurez, continuándose con los siguientes muestreos a medida que se fueron alcanzando los posteriores rangos de madurez. En el Cuadro 6 se detallan los diferentes rangos de los índices utilizados para cada recolección:

**Cuadro 6.** Rangos de Índices de Madurez.

Cosecha	Rango del Índice de Madurez
Primera	$\leq 2$
Segunda	$> 2$ y $\leq 3$
Tercera	$> 3$ y $\leq 4$
Cuarta	$> 4$

La capacidad de procesamiento de la mini-almazara OLEOMIO SPREMOLIVA es de  $10 \text{ kg h}^{-1}$  de fruta, determinando así la cantidad mínima y máxima de oliva que puede procesar por muestra. Considerando esto, la cosecha se realizó tomando 5 kg de cada uno de las 6 plantas previamente establecidas, logrando así 30 kg de fruta, correspondiendo a 3 muestras procesables. Por lo tanto, cada muestra conformó una de las 3 repeticiones en cada uno de los tratamientos. Además se cosechó 1 kg adicional para los análisis biométricos y de rendimiento graso.

Con la finalidad de reducir la variabilidad de la muestra, se subdividió cada una de las plantas en cuatro partes iguales, teniendo como primer eje de división la dirección de la hilera en la que se encontraba la planta y como segundo eje una línea



perpendicular a la primera. Además se cosechó sólo la fruta que se encontraba bajo 1.7 m de altura y sobre los primeros 0.4 a 0.5 m desde el nivel del suelo, disminuyendo de esta forma las variaciones en los aceites dadas por la mayor luminosidad o sombreado de las olivas. Por lo demás sólo se cosecharon las olivas de la parte exterior de la planta.

#### **4.3.5. Obtención de Índices Biométricos**

En cada una de las réplicas de los distintos tratamientos se consideraron 100 frutos al azar y posteriormente se determinó para cada fruto diámetro (mm) polar, ecuatorial y peso (g), mediante un pie de metro marca Stainless Steel (0.1 mm) y una balanza analítica marca Sartorius, modelo CP224S.

Posteriormente se calcularon los índices de madurez de cada réplica según el método de Ferreira (1979) separando indistintamente los 100 frutos de acuerdo al porcentaje de color de cubrimiento y pulpa, relacionándolas a las 8 categorías de color establecidas para el cálculo de los índices de madurez.

Para la obtención de la relación pulpa/hueso se utilizaron 25 olivas, las cuales fueron pesadas, posteriormente se procedió a extraer la pulpa de la fruta y pesar la semilla. La suma de los pesos obtenidos, ya sea para la fruta entera como para la semilla, se relacionó de la siguiente forma:

$$\text{Relación pulpa hueso} = \frac{\text{Peso olivas enteras} - \text{Peso de semilla}}{\text{Peso de las semillas}}$$

#### **4.3.6. Determinación de Rendimiento Graso**

Para la obtención del porcentaje de aceite presente en los frutos se utilizaron 500 g de olivas, las que fueron molturadas con un molino manual hasta lograr una pasta fina para extraer el aceite mediante el uso de hexano a través de la técnica de Soxhlet.

#### **4.3.7. Extracción de Aceite**

Para la extracción de aceite fue necesario, previamente y para cada muestra, limpiar y pesar las olivas, evitando de esta manera el ingreso a la mini-almazara de cuerpos extraños a la fruta, como hojas, ramas, piedras y olivas que no presentaran la condición de ser procesables.

El rendimiento aproximado de aceite fue de 1 L por cada 10 kg de fruta, sin embargo, este aceite presentó impurezas como alpechín y algunos sólidos, por lo que se filtró cada muestra mediante el uso de embudos de decantación y algodón hidrófilo. El aceite filtrado se almacenó refrigerado en envases de 200 mL.

Es necesario considerar que la fruta no debe sobrepasar 24 horas desde el momento en que fue cosechada para iniciar el proceso de extracción. Si se supera este tiempo se incrementa considerablemente las posibilidades de alteraciones en la composición del aceite obtenido (Pastor *et al.*, 1998).

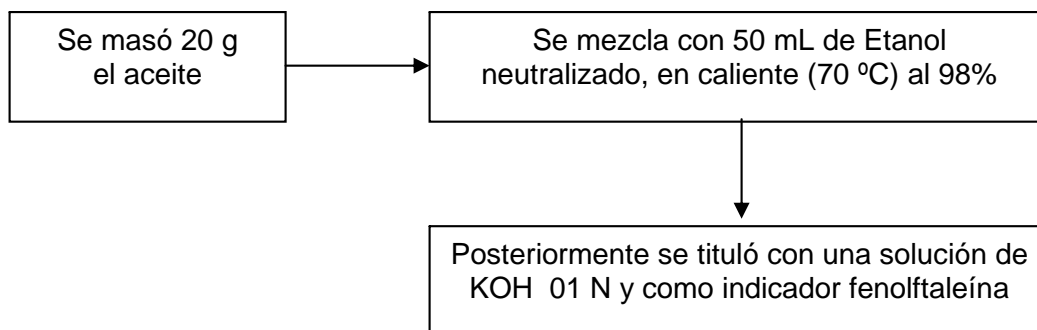
#### **4.3.8. Caracterización Química y Organoléptica**

Una vez extraído el aceite para cada estado de madurez en ambas variedades, se procedió a realizar análisis químicos para la determinación del perfil de ácidos grasos, para la categorización comercial y análisis de perfil sensorial.

##### **4.3.8.1. Determinación del Grado de Acidez Libre**

Este método consiste en determinar la cantidad de ácidos grasos libres presentes en un aceite, siendo expresado en porcentaje de ácido oleico.

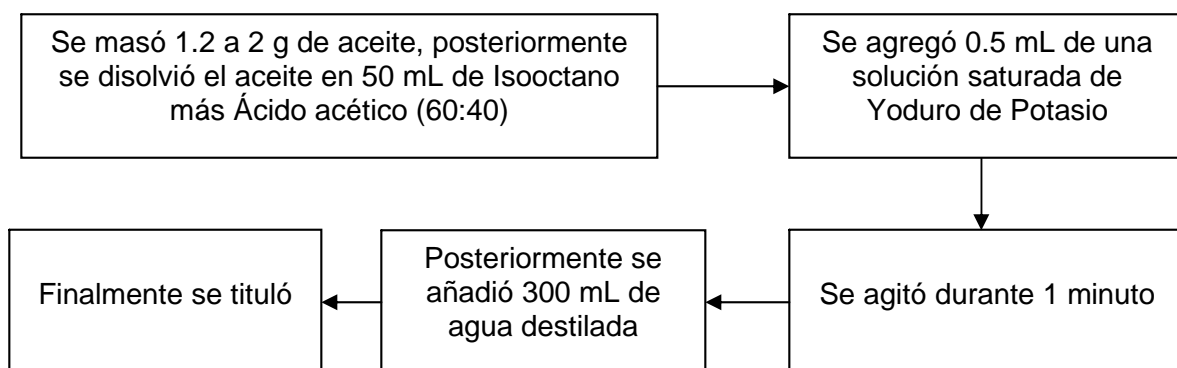
Este procedimiento (Figura 4) se desarrolló bajo la norma “Internacional Standard ISO 5508, Animal and Vegetable Fats and oils – Determination of acid value and acidity”, del 15 de mayo de 1996.



**Figura 4:** Diagrama general del método para la determinación de acidez libre.

#### 4.3.8.2. Determinación del Índice de Peróxidos

El índice de peróxidos valora el estado de oxidación inicial del aceite y hace referencia a la cantidad (expresada como mEq de oxígeno activo  $\text{kg}^{-1}$  de aceite) de hidroperóxidos en la muestra que generan la oxidación del yoduro de potasio. El procedimiento (Figura 5) se basó en la norma “Internacional Standard ISO 3960, Animal and Vegetable Fats and oils – Determination of peroxide value” del 01 de diciembre de 2001.



**Figura 5:** Diagrama general del método para la determinación del Índice de Peróxido.

#### 4.3.8.3. Pruebas Espectrofotométrica en el Ultra Violeta (Prueba de K: 232, 270)

La prueba espectrofotométrica en el UV proporciona una indicación del estado de conservación del aceite y de las modificaciones inducidas por los procesos tecnológicos. La determinación de la absorbancia a 232 y 270 nm se realizó mediante un espectrofotómetro ESPEKOL 1200 que permitió detectar la presencia

de compuestos de oxidación primaria y secundaria del aceite, respectivamente, siendo el valor de esta absorbancia expresada en extinción específica. El método de análisis utilizado fue el COI/T.20 doc. N° 19/Rev1, del 2001.

#### **4.3.8.4. Determinación del Perfil de Ácidos Grasos**

Para este análisis se utilizó un cromatógrafo de gases e inyector de la marca Agilent Technologies 6890 N Network GC system, equipado con un detector de ionización de llama, con columna capilar de sílice SP-2330 de 60 m de largo.

Para la preparación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos de aceite de oliva, se utilizó la técnica de transesterificación en frío con una solución metanólica de hidróxido potásico, bajo la norma del Consejo Oleícola Internacional T.20/DOC. N° 24 del 2001. Para la realización del cromatograma se utilizó la norma Internacional Standard ISO5508, Animal and Vegetable fats and oils-Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acid del 15 de septiembre de 1990. De los perfiles de ácidos grasos obtenidos, sólo se discutirán detalladamente los cinco principales ácidos grasos, incluyéndose en estos los ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3).

#### **4.3.8.5. Polifenoles**

Con posterioridad se analizó el contenido y comportamiento de los compuestos fenólicos (polifenoles) expresados en mg de ácido cafeico  $\text{kg}^{-1}$  de aceite, mediante el método de extracción etanol/agua (80/20) y su determinación a través del reactivo de Folin-Ciocalteu, descritos por Morales y Tsimidou, (2003).

### **4.4. VALORACIÓN SENSORIAL**

Para la evaluación sensorial se analizó cada uno de los aceites obtenidos, incluyendo las réplicas de cada tratamiento, mediante un panel de cata conformado para tales efectos por 7 panelistas entrenados, los cuales evaluaron diariamente dos muestras de aceite (15 mL / muestra) presentadas en copa de cata normalizada con

su vidrio reloj, con el objeto de enmascarar el color y aspecto del aceite que no son objeto de análisis y concentrar su aroma. Además se codificaron las copas para garantizar la confidencialidad del origen de las muestras. Posteriormente se determinó los atributos positivos tales como frutado, amargo, picante y dulce, y los defectos como atrojado, moho, borras, avinado y rancio, en una hoja de perfil sensorial con una escala de 1-10 no estructurada (Anexo1). A continuación se procedió a ingresar los resultados a una planilla de procesamiento de datos para la determinación de sus medianas.

#### 4.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, utilizándose como tratamientos distintos índices de madurez y diferentes fechas de recolección en las variedades Picual y Arbequina, respectivamente (Cuadro 7). En la variedad Picual se determinaron 4 rangos diferentes de índices de madurez. En tanto para la variedad Arbequina se utilizaron 5 fechas diferentes de toma de muestras (cada 7 días).

**Cuadro 7.** Distribución de tratamientos y repeticiones para las variedades Arbequina y Picual

Variedad	Tratamiento	Repetición	Variedad	Tratamiento	Repetición
Picual	IM 1	1	Arbequina	Fecha 1	1
		2			2
		3			3
	IM 2	1		Fecha 2	1
		2			2
		3			3
	IM 3	1		Fecha 3	1
		2			2
		3			3
	IM4	1		Fecha 4	1
		2			2
		3			3
				Fecha 5	1
					2
					3

La definición de diferentes fechas e índices de madurez para la realización de las cosechas en ambas variedades fue generada por los distintos comportamientos de maduración que muestran ambas. Es así que la variedad Arbequina presenta normalmente dificultades para la generación de antocianinas, lo que imposibilita la utilización del método de índice de madurez, en cambio la variedad Picual muestra un desarrollo normal de su maduración, con claras diferencias en sus índices de madurez durante el desarrollo del fruto, ajustándose perfectamente a este método.

#### **4.5.1. Análisis Estadístico**

La valoración físico-química y sensorial fue analizada mediante un análisis de varianza, utilizando el test de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para determinar las diferencias entre los tratamientos, además de la realización de correlaciones lineales. Los datos expresados en porcentaje fueron transformados para lograr una distribución normal, mediante la siguiente fórmula:  $\arcseno((\text{porcentaje})^{-1/2})$ .

Para un análisis global entre las muestras de aceite y las variables medidas, se utilizó un análisis multivariable en base a componentes principales (PCA) y regresiones mediante cuadrados mínimos parciales (PLS). El primero consiste en un análisis mediante diagramas de muestras y variables en el cual ambos grupos de parámetros se interpretan en función de la cercanía de sus componentes, es decir, tanto variables o muestras que se encuentran cercanas entre sí presentan una mayor asociación. Inversamente, variables o muestras que se encuentran opuestas por el origen, presentan relaciones negativas entre sí. Además, los diagramas muestran la varianza explicada para sus componentes principales, permitiendo conocer que porcentaje de la variación de los datos es explicada por el modelo (Benavides, 2001).

El diagrama de regresión en base a cuadrados mínimos parciales (PLS) expresa los coeficientes de regresión de las variables, es decir, presenta el grado de correlación positiva o negativa entre las variables dependiendo de la magnitud del coeficiente de regresión expuesto en el diagrama. Por lo tanto, este análisis permite proyectar el comportamiento de una variable "Y" en función de las variables "X".

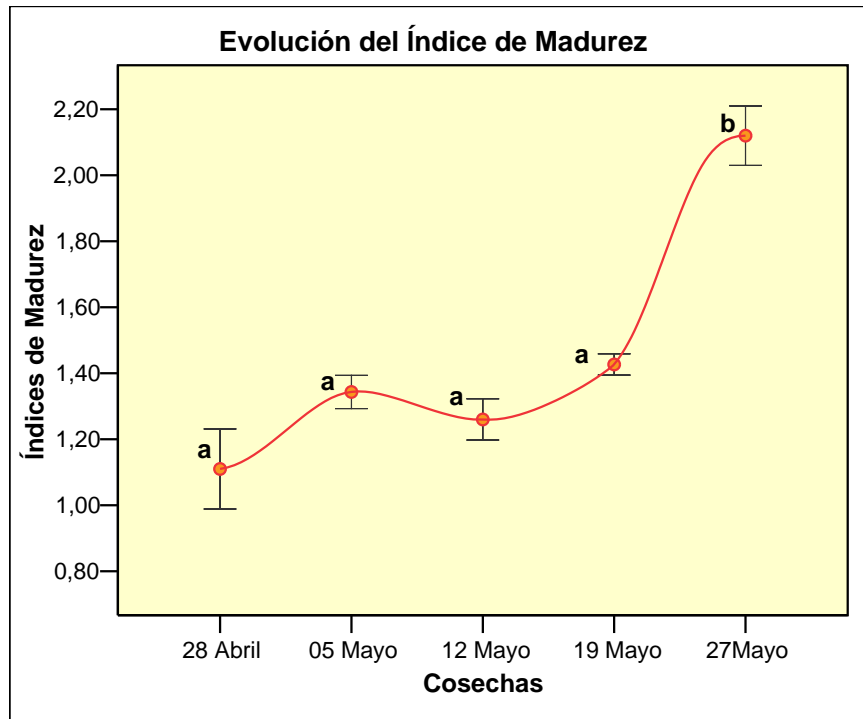
## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. VARIEDAD ARBEQUINA

#### 5.1.1. Índices de Madurez

La Figura 6 muestra la evolución de los índices de madurez durante las cinco fechas de cosecha, periodo comprendido entre el 28 de abril al 27 de mayo de 2006.

En la figura se observa claramente un lento aumento de los índices de madurez durante las primeras cuatro fechas de cosecha (desde el 28 abril al 19 de mayo), lográndose un incremento de sólo 0.32 unidades de índice de madurez en dicho periodo. Este comportamiento puede ser explicado por las dificultades propias de la variedad Arbequina para la generación de antocianinas, como señala Pastor *et al.* (1998) y Beltrán *et al.* (2004a) causando, por lo tanto, la baja y lenta pigmentación en el color de cubrimiento de las olivas. Estos autores, junto con Porras (1994) y El Antari *et al.* (2000) indican también que factores como el nivel de carga de los olivos, junto con las condiciones climáticas locales, afectan la generación de antocianinas. La productividad de cada olivo en esta investigación osciló aproximadamente entre los 30 a 34 kg por planta, que para olivos de cinco años es considerablemente alta, por lo tanto, este factor podría considerarse como uno de los principales responsables de la baja biosíntesis de antocianinas. Sin embargo, la variación de la madurez presentó un aumento cuantitativo importante de casi 0.7 unidades de índice de madurez entre la cuarta y quinta cosecha, lo que corresponde al doble del cambio logrado durante las primeras cuatro fechas de colecta, no obstante, el valor absoluto de la última recolección sigue siendo bajo, lo que se asocia con una importante cantidad de frutos verdes durante todas las fechas consideradas.



**Figura 6.** Evolución del índice de madurez durante cinco fechas de cosecha. Medias seguidas por letras distintas en la curva, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

### 5.1.2. Índices Biométricos y Rendimiento Graso

A continuación se muestran los resultados de los índices biométricos para Arbequina (Cuadro 8), considerándose como tales el peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial y la relación pulpa/hueso.

El peso medio del fruto en este estudio superó lo obtenido por El Antari *et al.* (2003a), quienes registran un peso de 1.37 g en esta misma variedad; sin embargo, autores como Tous y Romero (1993), indican pesos medios considerablemente mayores a los encontrados en este estudio ( $1.89 \pm 0.14$  g). Estas diferencias posiblemente se generarían por la desigualdad en los rendimientos de los olivos en las diferentes investigaciones, asociándose normalmente altos rendimientos por árbol a frutos de menor peso.

La relación pulpa/hueso presentó un valor superior a los logrados por Tous y Romero (1993) y El Antari *et al.* (2003a) en esta misma variedad, quienes obtuvieron



valores de 5.48 y  $5.55 \pm 0.32$ , respectivamente. Este resultado indica un menor desarrollo del endocarpo de las olivas, siendo posiblemente generado por un mayor efecto de la competencia entre los frutos del olivo sobre el desarrollo del endocarpo.

**Cuadro 8.** Valores medios de los índices biométricos

<b>Peso (g)</b>	<b>Diámetro Polar</b>	<b>Diámetro Ecuatorial</b>	<b>Pulpa / Hueso</b>
<b>1,53 ± 0,08</b>	<b>14,1 ± 0,42</b>	<b>13,2 ± 0,27</b>	<b>5,22 ± 0,26</b>

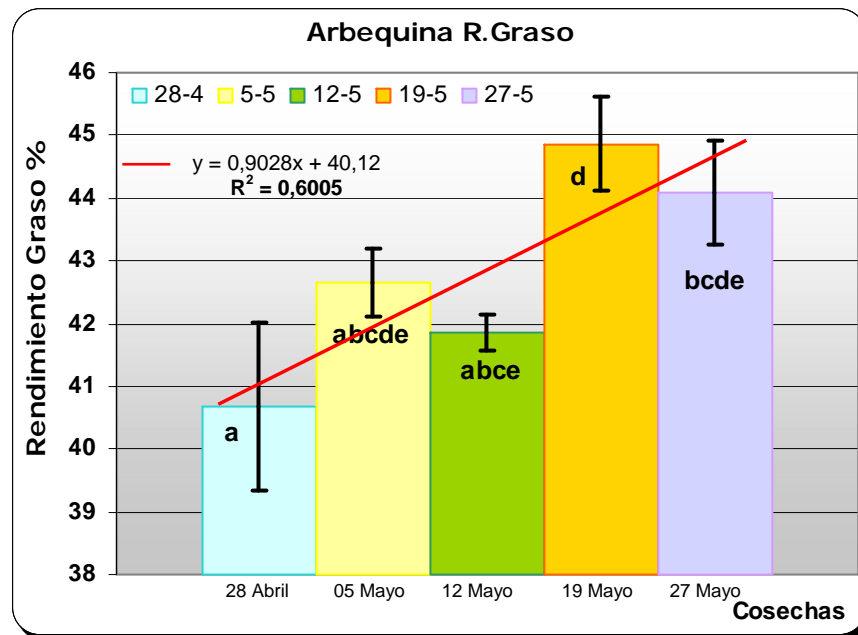
Valores medios ± SD (desviación estándar)

El contenido graso de las olivas presentó un incremento durante el transcurso de las cosechas, obteniéndose diferencias estadísticas significativas entre la primera y las últimas dos fechas. Esto se observa en la Figura 7, donde se presenta la evolución del rendimiento graso, incluyéndose también la recta de regresión lineal.

En la figura se observa como la tercera cosecha (12 de mayo) fue inferior en el porcentaje de aceite que la cosecha anterior (05 de mayo), sin embargo, la valoración del índice de madurez en la tercera cosecha fue también menor, corroborando la tendencia general de las muestras al relacionar un mayor índice de madurez con niveles superiores de rendimiento graso. Esta variabilidad en los resultados posiblemente se generó por la gran desuniformidad de la maduración (característica propia de la variedad), como también por los bajos niveles de madurez en general durante todo el periodo.

El rendimiento máximo de aceite se alcanzó en la cuarta cosecha, llegando a 44.8% de aceite en base a materia seca. Dicho rendimiento es similar al mencionado por García *et al.* (1996) y Tous *et al.* (1998) en la variedad Arbequina, quienes obtuvieron un 45% y 43.4% de rendimiento graso, respectivamente. Sin embargo, la evolución del rendimiento graso presentada por el primer autor muestra una clara estabilidad de su porcentaje durante el transcurso de la madurez, lo que difiere del comportamiento expuesto en esta investigación. Una evolución similar a lo expuesto en este estudio es mostrado por Tovar (2001), Rodríguez *et al.* (2003) y García *et al.* (2003) en la misma variedad, los cuales presentan un paulatino aumento del rendimiento graso durante la maduración.

Niveles de rendimiento graso muy superiores a los encontrados son presentados por Moglia *et al.* (2006) quienes logran, en fechas similares de cosecha, porcentajes mayores al 59%. Esta divergencia podría ser generada por un mayor nivel de carga frutal en los olivos en estudio, lo que provocaría cambios en la relación pulpa/hueso y, en consecuencia, en los rendimientos grasos (Sillari y Cantina, 2003).



**Figura 7.** Rendimiento graso en cinco fechas de cosecha. Barras con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

### 5.1.3. Parámetros de Calidad Comercial del Aceite.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de los análisis de absorbancia (K232, K270,  $\Delta K$ ), índice de peróxido y grado de acidez de los aceites de la variedad Arbequina I-18 obtenidos a partir de olivas cosechadas en cinco diferentes fechas.

La medición del K232 no mostró diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos, sin embargo, son destacables los bajos valores obtenidos a esta longitud de onda (232 nm), lo que indicaría pequeñas concentraciones de dienos conjugados y, por lo tanto, niveles de oxidación secundaria muy bajos (Dobarganes, 2005).

Los resultados obtenidos para la medición K270 mostraron diferencias significativas entre las dos primeras fechas de cosecha respecto a las siguientes tres fechas, disminuyendo levemente el valor de la medición durante la maduración de las olivas. Esto concuerda con lo descrito por Álvarez *et al.* (2003), no obstante, difiere ampliamente de lo mencionado por Matías *et al.* (2003), quienes obtuvieron una evolución crecientes del K270 y K232 durante tres periodos de cosecha.

El comportamiento mostrado en este estudio probablemente se generó por la disminución de los pigmentos clorofílicos en el aceite, hecho que es descrito por Tous *et al.* (1997), quienes indican que la absorbancia al UV a 270 nm se relaciona, además del estado oxidativo, con el color de los aceites, dando valores elevados los verdes y bajos los amarillos claros. No obstante, investigaciones realizadas por Pérez *et al.* (2003), muestran sólo moderadas correlaciones entre la medición K270 y el color del aceite.

El índice de peróxido y la acidez libre no presentaron diferencias estadísticas durante las distintas fechas de cosecha, ni mostraron tendencia alguna durante el periodo analizado, esto es contrario a lo descrito por Matías *et al.* (2003) en la variedad Arbequina, quienes muestran un aumento del índice de peróxido durante la madurez. En tanto Famiani *et al.* (2002) obtienen un aumento progresivo de la acidez durante la maduración en las variedades Frantoio, Leccino, Maurino. Sin embargo, Shibasaki (2005) en la variedad Mission obtiene resultados similares a los logrados en esta investigación. Posiblemente, esta disparidad de resultados se produciría por las diferencias en los métodos de elaboración (cosecha, procesamiento y almacenaje) y en la calidad de las olivas utilizadas durante las distintas experiencias.

Finalmente, en todos los parámetros analizados, se cumplió con los requerimientos mínimos para la clasificación de los aceites dentro de la categoría comercial extra virgen, como lo estipula el reglamento CE 2568/91 (modificado por CE 1989/03) del Consejo Oleícola Internacional.

Cuadro 9. Pruebas espectrofotométricas e índices de peróxido y valoración de acidez libre

ARBEQUINA	K232	K270	$\Delta K$	IP	Acidez
28/04/06 (IM:1.10)	<b>1,135 a</b> ( $\pm 0.025$ )	<b>0,102 a</b> ( $\pm 0.007$ )	<b>-0,005 a</b> ( $\pm 0.0007$ )	<b>6,957 a</b> ( $\pm 2.20$ )	<b>0,058 a</b> ( $\pm 0.004$ )
05/05/06 (IM:1.34)	<b>1,139 a</b> ( $\pm 0.034$ )	<b>0,124 ab</b> ( $\pm 0.012$ )	<b>-0,003 ab</b> ( $\pm 0.001$ )	<b>9,767 a</b> ( $\pm 3.92$ )	<b>0,057 a</b> ( $\pm 0.01$ )
12/05/06 (IM:1.26)	<b>1,093 a</b> ( $\pm 0.024$ )	<b>0,098 c</b> ( $\pm 0.016$ )	<b>0,002 c</b> ( $\pm 0.001$ )	<b>14,067 a</b> ( $\pm 3.19$ )	<b>0,052 a</b> ( $\pm 0.005$ )
19/05/06 (IM:1.43)	<b>0,993 a</b> ( $\pm 0.025$ )	<b>0,065 d</b> ( $\pm 0.006$ )	<b>-0,001 bcd</b> ( $\pm 0.00$ )	<b>9,240 a</b> ( $\pm 3.05$ )	<b>0,054 a</b> ( $\pm 0.01$ )
27/05/06 (IM:2.12)	<b>1,078 a</b> ( $\pm 0.146$ )	<b>0,089 bcde</b> ( $\pm 0.001$ )	<b>0,001 ce</b> ( $\pm 0.001$ )	<b>7,500 a</b> ( $\pm 2.62$ )	<b>0,071 a</b> ( $\pm 0.002$ )
<b>Promedio</b>	<b>1,088</b>	<b>0,096</b>	<b>-0,001</b>	<b>9,506</b>	<b>0,059</b>
<b>Norma*</b>	<b><math>\leq 2.5</math></b>	<b><math>\leq 0.22</math></b>	<b><math>\leq 0.01</math></b>	<b><math>\leq 20</math></b>	<b><math>\leq 0.8</math></b>

Medias seguidas por letras diferentes en cada columna, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ). Valores medios  $\pm$  SD (desviación estándar).

\* Norma del Consejo Oleícola Internacional 2568/91 (modificado CE 1989/03)

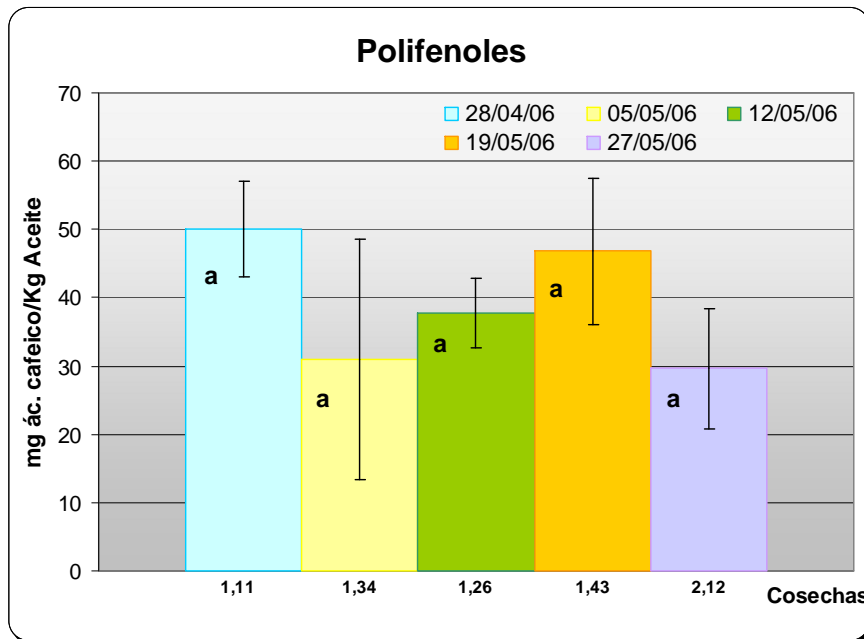
#### 5.1.4. Polifenoles

Los polifenoles presentaron un comportamiento irregular durante todo el periodo analizado, no existiendo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Figura 8). Este comportamiento se explicaría esencialmente por el leve aumento del índice de madurez, de tan sólo 1 unidad entre la primera y última fecha de cosecha; otra posible fuente de variación, podría considerar el procedimiento de extracción del aceite.

Durante todos los tratamientos se encontraron niveles muy bajos de polifenoles, siendo la media máxima encontrada de sólo 50 mg de ácido cafeico  $\text{kg}^{-1}$  de aceite. Este comportamiento se pudo generar por la edad del cultivo (5 años), pues normalmente olivos jóvenes producen niveles considerablemente bajos de polifenoles, aumentando las concentraciones de estos compuestos fenólicos en las temporadas siguientes (Mailer *et al.*, 2005). Otra posible explicación de la baja concentración de polifenoles estaría relacionada con el nivel de reposición hídrica ejercida sobre el cultivo. Tovar (2001), Mailer (2006) y Berenguer *et al.* (2006) describen una fuerte asociación de ambos parámetros, indicando una disminución de los compuestos fenólicos con niveles crecientes de riego.

El valor medio de polifenoles obtenido en este estudio fue de 39 mg de ácido cafeico  $\text{kg}^{-1}$  de aceite, el cual dista considerablemente de lo descrito por autores

como Pardo *et al.* (2003) y Uceda *et al.* (2004) quienes mencionan niveles medios para la variedad Arbequina de 243 y 200 mg de ácido cafeico kg<sup>-1</sup> de aceite, respectivamente (media incluye cultivos de secano). Tous *et al.* (1997) muestran medias levemente menores en la variedad Arbequina de regadío obteniendo contenidos de polifenoles de 195, 181, 179 y 156 mg kg<sup>-1</sup> de ácido cafeico en diferentes lugares de Córdoba, España. En Chile, específicamente en la comuna de Paine, Moglia *et al.* (2006) informan para olivos de la misma variedad de 6 años niveles de polifenoles muy superiores a los mencionados en esta investigación (203 a 209 mg ác. cafeico kg<sup>-1</sup>). Valores más cercanos son descritos en Catamarca (Argentina) por Matías *et al.* (2003) en la variedad Arbequina cosechada en distintas fechas, este autor obtiene una media de 69.1 mg kg<sup>-1</sup> de ácido cafeico.



**Figura 8.** Nivel de polifenoles en cinco fechas de cosecha. Barras con letras diferentes Indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

Los bajos niveles de polifenoles expuestos generaron características particulares en los aceites, principalmente sobre los atributos sensoriales (apartado 5.1.7) y posiblemente sobre la estabilidad oxidativa, los cuales desde el punto de vista de la calidad comercial son consideradas negativas. Gómez-Alonso *et al.* (2002) y Rotondi *et al.* (2004) señalan una gran correlación (0.89 y 0.98, respectivamente)

entre la estabilidad oxidativa y los niveles de polifenoles durante la madurez de las olivas, de la misma manera, Beltrán *et al.* (2003b) muestran un comportamiento similar en la variedad Hojiblanca, indicando ambos un claro descenso de la estabilidad de los aceites al disminuir los polifenoles. Los antecedentes mencionados indicarían una vida de almacenaje de los aceites de la variedad Arbequina considerablemente corta, aunque no sólo los polifenoles influyen sobre la estabilidad del aceite, sino también características como la proporción de los ácidos grasos y la presencia de otros compuestos antioxidantes (Fitó, 2003). Consecuentemente, para conocer con certeza el comportamiento del aceite es necesario realizar pruebas específicas de estabilidad oxidativa.

La baja cantidad de polifenoles produjo además una disminución en los atributos positivos de amargo y picante. Estudios llevados a cabo por Cerratini *et al.* (2004) y por Rotondi *et al.* (2004) validan este comportamiento. Estas características sensoriales serán discutidas en apartados posteriores.

#### **5.1.5. Perfil de Ácidos Grasos de los Aceites de Arbequina**

En el Cuadro 10 se presenta la evolución de los ácidos grasos en aceites de la variedad Arbequina obtenidos en cinco fechas de cosecha. De los ácidos grasos presentados sólo se analizarán detalladamente los cinco principales (Palmítico C16:0, Esteárico C18:0, Oleico C18:1, Linoleico C18:2 y Linolénico C18:3), dado que estos ácidos grasos son los que se encuentran en mayor proporción, otorgando las características particulares a los aceites, además dos de ellos (linoleico y linolénico) forman parte de los ácidos grasos esenciales para la dieta humana.

Cabe señalar previamente que todos los ácidos grasos analizados se encontraron dentro de los límites establecidos en el reglamento de la Comunidad Europea N° 2568/91 (modificado CE 1989/03) para la categorización de aceite extra virgen.

**Cuadro 10.** Perfil de ácidos grasos de aceites de la variedad Arbequina, en cinco fechas de cosecha

Perfil Ácidos Grasos	Fechas de Cosechas					$\bar{X}$
	28-04-06	05-05-06	12-05-06	19-05-06	27-05-06	
<b>Palmítico C16:0</b>	13,74 a $\pm 0,06$	13,77ab $\pm 0,08$	13,48 c $\pm 0,09$	13,05 d $\pm 0,05$	12,93 de $\pm 0,12$	<b>13,40</b>
<b>Palmitoleico C16:1</b>	1,03 a $\pm 0,06$	1,08 a $\pm 0,07$	1,03 a $\pm 0,06$	0,97 a $\pm 0,05$	1,09 a $\pm 0,09$	<b>1,04</b>
<b>Margárico C17:0</b>	0,1 a $\pm 0,00$	0,1 a $\pm 0,01$	0,1 a $\pm 0,00$	0,1 a $\pm 0,00$	0,1 a $\pm 0,01$	<b>0,10</b>
<b>Margaroleico C17:1</b>	0,23 a $\pm 0,01$	0,23 a $\pm 0,01$	0,22 ab $\pm 0,01$	0,22 ab $\pm 0,01$	0,21 b $\pm 0,00$	<b>0,22</b>
<b>Estearico C18:0</b>	1,63 a $\pm 0,04$	1,64 a $\pm 0,03$	1,59 a $\pm 0,07$	1,62 a $\pm 0,01$	1,56 a $\pm 0,05$	<b>1,61</b>
<b>Oleico C18:1</b>	71,43 a $\pm 0,21$	71,17 a $\pm 0,30$	71,62 a $\pm 0,24$	72,43 b $\pm 0,11$	72,39 c $\pm 0,37$	<b>71,81</b>
<b>Linoleico C18:2</b>	9,63 a $\pm 0,16$	9,83 a $\pm 0,20$	9,79 a $\pm 0,11$	9,48 a $\pm 0,07$	9,63 a $\pm 0,19$	<b>9,67</b>
<b>Linolénico C18:3</b>	0,68 a $\pm 0,02$	0,66 a $\pm 0,01$	0,68 a $\pm 0,02$	0,65 a $\pm 0,02$	0,65 a $\pm 0,02$	<b>0,67</b>
<b>Araquídico C20:0</b>	0,4 a $\pm 0,01$	0,39 a $\pm 0,01$	0,4 a $\pm 0,00$	0,39 a $\pm 0,00$	0,38 b $\pm 0,01$	<b>0,39</b>
<b>Eicosanoico C20:1</b>	0,35 a $\pm 0,01$	0,34 a $\pm 0,00$	0,36 a $\pm 0,01$	0,36 a $\pm 0,00$	0,36 a $\pm 0,01$	<b>0,35</b>
<b>Behénico C22:0</b>	0,14 a $\pm 0,01$	0,16 a $\pm 0,02$	0,14 a $\pm 0,01$	0,14 a $\pm 0,00$	0,14 a $\pm 0,00$	<b>0,14</b>
<b>Lignocérico C24:0</b>	0,45 a $\pm 0,02$	0,44 a $\pm 0,02$	0,4 b $\pm 0,01$	0,4 b $\pm 0,02$	0,36 c $\pm 0,01$	<b>0,41</b>
<b>A.G. Insaturados</b>	<b>83,36</b> a $\pm 0,05$	<b>83,31</b> a $\pm 0,09$	<b>83,71</b> b $\pm 0,12$	<b>84,10</b> c $\pm 0,06$	<b>84,32</b> c $\pm 0,13$	
<b>A.G. Saturados</b>	<b>16,46</b> a $\pm 0,05$	<b>16,50</b> a $\pm 0,08$	<b>16,11</b> b $\pm 0,15$	<b>15,70</b> c $\pm 0,07$	<b>16,13</b> c $\pm 0,6$	
<b>A.G. Monoinsaturados</b>	<b>73,04</b> a $\pm 0,16$	<b>72,81</b> a $\pm 0,25$	<b>73,23</b> a $\pm 0,18$	<b>73,98</b> b $\pm 0,08$	<b>74,05</b> b $\pm 0,32$	
<b>A.G. Poliinsaturados</b>	<b>10,31</b> a $\pm 0,17$	<b>10,49</b> a $\pm 0,19$	<b>10,47</b> a $\pm 0,11$	<b>10,13</b> a $\pm 0,07$	<b>10,28</b> a $\pm 0,2$	
<b>In / St</b>	<b>5,06</b> a	<b>5,05</b> a	<b>5,20</b> b	<b>5,36</b> c	<b>5,23</b> c	
<b>Mi / Pi</b>	<b>7,08</b> ac	<b>6,94</b> ab	<b>6,99</b> ac	<b>7,30</b> c	<b>7,21</b> ac	
<b>OI / Li</b>	<b>7,41</b> ac	<b>7,24</b> ab	<b>7,31</b> ac	<b>7,64</b> c	<b>7,52</b> ac	
<b>OI / Pa</b>	<b>5,12</b> a	<b>5,16</b> a	<b>5,31</b> a	<b>5,55</b> b	<b>5,60</b> b	

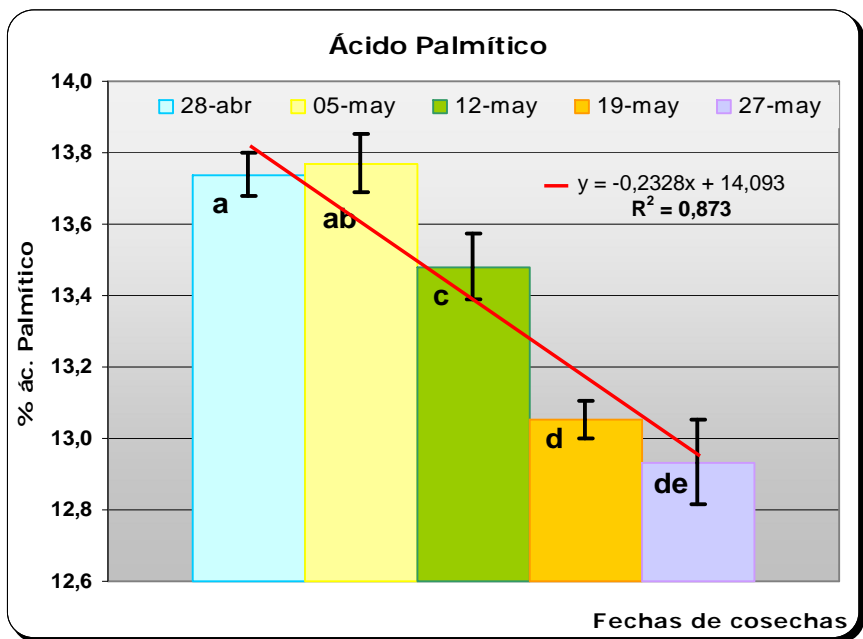
Medias seguidas por letras diferentes en cada fila, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

In: Insaturados; St: Saturados; Mi: Monoinsaturados; Pi: Palmítico; Oi: Oleico; Li: Linoleico. Valores medios  $\pm$  SD (desviación estándar).

### 5.1.5.1. Ácido Palmítico

El Cuadro 10 muestra los valores medios del ácido palmítico durante el periodo analizado, observándose una disminución del porcentaje de este ácido graso con el avance de las épocas de cosecha. Se muestra además, que las diferentes fechas difieren significativamente. En la Figura 9 se presenta el comportamiento de este ácido graso, apreciándose un importante grado de ajuste de las réplicas con respecto a la regresión lineal ( $R^2$ : 0.872).

El comportamiento de este ácido graso presenta una gran relevancia desde el punto de vista nutricional, ya que constituye el 82.7% del total de los ácidos grasos saturados en los aceites analizados. Las grasas saturadas son los principales responsables del incremento en la concentración de colesterol plasmático y de colesterol-LDL, ambos negativos para la salud humana según lo descrito por Aguilera *et al.* (2001). Por consiguiente, y considerando sólo esta premisa, sería conveniente cosechar las olivas en las fechas más avanzadas.



**Figura 9.** Evolución del ácido palmítico en cinco fechas de cosecha (28/04; 05/05; 12/05; 19/05; 27/05). Barras con letras diferentes Indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

La disminución del porcentaje de ácido palmítico obtenido es corroborada por El Antari *et al.* (2003), quienes obtuvieron una clara disminución de este ácido graso en aceites de la variedad Arbequina cosechadas con índices de madurez similares a los obtenidos en este estudio. Otros autores presentan un comportamiento similar para este ácido graso en muy diversas variedades, destacándose Salvador *et al.* (2001) en la variedad Cornicabra, Ait Yacine *et al.* (2002) en la variedad Picholine marocaine y Famiani *et al.* (2002) en las variedades Frantoio, Leccino y Maurino.



Un comportamiento contradictorio al mencionado es descrito por Álvarez *et al.* (2003) y por Matías *et al.* (2003) en la variedad Arbequina, quienes presentan un aumento del porcentaje del ácido palmítico. Esta discrepancia podría ser originada por diferencias climáticas en los lugares de investigación, ya que lluvias estivales y temperaturas elevadas durante el periodo de desarrollo y maduración, generarían incrementos en los niveles de ácido palmítico (Beltrán *et al.*, 2004b).

Beltrán *et al.* (2004b) mencionan que la disminución del ácido palmítico es por dilución, ya que la cantidad absoluta de este ácido graso se mantiene constante en el tiempo. Este comportamiento se generaría por el efecto de la disminución paulatina de las temperaturas durante el periodo de cosecha, provocando un aumento de los ácidos grasos insaturados con el objetivo de mantener la fluidez de las membranas celulares. Por consiguiente, el incremento constante en los ácidos insaturados, reduce la participación relativa del ácido palmítico.

Al comparar el valor promedio del ácido palmítico (Cuadro 10) con lo obtenido en la misma variedad por Uceda *et al.* (2004) y Mailer (2007) (16 y 16.5%, respectivamente), estos autores informan un porcentaje considerablemente superior a lo encontrado en esta investigación. Por lo tanto, el bajo porcentaje del ácido palmítico obtenido durante todas las fechas de cosecha, permitirían considerar a los aceites de la variedad Arbequina producidos en el sector de Talhuén, como aceites de muy buena calidad nutricional.

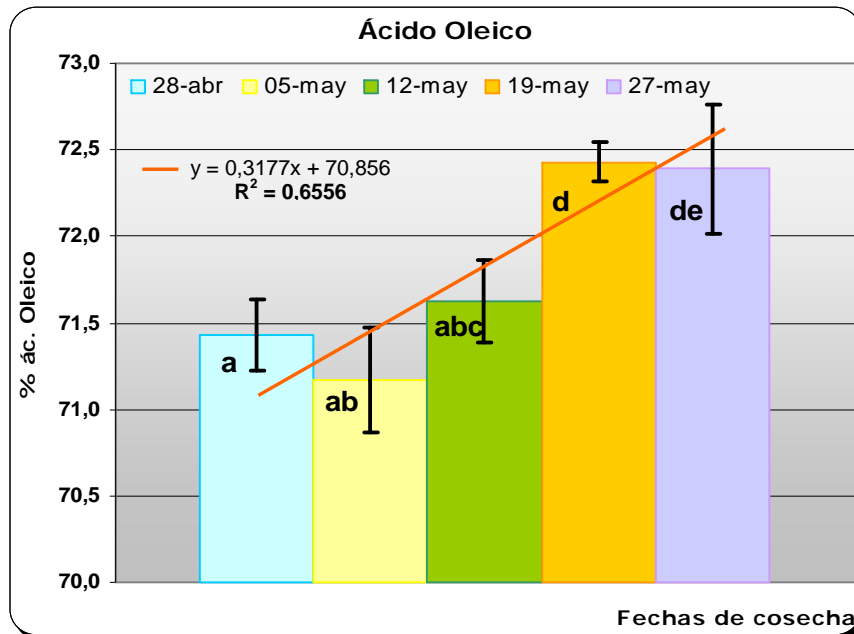
#### **5.1.5.2. Ácido Esteárico**

El ácido esteárico presentó estabilidad en su proporción durante las cinco fechas de cosecha, no observándose diferencias significativas entre ellas. Esta situación se generaría por la poca diferencia de madurez entre la primera y última cosecha (IM: 1.11 y IM: 2.12, respectivamente). Este comportamiento contrasta con lo obtenido por Matías *et al.* (2003), quienes informan un claro aumento en el porcentaje del ácido esteárico. No obstante, los niveles de ácido esteárico obtenidos

son similares a los descritos por El Antari *et al.* (2003) y Uceda *et al.* (2004) en la misma variedad.

### 5.1.5.3. Ácido Oleico

El contenido de ácido oleico se incrementó significativamente entre las tres primeras y dos ultimas fechas de cosecha, como es señalado en la Figura 10, mostrando un aumento aproximado de 1% de ácido oleico entre ambos grupos diferenciados estadísticamente. Un comportamiento similar al observado fue descrito por Sánchez *et al.* (1999), en las variedades Carrasqueña y Cacereña.



**Figura 10.** Evolución del ácido oleico en cinco fechas de cosecha (28/04; 05/05; 12/05; 19/05; 27/05). Barras con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

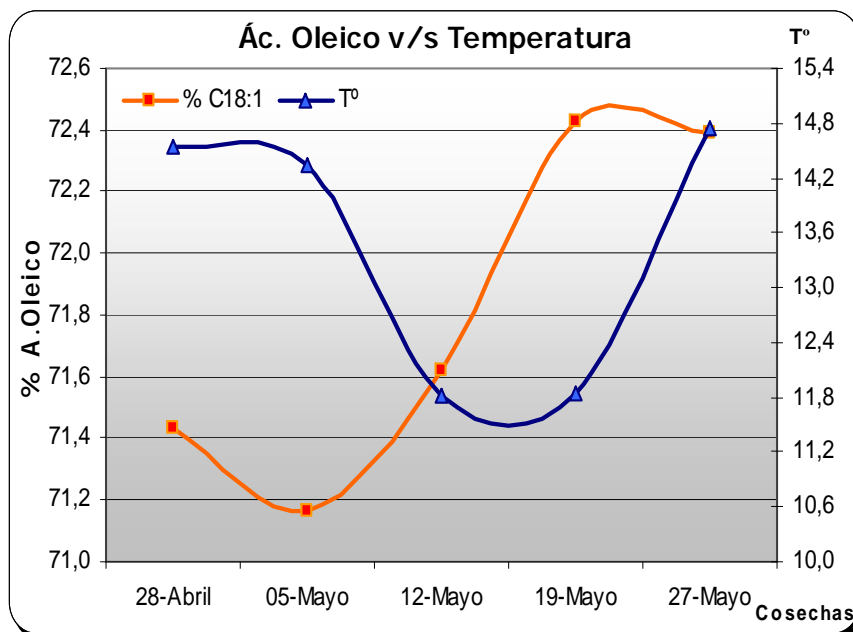
El nivel medio de ácido oleico obtenido en este estudio fue de 71.8%, el cual supera considerablemente los porcentajes descritos por Tous y Romero (1993), Álvarez *et al.* (2003), Sweeney (2003) y Uceda *et al.* (2004), quienes informaron valores promedio de 69.44%, 62.06%, 66.38% y 65%, respectivamente. Una mayor diferencia se apreció al contrastarlo con lo descrito por Matías *et al.* (2003) en Argentina, quienes obtuvieron una media de 56.3%.

Bajo estos antecedentes, se considera que el nivel de ácido oleico para la variedad Arbequina, en el sector de Talhuén durante el periodo de estudio, fue considerablemente alto; esto conlleva características muy deseables desde el punto de vista nutricional y comercial de los aceites ya que, según lo descrito por Aguilera *et al.* (2001) los ácidos grasos monoinsaturados en la dieta pueden tener un efecto favorable tanto en las concentraciones lipídicas en la sangre, como en las enfermedades cardiovasculares, principalmente debido a un incremento de las HDL y a una caída de los niveles de colesterol total y de las LDL.

En el apartado 5.1.4 se hace referencia a los bajos niveles de polifenoles presentes en el aceite de la variedad Arbequina, los cuales influyen negativamente sobre la característica de estabilidad, sin embargo, la estabilidad oxidativa también es influenciada por otros factores, siendo en primer lugar afectada por los niveles de ácido linoleico y en segundo lugar por los de oleico. El alto nivel de ácido oleico logrado en este estudio permitiría compensar los bajos niveles de polifenoles sobre la estabilidad oxidativa, pues este ácido es más resistente a la oxidación que los ácidos grasos poliinsaturados.

Al parecer, el comportamiento del ácido oleico estaría influenciado por las temperaturas del sector de estudio, infiriéndose algún grado de relación entre la disminución de las temperaturas medias (Figura 11) y el aumento de la actividad o expresión de la enzima Stearoyl-ACP desaturasa, lo que produciría un incremento del oleato en los aceites (Anexo 2). Así mismo, el aumento de temperatura evidenciado a partir del 19 de mayo, habría producido la detención de la actividad de la enzima y, por consiguiente, la estabilización del ácido oleico. Tous *et al.* (1997) dan respuesta a este comportamiento al mencionar un posible efecto del alargamiento del ciclo de maduración, relacionándolo con latitudes mayores que se asocian generalmente a temperaturas menores durante la maduración. En tanto, autores como Troncoso *et al.* (2006b) indican que en zonas que presentan temperaturas más bajas y de menor amplitud térmica muestran niveles más elevados

de ácido oleico. No obstante, para lograr resultados más concluyentes en este aspecto, sería necesario realizar estudios más profundos al respecto.



**Figura 11.** Evolución de las temperaturas medias de los periodos previos a las cosechas, en relación a la evolución del ácido oleico. Fuente de las temperaturas: Universidad de la Serena, Campus Limarí.

#### 5.1.5.4. Ácidos Linoleico y Linolénico

La evolución de los ácidos linoleico y linolénico durante las cinco fechas de cosecha (Cuadro 10) no presentó variaciones estadísticas significativas, mas bien mostró un comportamiento estable en su proporción. La leve variación de estos ácidos grasos difiere de lo obtenidos por Álvarez *et al.* (2003) y por Matías *et al.* (2003), los cuales obtuvieron en aceites de la variedad Arbequina porcentajes crecientes durante la madurez. Un resultado similar al presentado en este estudio fue mostrado por Famiani *et al.* (2002) en las variedades Frantoio y Maurino.

Desde el punto de vista nutricional y comercial, son deseables bajos niveles de ácidos linoleico y linolénico, pues como menciona Beltrán *et al.* (2004a) ambos compuestos son los principales responsables de la estabilidad oxidativa de los aceites. Otros autores (Sánchez *et al.*, 1999) indican que es conveniente que los

aceites de oliva no sobrepasen el 10% en ácido linoleico, principal responsable del envejecimiento químico del aceite, con el objetivo de conservar la calidad. Esti *et al.* (2004) mencionan que las características de los ácidos grasos poliinsaturados están dadas por el grado de insaturación del compuesto, decreciendo la susceptibilidad a la oxidación desde el ácido linolénico al linoleico y desde el linoleico al oleico. En el caso particular de esta investigación, el promedio del ácido linoleico fue de 9.67%, no superando en ninguna de las fechas de cosecha el porcentaje recomendado anteriormente. Cabe señalar que Tous y Romero (1993) y Tous *et al.* (1997) registraron niveles similares a los descritos en este estudio, mientras que Uceda *et al.* (2004) mencionan porcentajes ampliamente superiores que alcanzan un 13.5%.

De la misma forma como se mencionó con el ácido oleico, se considera que los bajos niveles de ácido linoleico podrían generar algún grado de atenuación del efecto negativo de los bajos niveles de polifenoles presentes en esta variedad.

#### **5.1.5.5. Ácidos Grasos Secundarios**

En el Cuadro 10 se puede apreciar la evolución mostrada por ácidos grasos de menor importancia relativa en el perfil ácido. Se observa en el cuadro como los ácidos lignocérico y margaroleico tienden a disminución su proporción, en tanto palmitoleico, margárico, eicosanoico, araquídico y behénico mantuvieron estabilidad en su porcentaje durante todas las fechas de cosecha.

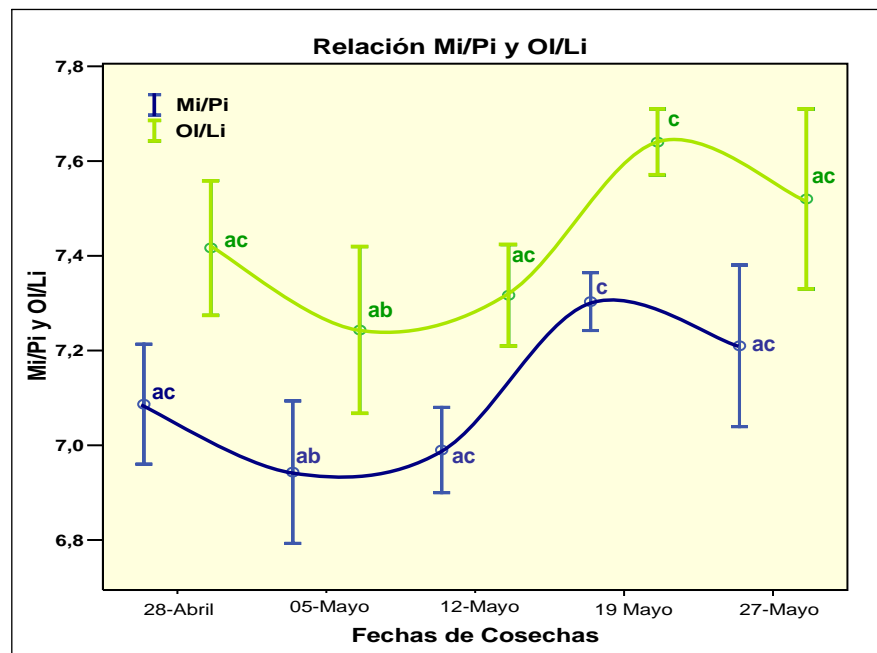
#### **5.1.6. Relaciones entre Grupos de Ácidos Grasos.**

##### **5.1.6.1. Evolución de la Relación Oleico/Linoleico y Monoinsaturados/ Poliinsaturados**

La evolución de la relación entre los ácidos monoinsaturados con respecto a los poliinsaturados es mostrada en la Figura 12, observándose un aumento de la relación a medida que avanzan las fechas de cosecha dado principalmente por el incremento del porcentaje del ácido oleico y por una condición de estabilidad durante la madurez del ácido linoleico; esto difiere con lo descrito por autores como Beltrán *et*

al. (2004b) y Matías *et al.* (2003), los cuales observaron una fuerte reducción de esta relación debido al incremento del ácido linoleico. Este comportamiento particular que presentó la variedad Arbequina puede ser considerado muy favorable desde el punto de vista nutricional y comercial, pues el alto valor de la relación oleico/linoleico confirma su excelente calidad nutricional y sus bajos niveles de sustratos oxidables.

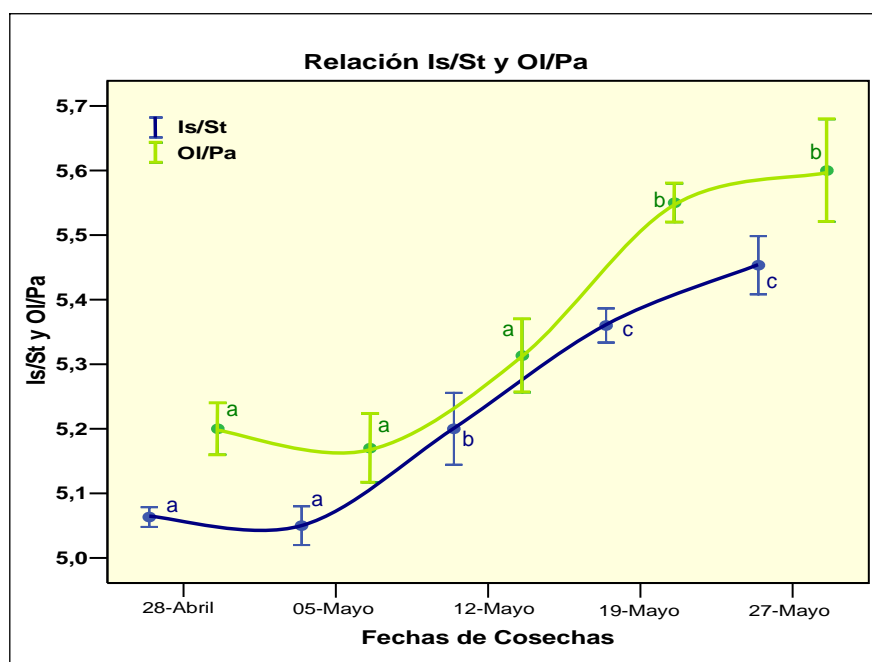
Con los resultados descritos hasta el momento, se puede realizar una primera aproximación de la fecha de cosecha más adecuada para la variedad Arbequina, desde el punto de vista de la calidad nutricional y comercial. Como se describió en el apartado 5.1.2, el rendimiento graso presentó un aumento significativo hasta las dos últimas cosechas, al contrastar este comportamiento con lo obtenido en la relación oleico/linoleico se puede considerar preliminarmente un momento de cosecha óptimo superior al 27 de mayo, que corresponde a un índice de madurez superior a 2.12. Es importante considerar que la fecha antes mencionada supera en aproximadamente tres semanas a la cosecha normal del huerto.



**Figura 12.** Evolución de relación Monoinsaturados/Poliinsaturados y Oleico/Linoleico. Puntos seguidos por letras diferentes indican diferencias estadísticas, de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

### 5.1.6.2. Evolución de la Relación Insaturados/Saturados y Oleico/Palmítico

De forma similar a la relación monoinsaturados/poliinsaturados, la relación insaturados/saturados presentó un comportamiento creciente durante la madurez de las olivas; igual tendencia mostró el ácido oleico en función del ácido palmítico. Esta conducta fue principalmente influenciada por el aumento de oleico y la disminución constante de palmítico (Figura 13). Este comportamiento derivó en una muy buena calidad nutricional durante el avance en las fechas de cosecha, permitiendo esperar niveles de rendimiento graso superiores, sin observarse una pérdida real de calidad nutricional, lo que comercialmente es muy deseable.



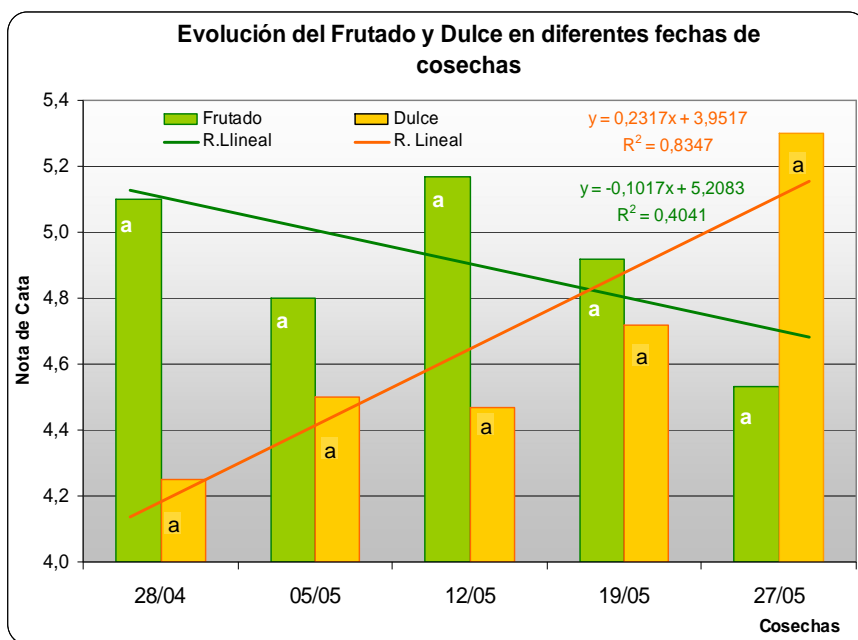
**Figura 13.** Evolución de la relación de ácidos Insaturados/Saturados y Oleico/Palmítico. Puntos seguidos por letras diferentes indican diferencias estadísticas, de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

El valor promedio de la relación insaturados/saturados logrado en esta investigación ( $5.18 \pm 0.13$ ) superó ampliamente lo descrito por Tous y Romero (1993) para la misma variedad, esta condición se generó principalmente por un menor valor del ácido palmítico durante todas las fechas de cosecha.

### 5.1.7. Valoración Sensorial de los Aceites de Arbequina

En las Figuras 14 y 15 se presentan los resultados del panel de cata para los atributos frutado, dulce, amargo y picante, no observándose diferencias estadísticas significativas, sin embargo, se observaron cambios importantes en las notas de cata entre las fechas más distantes temporalmente. El comportamiento presentado podría deberse principalmente a los pocos cambios sensoriales que presentaron los aceites con índices de madurez cercanos. De hecho, esto generó que los catadores no pudieran discriminar cambios sensoriales en las muestras.

En la Figura 14 se observa que el atributo dulce presentó entre la primera y la última fecha de cosecha un aumento de 1.05 unidades en la nota de cata, lo que concuerda con lo descrito por Pastor *et al*, (1998) y por Cerretani *et al*, (2004) quienes observaron incrementos de este atributo durante la maduración de las olivas. Menos importante es la disminución observada para el atributo frutado, ya que sólo cambió entre las dos cosechas extremas en 0.56 unidades de nota de cata.

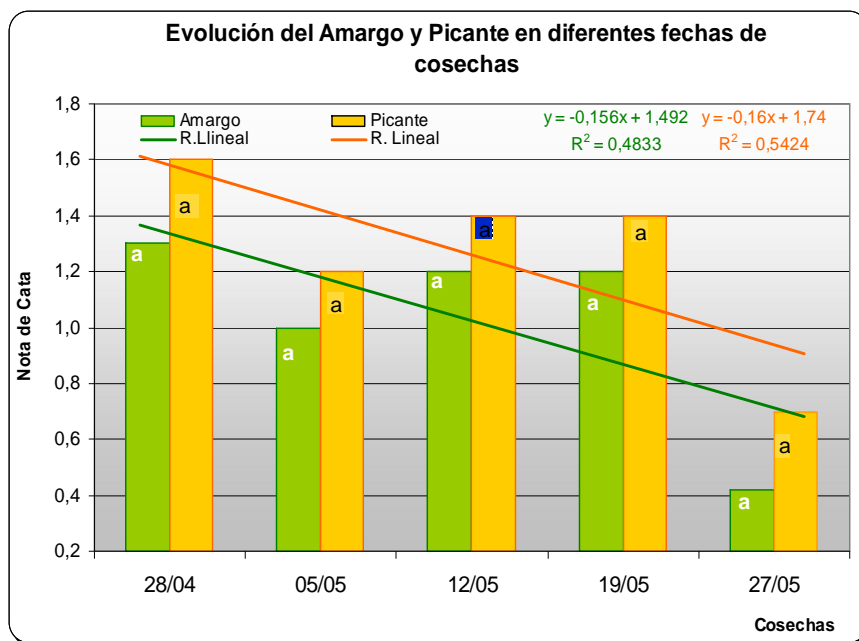


**Figura 14.** Evolución sensorial de los atributos de frutado y dulce en aceites de la variedad Arbequina en cinco fechas de cosecha. Barras de una misma coloración con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0,05$ ).



En la Figura 15 se aprecia que la intensidad de los atributos amargo y picante no presentó cambios significativos, no obstante, se observó un disminución del promedio de la nota de cata de 0.89 y 0.9 unidades entre la primera y última fecha de cosecha, respectivamente (28/04 - 27/05). La baja puntuación otorgada a estos atributos estaría relacionada con los bajos niveles de polifenoles obtenidos (apartado 5.1.4).

La evolución del amargo y picante concuerda con lo mencionado por autores como García *et al.* (1996), Salvador *et al.* (2001), Cerretani *et al.* (2004) y Beltrán *et al.* (2004a), quienes muestran una clara correlación entre la disminución de los niveles de polifenoles durante la madurez de las olivas y el descenso en la intensidad de estos atributos.

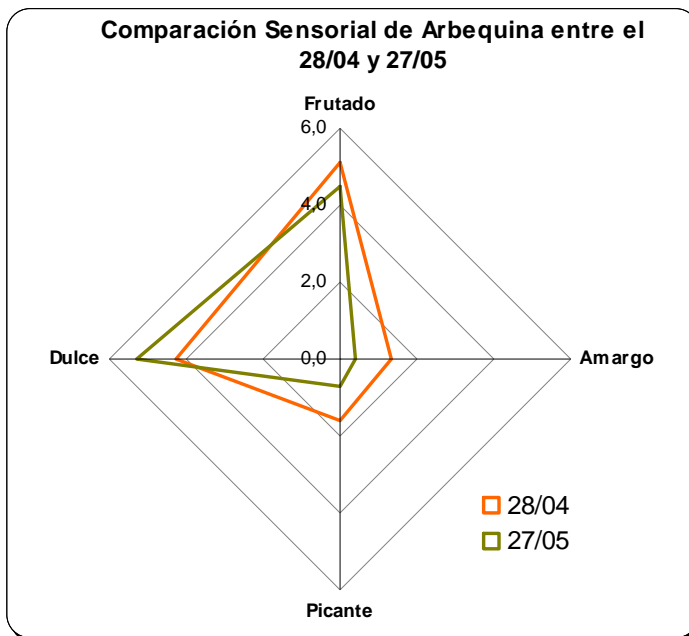


**Figura 15.** Evolución sensorial de los atributos de frutado y dulce en aceites de la variedad Arbequina en cinco fechas de cosecha. Barras de una misma coloración con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

En la Figura 16 se presenta un perfil sensorial de la variedad Arbequina mostrando sólo la primera y última fecha de cosecha. En ella se puede observar como los aceites de frutas más inmaduras (28/04 corresponde a un IM: 1.1) presentaron una mayor intensidad de los atributos amargo, picante y frutado con

respecto a la última cosecha, percibiéndose con más intensidad el atributo dulce en los aceites de oliva con mayor estado de madurez (27/05 corresponde a IM: 2.12).

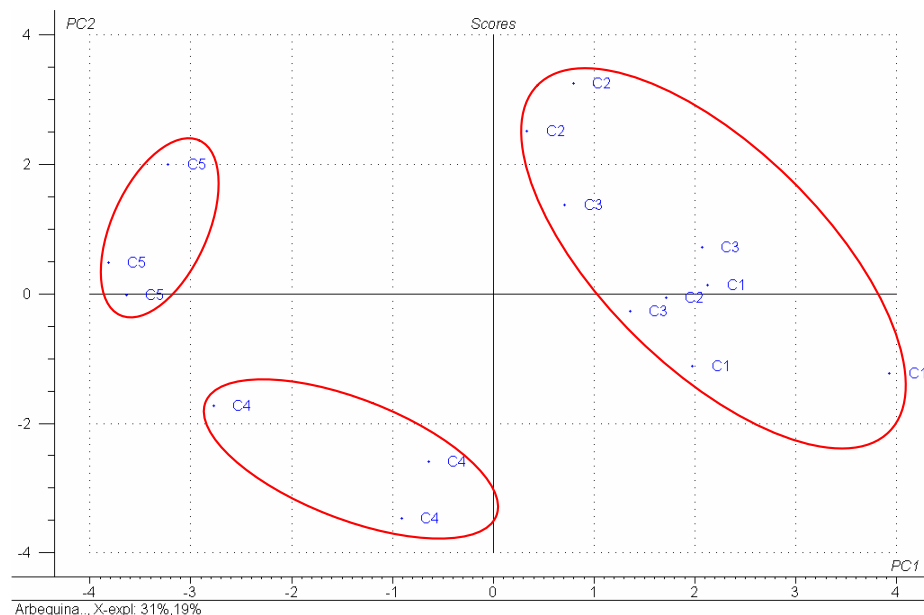
No se percibieron atributos negativos o defectos en los aceites de las diferentes fechas de cosecha, siendo clasificados según su puntuación global como aceites de oliva virgen extra.



**Figura 16.** Comparación sensorial de la variedad Arbequina entre la primera y última cosecha.  
Cosecha **28/04**: Frutado 5.1; Amargo 1.3; Picante 1.6; Dulce 4.2. Cosecha **27/05**: Frutado 4.5; Amargo 0.4; Picante 0.7; Dulce 5.3.

### 5.1.8. Análisis de Componentes Principales

En la Figura 17 se aprecia la diferenciación de los aceites por las distintas fechas de cosecha a través de tres grupos bien definidos, siendo para el total de muestras la varianza explicada de un 50% por ambos ejes (PC1 y PC2). Los aceites obtenidos de cosechas posteriores (cosecha 4 y cosecha 5) se diferenciaron de mejor forma que los obtenidos a partir de las tres primeras cosechas, esto se generaría por la poca diferencia en el índice de madurez entre las tres primeras fechas de cosecha, lo que implica pocas diferencias físico-químicas de las olivas y, en consecuencia, en sus aceites.



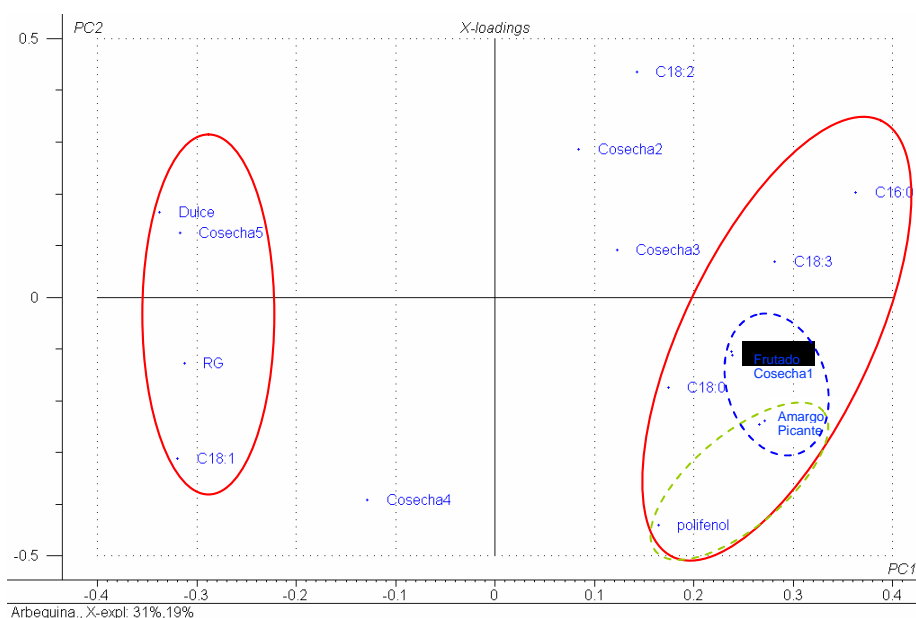
**Figura 17.** Diagramas de muestras del PC1 v/s PC2 a partir de un modelo PCA. Muestras designadas como fechas de cosecha (C1, C2, C3, C4 y C5) (15 muestras incluidas).

En la Figura 18 se muestra la distribución de las variables físico-químicas analizadas según un diagrama de componentes principales, pudiéndose observar con una explicación del 50% dada por ambos ejes (PC1 y PC2). Inicialmente se aprecian dos clusters bien definidos con una fuerte influencia sobre el PC1, los cuales se definen principalmente en función de las diferencias entre la primera fecha (28/04) de cosecha con respecto a la última (27/05). De forma más específica, se puede detectar una fuerte relación entre la cosecha 1 con los atributos de frutado, amargo y picante (anillo discontinuo azul), como también con el parámetro de polifenol (anillo discontinuo verde), esta aseveración es dada por la cercanía de las variables, lo que indica una asociación entre ellas; relacionándose este comportamiento a una discriminación de los aceites por parte del panel de cata en término de los atributos de amargo y picante, en función de la variación de los niveles de polifenoles, lo que concuerda con las tendencias mencionadas en los apartados 5.1.4 y 5.1.7.

Con mayor peso sobre PC1 y, fuertemente relacionada a través de este eje con la cosecha 1, se encuentran los ácidos linolénico y palmítico, presentando el último diferencias significativas en la descripción individual (apartado 5.1.5.1), por lo

tanto, se considera que el principal ácido graso saturado, y uno de los principales ácidos grasos poliinsaturados, se relacionan con fechas de cosecha tempranas, diferenciando los aceites desde la perspectiva de la calidad nutricional.

Un comportamiento opuesto al anterior se puede apreciar en el diagrama de variables, en donde el atributo dulce, el rendimiento graso y el ácido oleico se asocian a la cosecha 5 (27/04). Estas características nos revelan una evolución de los aceites de la variedad Arbequina muy positiva desde el punto de vista productivo (mayor rendimiento graso) y cualitativo (mayor % ácido oleico) durante el avance de las cosechas, obteniéndose aceites en las últimas fechas de cosecha con altos niveles de ácidos monoinsaturados y bajo en saturados.



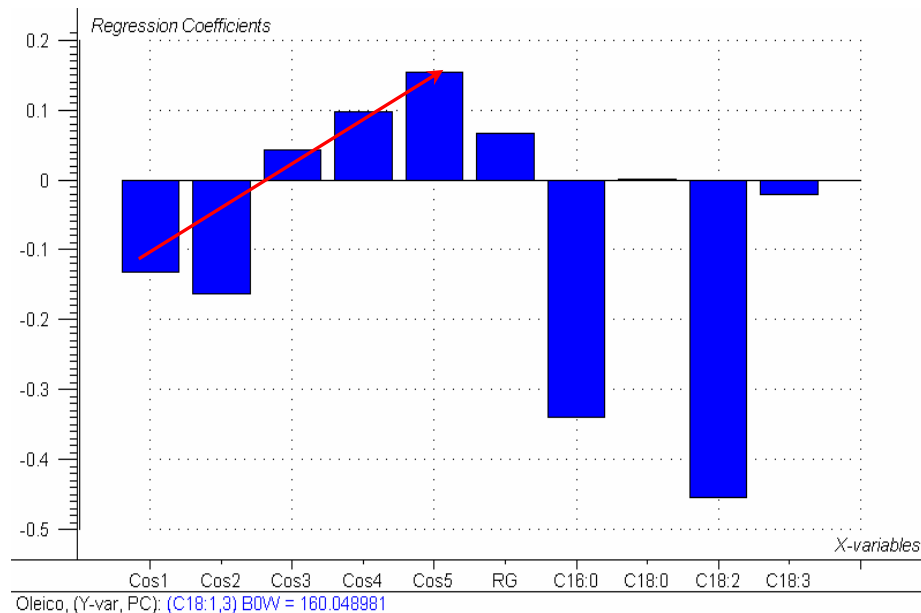
**Figura 18.** Diagramas de variables del PC1 v/s PC2 a partir de un modelo PCA. Muestras designadas como fechas de cosecha (Cosecha 1, Cosecha 2, Cosecha 3, Cosecha 4 y Cosecha 5).

Para analizar el comportamiento de las variables y las influencias recíprocas existentes entre ellas, se realizaron análisis de regresión en base a cuadrados mínimos parciales (PLS). Este modelo permite estudiar la contribución relativa de una variable (y) con respecto a la evolución de las demás variables analizadas (x) y, de esta manera, determinar los factores que influyen mayormente sobre el comportamiento de la variable “y”.

En la Figura 19 se muestra un análisis de regresión en base PLS entre el ácido oleico y las distintas cosechas, el rendimiento graso y los ácidos grasos principales. Primeramente se observa como se relacionó el principal ácido graso monoinsaturado con las progresivas fechas de cosecha, apreciándose un evidente cambio desde una correlación negativa en las dos primeras fechas de cosecha (28/04 y 05/05) a una creciente correlación positiva desde la tercera a la quinta cosecha (12/05, 19/05 y 27/05), confirmando el aumento en la proporción del ácido oleico a medida que la olivas son cosechadas en fechas posteriores (flecha roja), o que se encuentran con estados de madurez superiores.

El comportamiento mencionado probablemente podría ser producto de dos factores. El primero, la posible mayor actividad o expresión de la enzima Steroyl-acyl carrier protein (ACP) desaturasa. El segundo y más probable de acuerdo a los resultados obtenidos, la virtual inhibición de la actividad de las enzimas que controlan las desaturaciones posteriores a las generadas sobre el oleato, específicamente sobre las enzimas  $\Delta 12$  y  $\Delta 15$  ( $\omega$ -3) desaturasas. De forma más precisa, lo que estaría afectando la actividad de estas enzimas es la lenta disminución de las temperaturas durante el periodo de estudio (Anexo 2), permitiendo un aumento de la proporción del ácido oleico en desmedro del incremento natural de la proporción del ácido linoleico. Es factible que ambos factores actuaran al mismo tiempo, lo que explicaría el fuerte decrecimiento en la proporción del ácido palmítico y los bajos niveles de ácido esteárico (apartado 5.1.5.2), esto es corroborado por los altos coeficientes de correlación negativos observados para el ácido palmítico y linoleico, indicando una considerable asociación inversa entre estas dos últimas variables y el ácido oleico, además se observa un exiguo coeficiente de regresión mostrado por los ácidos esteárico y linolénico, validando aún más lo descrito .

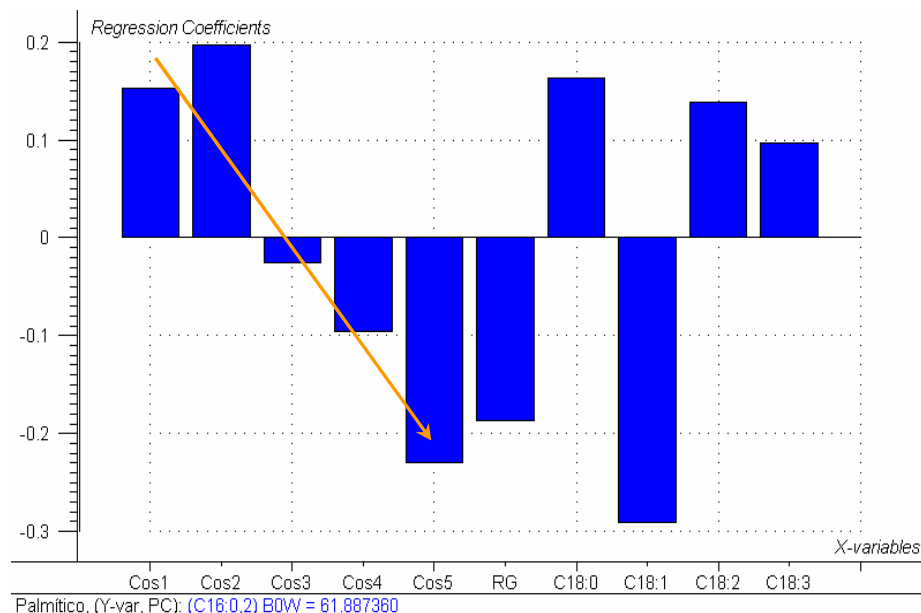
Finalmente, las regresiones presentan un buen ajuste del modelo, al mostrar un coeficiente de correlación de validación de 0.995 (Anexo 3).



**Figura 19.** Coeficientes de regresión del ácido oleico v/s fechas de cosecha, rendimiento graso y otros ácidos grasos.

A continuación se presentan los coeficientes de regresión del ácido palmítico con respecto a las fechas de cosecha, el rendimiento graso y los ácidos grasos principales, en base a cuadrados mínimos parciales (PLS), observándose claramente como el ácido palmítico disminuyó su importancia a medida que se realizaron las cosechas (Figura 20). Al parecer, las fechas de cosecha son variables significativas para estimar el comportamiento del ácido oleico. La evolución mostrada desde una perspectiva nutricional es de gran importancia, ya que permite proyectar bajos niveles de ácidos grasos saturados en cosechas más avanzadas.

Se observan en la Figura 20 correlaciones positivas entre el ácido palmítico y los ácidos esteárico, linoleico y linolénico, lo que indicaría un comportamiento similar de estos tres ácidos grasos en relación a palmítico, siendo esto positivo desde la perspectiva de la calidad nutricional. Sin embargo, es el ácido oleico el que presenta la mayor importancia relativa en función de la evolución del ácido palmítico, explicando de mejor forma el comportamiento de esta grasa saturada. La regresión presenta un coeficiente de correlación de validación de 0.990, respaldando la calidad del modelo de regresión (Anexo 4).



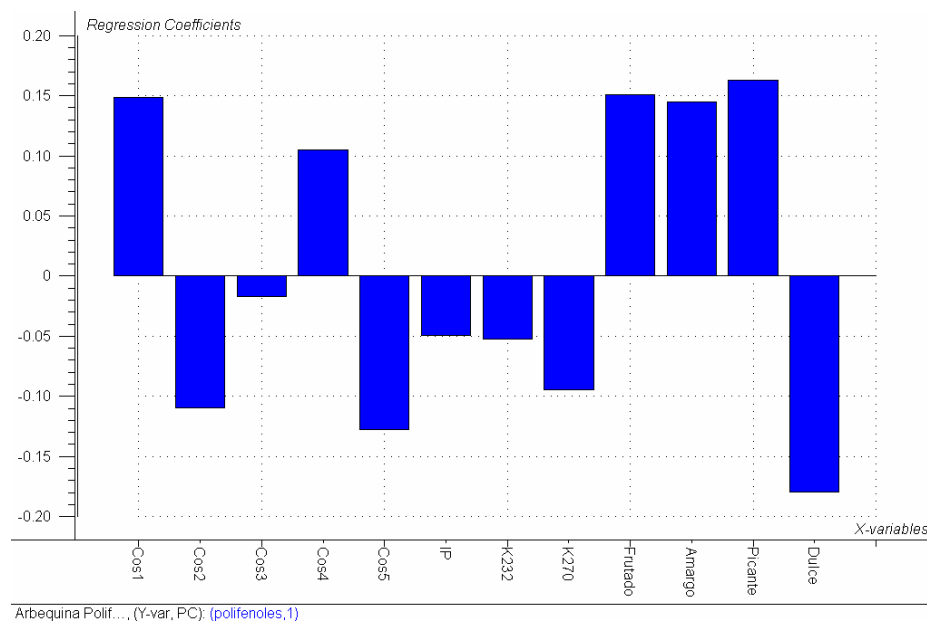
**Figura 20.** Coeficientes de regresión del ácido palmítico v/s fechas de cosecha y el resto de los ácidos grasos principales.

Los coeficientes de regresión (PLS) para los polifenoles totales en función de las fechas de cosecha, análisis espectrofotométricos y atributos sensoriales son mostrados en la Figura 21, apreciándose la gran variabilidad del polifenol en relación con las fechas de cosecha, generada posiblemente por la baja diferencia entre los índices de madurez entre cosechas o por factores externos a la evolución normal de los compuestos fenólicos (apartado 5.1.4).

Las pruebas espectrofotométricas (K270, K232) y el análisis de peróxido presentan bajas regresiones negativas con respecto a los polifenoles, siendo estas variables poco importantes para describir su comportamiento durante las diferentes fechas de cosecha.

Características destacables dentro de este análisis son las correlaciones existentes entre los polifenoles y los atributos sensoriales. En la Figura 21 se observa que los polifenoles muestran altos coeficientes de regresión positivos con los atributos de amargo, picante y frutado, en tanto que se anticorrelacionan con el atributo dulce. Tovar. (2001) presenta un comportamiento similar de los atributos

amargo y picante en relación a los niveles de polifenoles. Es importante destacar que a pesar de los bajos niveles de polifenoles encontrados, sensorialmente se pudo diferenciar los aceites en las distintas cosechas de acuerdo a sus atributos de amargo y picante en función del comportamiento de los polifenoles. De forma diferente, los atributos de frutado y dulce se relacionaron principalmente con el estado de madurez de las olivas y no con los niveles de compuestos fenólicos. La calidad del modelo de regresión (PLS) fue medida mediante un diagrama del contenido de polifenoles medido v/s predicho (Anexo 5) obteniéndose un coeficiente de validación de 0.739, lo que indica un moderado ajuste del modelo de regresión.



**Figura 21.** Coeficientes de regresión de los polifenoles v/s las fechas de cosecha, pruebas espectrofotométricas y atributos sensoriales.

### 5.1.9. Discusión Global del Efecto de las Fechas de Cosecha sobre la Calidad Físico-Química y Nutricional del Aceite de Arbequina

El objetivo planteado para la variedad Arbequina en esta investigación, se centró en la evaluación de los tratamientos de fechas de cosecha sobre la calidad y la cantidad de sus aceites desde un punto de vista físico-químico y sensorial para, de esta forma, caracterizar la variedad en la zona de estudio según parámetros cuantitativos y cualitativos.



Las variables principalmente afectadas por las progresivas fechas de cosecha fueron el rendimiento graso y los ácidos grasos palmítico y oleico, que presentaron diferencias significativas. Otras variables como los atributos sensoriales y los ácidos esteárico, linoleico y linolénico, aunque no tuvieron diferencias estadísticas, si mostraron asociaciones observadas con claridad mediante los análisis multivariantes.

A medida que se efectuaron las cosechas se pudo observar como el rendimiento graso de las olivas presentó un claro aumento entre la primera y las 2 últimas fechas de cosecha, mostrando una diferencia de hasta 4.2 puntos porcentuales, muy relevante desde la perspectiva de la producción comercial.

El efecto de las fechas de cosecha sobre el ácido palmítico mostró una clara y significativa tendencia a disminuir, especialmente notable entre las 2 primeras y las 3 últimas fechas de cosecha, siendo importante señalar que los índices de madurez alcanzados durante estos periodos fueron bajos (propios de la variedad), no sobrepasando un punto porcentual de madurez entre la primera y última cosecha. El bajo porcentaje medio alcanzado por el ácido palmítico, la evolución mostrada durante las 5 fechas de cosecha y la gran contribución de este ácido graso sobre el total de las grasas saturadas, permiten proyectar una mejor calidad nutricional de los aceites de esta variedad en las fechas de cosechas más avanzadas. Además hay que agregar el aumento del rendimiento graso en las últimas fechas de cosecha, logrando en forma preliminar obtener un momento óptimo de recolección, en función de la calidad nutricional y productiva cercano a las 2 últimas fechas de cosecha.

El ácido oleico mostró, frente a las 5 fechas de cosecha, un comportamiento creciente de su proporción, especialmente notable entre las primeras 3 y las últimas 2 fechas. La evolución de este compuesto es muy conveniente desde la perspectiva nutricional, destacando su alta resistencia a la oxidación y su relación con la disminución de cardiopatías (aterosclerosis). El aumento del ácido oleico en términos relativos no fue muy alto (no superior a 1%) entre los 2 grupos de cosecha diferenciados estadísticamente, sin embargo, en términos absolutos hay que

considerar el aumento del rendimiento graso, generado en gran parte por el aumento de oleico. La evolución de este ácido graso robustece lo mencionado con el ácido palmítico y el rendimiento graso, permitiendo establecer con más propiedad un momento óptimo de cosecha cercano a las 2 últimas fechas (19/05 y 27/05).

El efecto que tuvieron en los ácidos esteárico, linoleico y linolénico las fechas de cosecha, no fue significativo estadísticamente. No obstante, el ácido esteárico presentó una propensión a disminuir su proporción durante el avance en las fechas de cosecha, viéndose claramente reflejado en el gráfico de componentes principales (Figura 18). Este comportamiento, al igual como sucedió con el ácido palmítico, favorece la calidad del aceite al contribuir con menores niveles de ácidos grasos saturados. Como se describió en el apartado 5.1.5.4, el ácido linoleico presentó estabilidad de su porcentaje durante el periodo analizado, lo que difiere considerablemente del comportamiento en esta y otras variedades durante la madurez, las cuales presentan generalmente una fuerte tendencia al alza. En tanto, el ácido linolénico mostró una leve tendencia a disminuir su porcentaje en relación a los demás ácidos grasos, contribuyendo aún más a mantener bajos los niveles de ácidos poliinsaturados. Por lo tanto, la insustancial variación en los resultados de los ácidos grasos, permite considerar indistintamente cualquiera de las fechas de cosecha desde el punto de vista de los poliinsaturados y, simultáneamente, genera una mayor relevancia del rendimiento graso y de la evolución del ácido oleico y palmítico sobre la elección del momento óptimo de cosecha.

El análisis sensorial es un factor importante a considerar para estimar el periodo óptimo de cosecha, especialmente desde la perspectiva del consumidor y de las opciones de mercado. Los resultados sensoriales obtenidos no presentaron diferencias significativas, sin embargo, si se observaron asociaciones. Los atributos amargo, picante y dulce fueron detectados con mayor intensidad en la cosecha 1, en tanto, el atributo dulce se relacionó fuertemente con la última cosecha (Figura 18).

Realizar un análisis desde la perspectiva de la calidad sensorial es complejo, pues este parámetro es influido principalmente por los requerimientos del consumidor en los distintos mercados, si se considera además que los resultados muestran una importante variabilidad, el análisis es aún más difícil. No obstante, si se valoran los aceites desde la perspectiva del equilibrio sensorial y se razona esta como una proporción adecuada de los atributos sensoriales (sin enmascaramiento de un atributo sobre otro), los aceites obtenidos en todos los tratamientos no presentarían una buena relación de amargo y picante respecto a dulce y frutado, siendo los primeros 2 atributos particularmente bajos en todo el periodo estudiado. El amargo y picante lograron una mejor relación y, por ende, un mayor equilibrio sensorial en la cosecha 1. Por lo tanto, se podría considerar a la primera fecha de cosecha como el momento óptimo de recolección desde el punto de vista de la calidad sensorial.

Otro factor relacionado con los atributos de amargo y picante es el contenido de polifenoles que, según diversos autores, normalmente muestra un importante decrecimiento en el transcurso de la madurez, influenciando fuertemente sobre la estabilidad oxidativa (Vossen, 2004). Un comportamiento irregular presentaron los polifenoles durante las cosechas, no observándose diferencias significativas, sin embargo, en el análisis PCA se apreció una considerable asociación entre esta variable y la cosecha 1. De modo similar, se observó una fuerte asociación de los polifenoles con los atributos de amargo y picante, aunque los niveles alcanzados durante el periodo estudiado fueron muy bajos y sólo lograron una diferencia de 20 mg de ácido cafeico entre la media de la primera y última cosecha. Esta condición disminuiría su influencia sobre la obtención de un momento óptimo de cosecha.

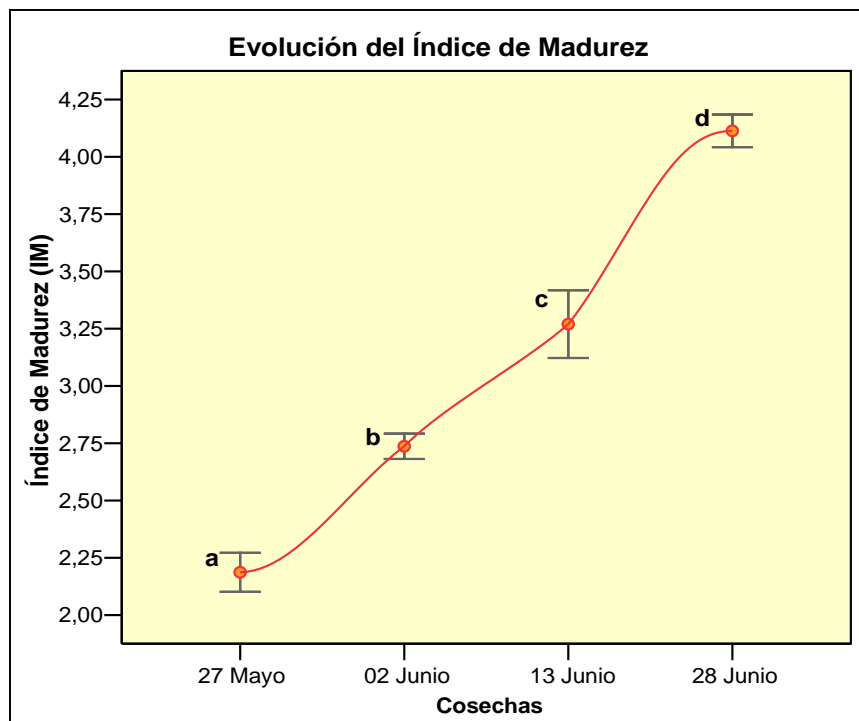
Al analizar en forma global la totalidad de las variables, se deriva un incremento de la calidad nutricional con el avance de las fechas de cosecha, dado principalmente por el aumento del ácido oleico, la disminución de palmítico y la mantención de los ácidos poliinsaturados. Además se observó un aumento del rendimiento graso con el transcurso de las cosechas, lo que establecería a las dos últimas fechas de cosecha como momento óptimo de recolección (19/05 y 27/05).

## 5.2. Variedad Picual

### 5.2.1. Índices de Madurez

Como fue descrito en el apartado de materiales y métodos, para la determinación del momento de cosecha se fijaron cuatro rangos de índices de madurez. En la Figura 22 se presentan las medias de los índices de madurez reales obtenidos después de realizada la recolección dentro de los rangos fijados, además se incluyen en ella las fechas en que se lograron dichos índices.

Se aprecia un aumento constante del índice de madurez en el tiempo, comportamiento asociado a una rápida generación de antocianinas en la piel de los frutos. Autores como Pastor *et al.* (1998) y Beltrán *et al.* (2004a) denominan esta tendencia como una maduración normal propia de un gran grupo de variedades.



**Figura 22.** Evolución del índice de madurez en las cuatro cosechas de Picual (cada valor representa la media de 3 réplicas). Medias seguidas de letras distintas en la curva, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$  y  $p \leq 0.01$ ).

Estos cambios pronunciados en la pigmentación de las olivas influyeron directamente sobre el color de los aceites resultantes, es así que, a pesar de no haber realizado un análisis específico colorimétrico, se pudo ver claramente una gran pérdida de color de los aceites, desde un verde oscuro a un amarillo claro, a través de los cuatro índices de madurez considerados (Anexo 6).

La reducida desviación estándar mostrada en los distintos índices de madurez indica un estado homogéneo de las olivas en cada índice, esto genera también una fuerte diferenciación estadística entre las cosechas. Por lo tanto, el comportamiento mostrado durante la maduración de la variedad Picual se ajusta perfectamente al método utilizado para la determinación de su estado de madurez, facilitando así la identificación y correlación del estado de las olivas con el momento de mejor calidad físico-químico y sensorial de los aceites.

### **5.2.2 Índices Biométricos y Rendimiento Graso**

Los índices biométricos de la variedad Picual se exponen en el Cuadro 11, se observa el valor del peso del fruto, diámetros polar y ecuatorial, y la relación pulpa/hueso.

El peso medio logrado superó considerablemente al mencionado por Beltrán *et al.* (2004a) durante el inicio de la pinta, aproximadamente en el mismo estado de madurez en que se obtuvieron las muestras del presente estudio. Sin embargo, el mismo autor hace referencias generales para la variedad Picual, mencionando un peso medio de 3.2 g, muy similar al obtenido en esta investigación. En cuanto a la relación pulpa/hueso, fue ligeramente inferior a los resultados obtenidos por Beltrán *et al.* (2004a) y por Tous (2004) quienes lograron un valor de 5.6.

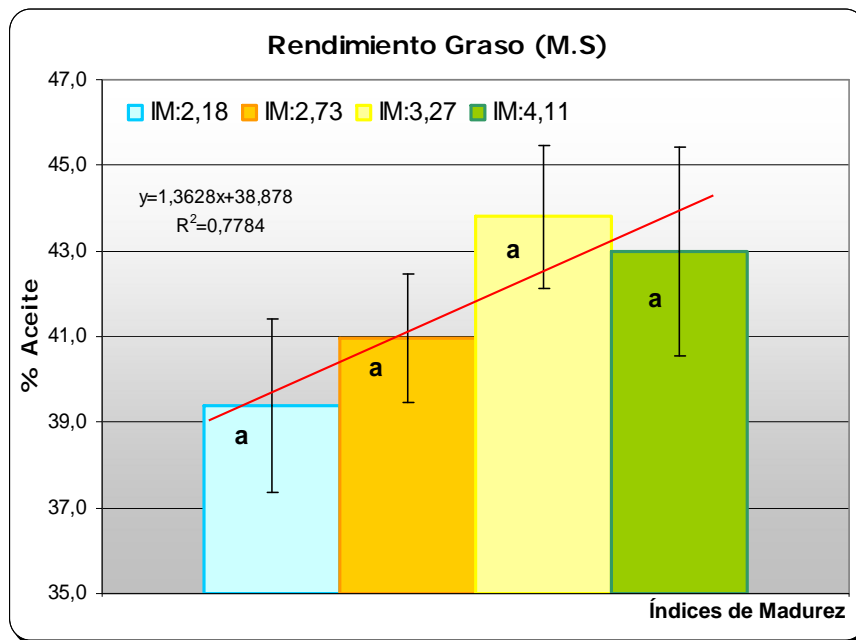
Considerando lo mencionado, las olivas obtenidas en el lugar de estudio presentarían características normales para la variedad en cuanto al peso del fruto, aunque el peso del endocarpo mostró valores moderadamente altos, afectando así la relación pulpa/hueso y probablemente el nivel del rendimiento graso.

**Cuadro 11.** Valores medios de los índices biométricos

<b>Peso (g)</b>	<b>Diámetro Polar (mm)</b>	<b>Diámetro Ecuatorial (mm)</b>	<b>Pulpa / Hueso</b>
3,29 ±0.7	20,8 ±2.42	14,8 ±2.42	5,03

Valores medios ± SD (desviación estándar)

La evolución del rendimiento graso, de acuerdo al análisis, no presentó diferencias significativas entre los distintos índices de madurez (Figura 23). Sin embargo, se apreció un aumento en relación a sus valores medios, es decir, si se considera el valor medio alcanzado en el primer índice (39.39 % aceite, en base seca) y las medias logradas en el tercer y cuarto índice de madurez (43.8 y 42.98 % aceite, en base seca), los dos últimos estados de madurez superan al primero en 4.4 y 3.5 % de aceite, respectivamente, muy relevante desde la perspectiva del rendimiento industrial y comercial.



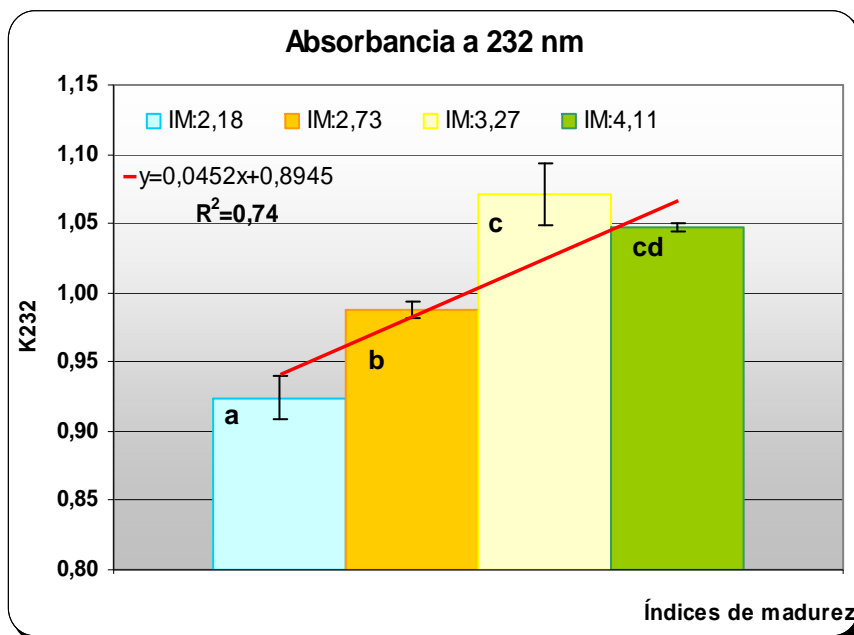
**Figura 23.** Rendimiento graso en cuatro índices de madurez. Barras con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

### 5.2.3. Parámetros de Calidad Comercial del Aceite.

En este apartado se presentan los resultados de la variedad Picual sobre los parámetros de calidad comercial, asociados a los análisis de absorbancia (K232,

K270,  $\Delta K$ ), índice de peróxido y grado de acidez de los aceites obtenidos a partir de cuatro diferentes índices de madurez.

El parámetro de absorbancia K232, mostró diferencias significativas entre los índices de madurez, mostrando un comportamiento creciente de su valor durante la madurez de la fruta, lo que indicaría mayor concentración de dienos conjugados en aceites provenientes de olivas con niveles de madurez superiores e, indirectamente, un leve deterioro en el estado oxidativo del aceite (Figura 24). Resultados similares a estos son descritos por García *et al.* (1996) y Matías *et al.* (2003) quienes obtuvieron niveles de K232 crecientes en el transcurso de la madurez de las olivas, pero con una mayor magnitud de las concentraciones de los dienos conjugados. Otros autores no han mostrado una clara tendencia durante la maduración (Salvador *et al.*, 2001; Beltrán *et al.*, 2003a; Rotondi *et al.*, 2004), incluso Koutsaftakis *et al.* (2000) y Shibasaki (2005), obtuvieron una evolución opuesta a la encontrada en este estudio.



**Figura 24.** Absorbancia a 232 nm en cuatro índices de madurez. Barras con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

El aumento en la cantidad de dienos conjugados se generaría por las características propias que tomaron las olivas durante el transcurso de la madurez,

como la disminución de la firmeza del mesocarpo que conlleva normalmente una menor resistencia a la manipulación de las olivas y, en consecuencia, un aumento de las posibilidades de oxidación, generando una mayor valoración del K232.

El comportamiento de los trienos conjugados en el análisis K270 (Cuadro 12), se generó probablemente por la disminución de los pigmentos clorofílicos de los aceites al aumentar el índice de madurez de los frutos. La evolución del K270, en función de la concentración de los pigmentos clorofílicos, es mencionada por Tous *et al.* (1997) y Alvarruiz *et al.* (2003), quienes indican que la absorbancia al UV a 270 nm está relacionada con el estado oxidativo y el color del aceite. Sin embargo, parece ser necesario que esta condición no se enmascare por los altos niveles de oxidación. Estas serían las razones por las cuales existe tanta divergencia con otros autores en relación a los análisis de absorbancia durante la madurez de las olivas.

En el mismo cuadro se aprecia un muy bajo nivel del  $\Delta K$ , indicando niveles de oxidación también muy bajos, esto es aún más evidente al compararlo con el nivel máximo aceptado por la norma para la clasificación como aceite extra virgen, que establece un máximo no superior a 0.01. Finalmente, este análisis no muestra diferencias significativas en relación a la maduración de las olivas.

**Cuadro 12.** Pruebas espectrofotométricas e índices de peróxido y valoración de acidez

PICUAL	K232	K270	$\Delta K$	IP	Acidez
IM1 (2,18)	0,924 a ( $\pm 0,014$ )	0,097 a ( $\pm 0,016$ )	0,002 a ( $\pm 0,007$ )	4,570 a ( $\pm 1,57$ )	0,058 a ( $\pm 0,005$ )
IM2 (2,73)	0,988 b ( $\pm 0,017$ )	0,072 a ( $\pm 0,006$ )	-0,004 a ( $\pm 0,002$ )	5,067 a ( $\pm 2,02$ )	0,053 a ( $\pm 0,005$ )
IM3 (3,27)	1,072 c ( $\pm 0,018$ )	0,068 a ( $\pm 0,022$ )	-0,004 a ( $\pm 0,0$ )	2,803 a ( $\pm 0,37$ )	0,052 a ( $\pm 0,006$ )
IM4 (4,11)	1,047 cd ( $\pm 0,019$ )	0,063 a ( $\pm 0,003$ )	-0,005 a ( $\pm 0,0009$ )	4,350 a ( $\pm 0,81$ )	0,054 a ( $\pm 0,009$ )
<b>Promedio</b>	<b>1,008</b>	<b>0,075</b>	<b>-0,003</b>	<b>4,198</b>	<b>0,054</b>
<b>Norma*</b>	<b><math>\leq 2.5</math></b>	<b><math>\leq 0.22</math></b>	<b><math>\leq 0.01</math></b>	<b><math>\leq 20</math></b>	<b><math>\leq 0.8</math></b>

Medias seguidas en cada columna por letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ). Valores medios  $\pm$  SD (desviación estándar).

\* Norma del Consejo Oleícola Internacional 2568/91 (modificado CE 1989/03)

El índice de peróxido de los aceites (Cuadro 12) presentó un comportamiento errático en su evolución durante el transcurso de la madurez, no exhibiendo diferencias significativas entre los tratamientos. La magnitud de las



medias obtenidas fue considerablemente baja debido a que el índice de peróxido valora el estado de oxidación inicial de los aceites, por lo que generalmente un aceite recién extraído no presenta valores altos. Tovar (2001) menciona que las causas de un valor elevado de este índice son la procedencia del fruto (suelo, heladas) y la exposición, durante la elaboración y almacenamiento, a factores como aireación, altas temperaturas y presencia de trazas metálicas. Particularmente en este estudio, durante todo el procedimiento experimental estos factores fueron controlados íntegramente, principalmente por la pequeña escala del proceso de elaboración.

Los distintos índices de madurez no generaron diferencias significativas en el nivel de acidez libre, lo que se relaciona con muy bajos niveles de hidrólisis en el aceite. Las razones de este comportamiento son similares a las descritas para el índice de peróxido, destacándose la baja escala en que fue producido el aceite y el buen estado sanitario de la olivas.

Finalmente, es importante mencionar que en todas las mediciones realizadas el promedio de las medias fue ampliamente inferior al descrito en el reglamento del Consejo Oleícola Internacional, lo que indica desde un punto de vista químico, que en todos los tratamientos se alcanzó fácilmente la categoría de extra virgen.

#### **5.2.4. Polifenoles**

La Figura 25 muestra la evolución de los polifenoles en los distintos índices de madurez, observándose un comportamiento irregular de ellos puesto que presentaron un fuerte aumento de su contenido en el índice de madurez 3 (IM: 3.27) para posteriormente reducir su concentración en el índice de madurez 4 (IM: 411).

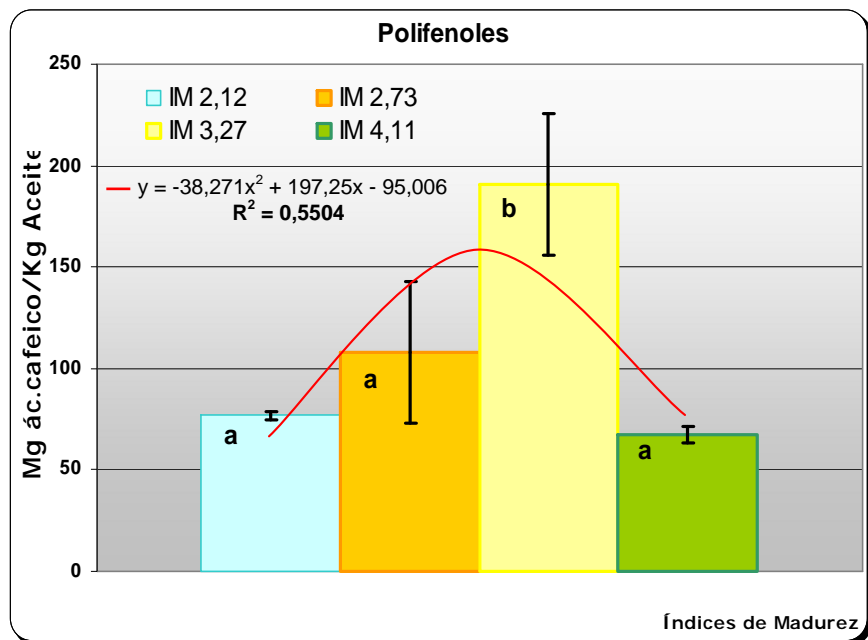
Aproximadamente 12 días antes de la tercera cosecha se suprimió el riego en el sector estudiado para facilitar las labores de cosecha en el huerto. El déficit hídrico durante este periodo podría haber generado una respuesta fisiológica de los olivos al estrés, produciendo de esta manera un aumento en el contenido total de los polifenoles en el tercer índice. Importantes asociaciones entre polifenoles y niveles

de reposición hídrica son descritas por autores como Tovar (2001); Ferguson *et al.* (2005) y Berenguer *et al.* (2006), justificando en parte el comportamiento descrito. Beltrán *et al.* (2003a) dan respuesta a oscilaciones en el contenido de polifenoles de acuerdo a los efectos que tiene la humedad del fruto en los coeficientes de reparto de los compuestos fenólicos en las fases de agua y aceite. Esto podría aplicarse a los resultados obtenidos en este estudio, más aún al considerar que un día antes de realizar la cosecha en IM3 se repuso el régimen de riego, lo que posiblemente generó la posterior disminución de polifenoles en IM4 como se aprecia en la Figura 25. Otra posible explicación se generaría por el comportamiento normal de los polifenoles, señalado por Uceda *et al.* (2004) en la variedad Picual, quienes describen su evolución de acuerdo a una curva de segundo grado, obteniendo el máximo de polifenoles en el índice de madurez 3.5, coincidiendo con lo observado en el presente estudio. No obstante, el nivel de ácido cafeico descrito por este último autor, supera en más del triple al máximo encontrado en este estudio.

Otros autores muestran un comportamiento totalmente diferente al presentado en la Figura 25, describiendo un claro descenso de los polifenoles durante todo el periodo de maduración, obteniendo sus máximos niveles de polifenoles en olivas con estados considerables de inmadurez (Cimato *et al.*, 1990a; Cimato *et al.*, 1990b; Rovellini y Cortesi, 2003).

El valor medio de los polifenoles en los cuatro índices de madurez fue de 111 mg kg<sup>-1</sup> de ácido cafeico, cifra que difiere considerablemente con lo mencionado por Romero *et al.* (2003) y Uceda *et al.* (2004), quienes encuentran niveles medios de polifenoles en la variedad Picual de aproximadamente 430 y 400 mg kg<sup>-1</sup> de ácido cafeico. Esta concentración de polifenoles podría ser generada por la poca edad del cultivo (5 años), pues autores como Mailer *et al.* (2005) describen un claro aumento de los polifenoles a medida que se logran edades superiores en los olivos. El bajo nivel de los compuestos fenólicos generaría en primera instancia una disminución de la intensidad de los atributos sensoriales de amargo y picante (Uceda *et al.*, 2004), siendo esto discutido en el apartado 5.2.4.

Otro efecto importante de la baja cantidad de los polifenoles está dado sobre la estabilidad oxidativa. Es muy probable que la estabilidad de los aceites obtenidos de la variedad Picual sea moderada a baja, en base a los altos coeficientes de correlación encontrados entre los polifenoles y la aceleración del periodo de inducción (oxidación acelerada) (Gutiérrez *et al.*, 2001; Gómez-Alonso *et al.*, 2002; Gutiérrez, 2003; Del Carlo *et al.*, 2004). De manera similar, autores como Morales y Przybylski (2003), Beltrán *et al.* (2003b) y Mailer (2005), hacen referencia a influencias directas de los compuestos fenólicos sobre la estabilidad del aceite. No obstante, es necesario realizar estudios más acabados que incluyan las determinantes no aludidas en esta investigación (Tocoferoles, Método oxígeno activo) para la determinación certera de este parámetro. Sin embargo, tanto los polifenoles como la proporción de ácidos grasos, permiten generar una buena imagen global del comportamiento oxidativo del aceite.



**Figura 25.** Nivel de polifenoles en cuatro índices de madurez. Barras con letras diferentes Indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

### 5.2.5. Perfil de ácidos grasos

En el Cuadro 13 se presenta el perfil de los ácidos grasos obtenidos a partir de olivas cosechadas en cuatro índices de madurez. Como se mencionó en el apartado

de materiales y métodos, sólo se analizarán detalladamente los cinco ácidos grasos principales (palmítico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico), encontrándose todos dentro de los límites establecidos en el reglamento de la Comunidad Europea N° 2568/91 (modificado CE 1989/03) para la categorización de aceite extra virgen.

**Cuadro 13.** Perfil de los ácidos grasos de Picual de cuatro Índices de Madurez

Perfil de Ácidos Grasos	Fechas de Cosechas				Promedio
	IM 2,18	IM 2,73	IM 3,27	IM 4,11	
<b>Palmítico C16:0</b>	10,38 a ±0,16	10,13 ab ±0,20	9,67 c ±0,19	9,09 d ±0,02	<b>9,82</b> ±0,53
<b>Palmitoleico C16:1</b>	0,70 a ±0,04	0,71 a ±0,03	0,66 ab ±0,01	0,62 b ±0,00	<b>0,68</b> ±0,04
<b>Margárico C17:0</b>	0,05 a ±0,00	0,05 a ±0,00	0,05 a ±0,00	0,06 a ±0,01	<b>0,05</b> ±0,00
<b>Margaroleico C17:1</b>	0,11 a ±0,00	0,10 a ±0,00	0,10 a ±0,00	0,11 a ±0,00	<b>0,1</b> ±0,00
<b>Esteárico C18:0</b>	2,64 a ±0,11	3,03 b ±0,17	3,32 bc ±0,17	3,82 d ±0,14	<b>3,2</b> ±0,47
<b>Oleico C18:1</b>	80,73 a ±0,29	80,13 b ±0,11	80,16 bc ±0,04	79,5 d ±0,20	<b>80,13</b> ±0,48
<b>Linoleico C18:2</b>	2,72 a ±0,14	3,22 b ±0,05	3,63 c ±0,06	4,5 d ±0,01	<b>3,52</b> ±0,68
<b>Linolénico C18:3</b>	0,78 a ±0,03	0,76 ab ±0,00	0,71 c ±0,02	0,72 abc ±0,02	<b>0,74</b> ±0,03
<b>Araquídico C20:0</b>	0,41 a ±0,00	0,41 a ±0,00	0,40 a ±0,00	0,40 a ±0,01	<b>0,41</b> ±0,00
<b>Eicosanoico C20:1</b>	0,3 a ±0,00	0,28 b ±0,00	0,26 c ±0,00	0,26 cd ±0,00	<b>0,28</b> ±0,01
<b>Behénico C22:0</b>	0,12 a ±0,00	0,12 ab ±0,00	0,10 bc ±0,00	0,10 cd ±0,00	<b>0,11</b> ±0,00
<b>Lignocérico C24:0</b>	0,96 a ±0,02	0,92 a ±0,04	0,79 b ±0,03	0,67 c ±0,01	<b>0,84</b> ±0,12
<b>A.G. Insaturados</b>	<b>85,34</b> ac ±0,08	<b>85,21</b> ab ±0,07	<b>85,54</b> c ±0,05	<b>85,71</b> cd ±0,18	
<b>A.G. Saturados</b>	<b>14,55</b> ac ±0,08	<b>14,66</b> ab ±0,06	<b>14,35</b> c ±0,06	<b>14,15</b> cd ±0,19	
<b>A.G. Monoinsaturados</b>	<b>81,84</b> a ±0,25	<b>81,22</b> b ±0,08	<b>81,20</b> bc ±0,01	<b>80,49</b> d ±0,2	
<b>A.G. Poliinsaturados</b>	<b>3,51</b> a ±0,18	<b>3,99</b> b ±0,05	<b>4,34</b> c ±0,04	<b>5,22</b> d ±0,02	
<b>In / St</b>	<b>5,87</b> ac ±0,04	<b>5,81</b> ab ±0,03	<b>5,96</b> c ±0,03	<b>6,06</b> cd ±0,09	
<b>Mi / Pi</b>	<b>23,34</b> a ±1,22	<b>20,37</b> b ±0,26	<b>18,71</b> c ±0,17	<b>15,41</b> d ±0,09	
<b>OI / Li</b>	<b>29,61</b> a ±1,62	<b>24,88</b> b ±0,42	<b>22,08</b> c ±0,35	<b>17,65</b> d ±0,04	
<b>OI / Pa</b>	<b>7,78</b> a ±0,14	<b>7,91</b> a ±0,17	<b>8,29</b> b ±0,17	<b>8,75</b> c ±0,04	

Medias seguidas por letras diferentes en las filas, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

In: Insaturados; St: Saturados; Mi: Monoinsaturados; Pi: Palmítico; Oi: Oleico; Li: Linoleico. Valores medios  $\pm$  SD (desviación estándar).

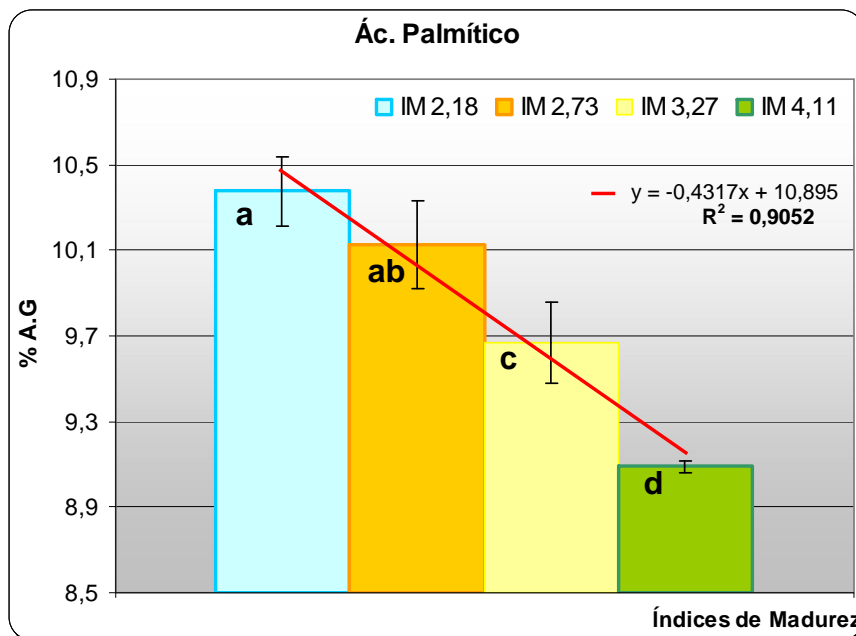
### 5.2.5.1. Ácido Palmítico

La Figura 26 muestra la evolución de la proporción del ácido palmítico en los aceites obtenidos cosechados con diferentes índices de madurez. Se aprecia un claro descenso de la media de este ácido respecto al resto de los ácidos grasos, observándose diferencias significativas entre los tratamientos de madurez. Asimismo el alto  $R^2$  mostrado (0.905) indica un estrecho margen de variabilidad de las réplicas con respecto a la regresión lineal, validando aún más la homogeneidad de las réplicas y permitiendo proyectar certeramente el comportamiento del ácido palmítico en función de la ecuación presentada.

El decrecimiento del ácido palmítico en función del aumento del índice de madurez fue semejante a lo obtenido en la variedad Picual por autores como Beltrán *et al.* (2003a), Álvarez *et al.* (2003) y Beltrán *et al.* (2004b), quienes presentan una disminución del porcentaje de este ácido graso en estados de madurez similares. El valor medio obtenido del ácido palmítico fue de 9.82% (Cuadro 13), inferior en aproximadamente 1.6% a lo encontrado por Khalifa *et al.* (2003) y Uceda *et al.* (2004) característica destacable desde el punto de vista de la calidad nutricional.

La evolución del ácido palmítico, podría explicarse por la disminución de la actividad de la enzima  $\beta$ -cetoacil-ACP sintetasa I (KAS I), que controla la biosíntesis de palmitato y/o por la mayor actividad de la enzima  $\beta$ -cetoacil-ACP sintetasa II (KAS II), que controla la elongación del palmitato a estearato. Estas enzimas pudieron ser afectadas diferentemente por la disminución de las temperaturas medias diarias, aunque, a pesar de esta disminución, el diferencial negativo obtenido fue bajo, reflejándose en el escaso valor negativo de la pendiente de la recta de la regresión lineal de las temperaturas (Anexo 7). Esta condición da margen para la búsqueda de otras explicaciones a la evolución mostrada. En términos generales, la reducción de la principal grasa saturada es en función de mantener la fluidez de las membranas celulares durante las bajas temperaturas (Beltrán *et al.*, 2004b). Otra posible explicación a la evolución del palmitato es descrita por Alvarruiz *et al.* (2003), quienes observaron similares comportamiento de este ácido graso en la variedad Cornicabra,

dando respuesta a esta evolución mediante el efecto de dilución del ácido palmítico debido al incremento del ácido linoleico, hecho que también fue observado en este estudio y será analizado en detalle más adelante.



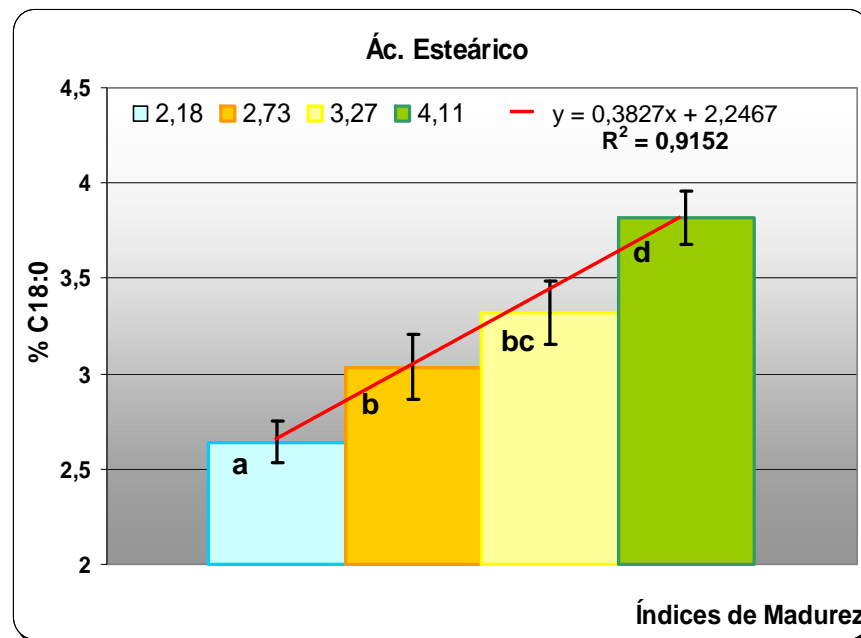
**Figura 26.** Evolución del ácido palmítico en cuatro índices de madurez (IM 2.18; IM 2.73; IM 3.27; IM 4.11). Barras con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

### 5.2.5.2. Ácido Esteárico

La proporción del ácido esteárico presentó un aumento significativo de su importancia relativa en función de la progresión de la madurez. En la Figura 27 se aprecia su comportamiento, incluyéndose las desviaciones de las réplicas y la ecuación de la regresión lineal. El alto valor del  $R^2$  (91.5%) revela una baja dispersión de los resultados con respecto a la regresión lineal, permitiendo estimar matemáticamente el comportamiento de este ácido.

El estearato según Salas *et al.* (2000) y Tovar (2001) no se acumula durante el proceso de maduración producto de la gran actividad de la enzima estearil-ACP  $\Delta_9$  desaturasa, no concordando con los resultados descritos en esta investigación; sin embargo, tiene mucha similitud con lo mencionado por diversos autores en esta

misma variedad (Beltrán *et al.*, 2003b; Álvarez *et al.*, 2003 y Beltrán *et al.*, 2004b). La misma evolución de este ácido graso se observa en variedades como Cornicabra, Arbequina, Koroneiki, Hojiblanca, Picholine marocaine, Picholine Languedoc, Manzanilla, Leccino, Blanquita de Elvas, Picudo, Carrasqueño de Alcaudete, Frantoio, entre otras (Koutsaftakis *et al.*, 2000; Salvador *et al.*, 2001; Famiani *et al.*, 2002; Ait Yacine *et al.*, 2002; El Antari *et al.*, 2003; Shibasaki, 2005) refutando categóricamente lo expuesto por los dos primeros autores.



**Figura 27** Evolución del ácido esteárico en cuatro diferentes índices de madurez (IM 2.18; IM 2.73; IM 3.27; IM 4.11). Barras con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

En el Cuadro 13 se aprecia el valor medio del ácido esteárico en los cuatro índices de madurez (3.2%), muy semejante a lo encontrado por Tous y Romero (1993) y Uceda *et al.* (2004), quienes mencionan un porcentaje medio de 3.25% y 3.29%, respectivamente. Sin embargo, Sweeney (2003) y Beltrán *et al.* (2004a) consiguieron resultados considerablemente menores en índices de madurez semejantes a los utilizados en esta investigación.

La evolución mostrada por el ácido esteárico afectó la calidad nutricional del aceite al mantener prácticamente constante la proporción de los ácidos grasos saturados, a pesar de la disminución del ácido palmítico. Sin embargo, en términos generales, el nivel de las grasas saturadas es considerablemente bajo.

### **5.2.5.3. Ácido Oleico**

El ácido oleico es el principal ácido graso generado en la biosíntesis lipídica de las olivas (Harwood y Sánchez, 2003). Este compuesto tiene una gran importancia desde la perspectiva nutricional y comercial ya que contribuye a una mayor resistencia oxidativa de los aceites, y favorece la disminución de cardiopatías (Aguilera *et al.*, 2001). Son estas las razones por las cuales es deseable obtener los más altos niveles de oleato en los aceites.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican una reducción significativa de la participación relativa del ácido oleico en función del aumento de la madurez de las olivas (Figura 28). Este comportamiento concuerda con lo mencionado por Álvarez *et al.* (2003), Jiang *et al.* (2005) y Uceda *et al.* (2004) y difiere sustancialmente de lo descrito por Beltrán *et al.* (2004b) quienes obtienen un leve aumento de este ácido graso en aceites de olivas con índices de madurez similares. Otras investigaciones han demostrado que el nivel de ácido oleico es constante en cualquier periodo de recolección (Ait Yacine *et al.*, 2002), en forma similar Beltrán *et al.* (2004a) hacen referencia a un comportamiento de mantención de su proporción o sólo con un leve aumento. Esto nuevamente se contrapone a lo observado en los aceites provenientes del sector de Talhuén.

Es importante destacar que, a pesar de la clara y significativa disminución del ácido oleico, el diferencial obtenido entre el índice menor (IM 2.18) respecto al mayor (IM 4.11) sólo fue de 1.26%. Por lo tanto, la calidad nutricional del aceite no fue afectada sustancialmente por este parámetro, más aún si se considera el alto valor medio logrado en los cuatro índices de madurez, que alcanzó a 80.13%, encontrándose dentro de un rango de 79.27 - 80.94% (Cuadro 13). La media

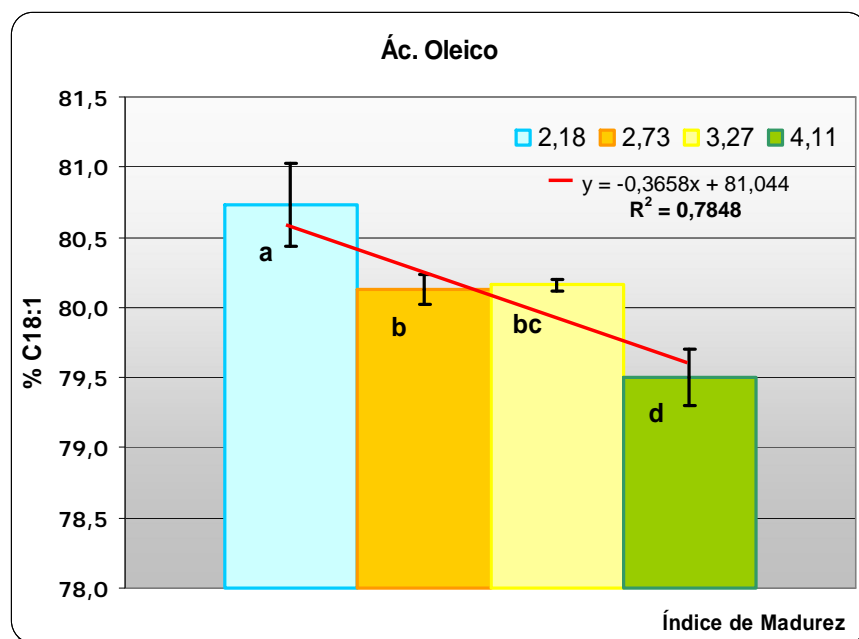


encontrada en este estudio fue ampliamente superior a lo mencionado por Uceda *et al.* (2004) quienes logran un porcentaje de 77% de ácido oleico, los autores Khalifa *et al.* (2003) y Tous y Romero (1993) hacen referencia a porcentajes de 78.93 y 78.85%, manteniéndose ambos bajo lo encontrado en esta investigación.

La explicación del comportamiento del ácido oleico, en referencia tanto al porcentaje general como a la evolución de este ácido graso durante la madurez, pareciera estar asociada con el nivel de actividad de las enzimas que controlan tanto la desaturación del estearato como las que controlan las desaturaciones subsiguientes al oleato. Como se mencionó en el apartado 5.2.5.2, el ácido esteárico presentó un importante aumento de su proporción durante el transcurso de la madurez, lo que indicaría una disminución de la actividad de la enzima estearil-ACP  $\Delta_9$  desaturasa y, en consecuencia, generaría una reducción de la velocidad de síntesis de ácido oleico, sin embargo, esto sólo explicaría la estabilidad del porcentaje del ácido oleico y no la disminución observada. Se puede deducir además que el nivel máximo de ácido oleico se habría formado con anterioridad al primer índice de madurez. Esto permite derivar que las temperaturas óptimas para la actividad de la enzima  $\Delta_9$  desaturasa se generan en etapas previas a la analizada o que la expresión génica de esta enzima ocurre con mayor intensidad en estados de madurez inferiores al primer índice obtenido (inferiores a IM 2.18).

Para entender la evolución real del oleato es necesario incluir en el proceso la enzima  $\Delta_{12}$  desaturasa, que desatura oleato a linoleato y que pareciera ser la responsable de la disminución del ácido oleico, ya que desaturaría activamente al oleato en función de obtener aceites más insaturados y así mantener la fluidez de las membranas a temperaturas menores (la actividad de esta enzima se discutirá más detalladamente en el apartado referente al ácido linoleico).

Finalmente, en términos generales, las condiciones climáticas en el lugar de estudio generarían los altos niveles de ácido oleico en los aceites (Troncoso *et al.*, 2006a), ya que permitirían una adecuada expresión del potencial genético de la variedad Picual.



**Figura 28.** Evolución del ácido oleico en cuatro índices de madurez (IM 2.18; IM 2.73; IM 3.27; IM 4.11). Barras con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

#### 5.2.5.4. Ácido Linoleico y Linolénico

La evolución del ácido linoleico (Figura 29) durante el transcurso de la madurez exhibió un significativo aumento de su porcentaje, apreciándose una diferencia entre el primer y último índice de madurez de prácticamente 1.8%. Por lo tanto, este ácido graso es el que presentaría el mayor cambio de su proporción durante la madurez, transformándose en el principal factor de análisis al momento de evaluar la calidad química-nutricional del aceite en relación a la madurez.

El comportamiento mostrado por el ácido linoleico en este estudio concuerda en gran parte con la literatura, tanto en la variedad Picual (Beltrán *et al.*, 2003a; Álvarez *et al.*, 2003; Beltrán *et al.*, 2004a) como en otras variedades (Sánchez *et al.*, 1999; Salvador *et al.*, 2001; Alvarruiz *et al.*, 2003; Mailer *et al.*, 2005). Considerando la evolución de este ácido graso, se puede deducir que el índice de madurez 2.18 corresponde al estado óptimo de cosecha para la obtención de aceites con menor propensión a la oxidación, contrastando con el índice de madurez 3 a 4 utilizado normalmente por los productores (Tous, 2004).

El valor medio del ácido linoleico fue de 3.52% (Cuadro 13), similar a lo encontrado por Ibacache y Astorga (2003) y levemente inferior a lo expuesto por Khalifa *et al.* (2003), quienes logran valores de 3.4 y 3.87%, respectivamente. Otros autores como Tous y Romero (1993) y Uceda *et al.* (2004) logran porcentajes ampliamente superiores, de 4.5 y 4.26%, respectivamente. A pesar del claro aumento del ácido linoleico, en términos generales, los niveles medios de este compuesto son normales para la variedad e incluso moderadamente bajos.

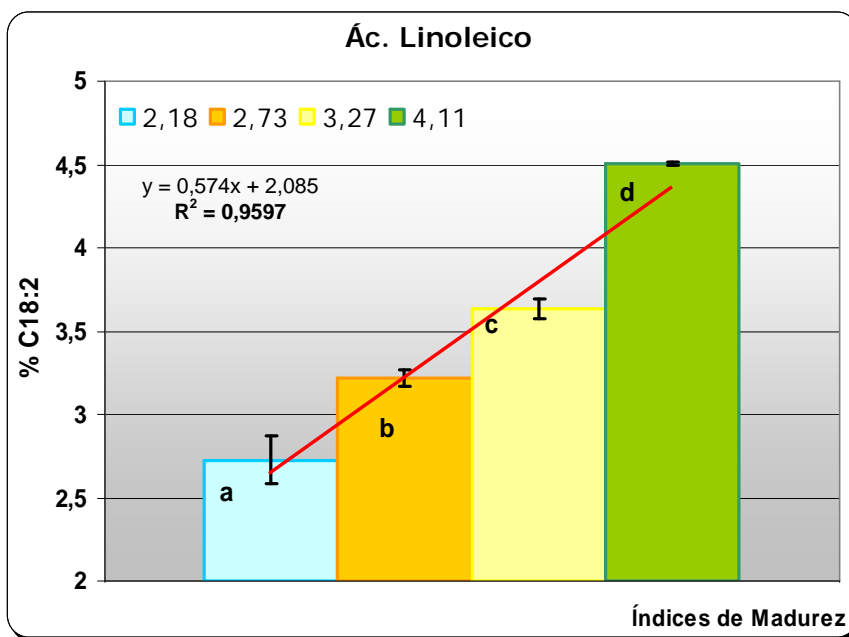
Según Sánchez *et al.* (1999) los mayores valores de estabilidad oxidativa se asocian a altos porcentajes de ácido oleico y bajos de linoleico, siendo este postulado observado en el presente estudio. Este mismo autor recomienda que el ácido linoleico no sobrepase el 10%, hecho que es holgadamente logrado en esta investigación. La disminución de la calidad del aceite en términos de la oxidación es un factor fundamental para determinar el índice óptimo de cosecha, más aún si se consideran los bajos niveles de polifenoles encontrados. No obstante, durante todos los índices de madurez, se observaron altos valores de ácido oleico y bajos de linoleico, permitiendo establecer una excelente calidad química-nutricional de los aceite de la variedad Picual, en términos de la resistencia a la oxidación.

La intensidad de la desaturación del oleato a linoleato fue probablemente regulada por las temperaturas (Anexo 7), obteniendo para bajas constantes niveles mayores de insaturación en los ácidos grasos (Beltrán *et al.*, 2004b). Este efecto podría ser generado por la influencia de las temperaturas sobre la expresión génica de la enzima que controla desaturación ( $\Delta_{12}$  desaturasa) o simplemente por la acción directa de las temperaturas sobre la mayor actividad de la enzima propiamente tal.

En el aceite de oliva, el más alto grado de insaturación fue mostrado por el ácido linolénico, que logró valores medios de 0.74%, superando lo reportado para este cultivar por Álvarez *et al.* (2003) y Beltrán *et al.* (2004b). Este ácido graso presentó una disminución significativa de su porcentaje durante la madurez de las

olivas (Cuadro 13), posiblemente por el efecto de dilución generado por el aumento del ácido linoleico o por una menor actividad de la enzima  $\Delta 15$  desaturasa.

El ácido linolénico es el principal responsable del inicio del proceso de auto-oxidación al generar los primeros hidroperóxidos en el proceso oxidativo (Morales y Przybyski, 2003). Sin embargo, la evolución mostrada disminuye la potencialidad de oxidación, pues se reduce el principal sustrato oxidable del aceite de oliva.



**Figura 29.** Evolución del ácido linoleico en cuatro índices de madurez (IM 2.18; IM 2.73; IM 3.27; IM 4.11). Barras con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$  y  $p \leq 0.01$ ).

### 5.2.5.5. Ácidos Grasos Secundarios

En el Cuadro 13 se puede apreciar el comportamiento mostrado por ácidos grasos de menor importancia relativa en el perfil ácido. Se observa la evolución de los ácidos palmitoleico, eicosanoico, behénico y lignocérico, presentando una tendencia a la disminución de su porcentaje durante la madurez. En tanto, los ácidos margárico, margaroleico y araquídico mantuvieron estabilidad en su porcentaje en todos los índices de madurez analizados.

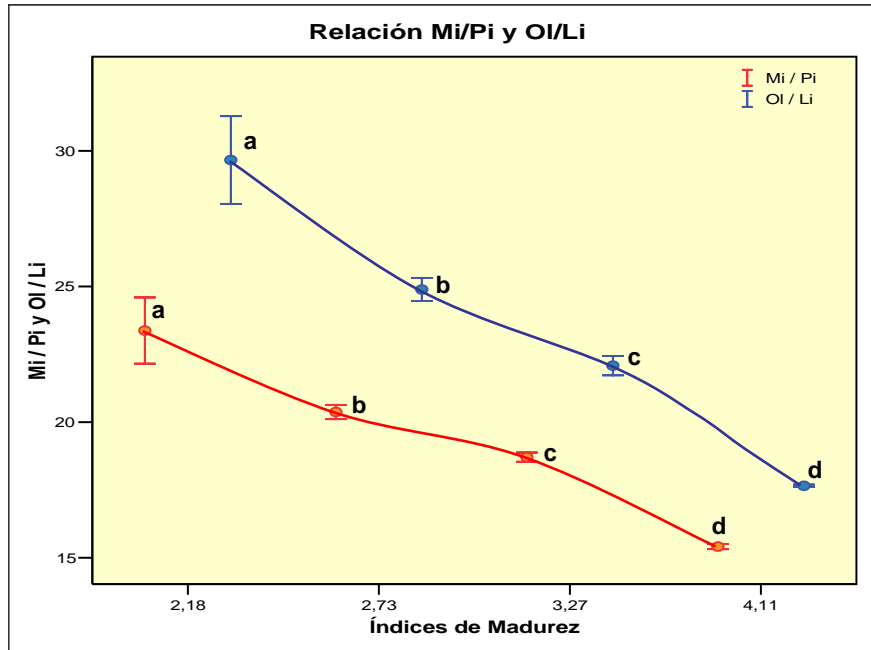
### **5.2.3. Relaciones Entre Grupos de Ácidos Grasos en Picual**

#### **5.2.3.1. Evolución de la Relación Monoinsaturados/Poliinsaturados y Oleico/Linoleico**

La relación entre ácidos monoinsaturados y poliinsaturados es un parámetro de gran interés debido a su asociación con las propiedades nutricionales del aceite de oliva virgen y por estar estrechamente correlacionado con la estabilidad oxidativa (Beltrán *et al.*, 2003a). En la Figura 30 se muestra la evolución de las relaciones monoinsaturados/poliinsaturados y oleico/linoleico, en ambas se puede apreciar un claro descenso de su valor durante el transcurso de la madurez, este comportamiento se generaría en parte por la disminución del ácido oleico y mayormente por el fuerte incremento del ácido linoleico.

El comportamiento exhibido está de acuerdo a lo mencionado por autores como Uceda *et al.* (2004), Beltrán *et al.* (2004b) y Beltrán *et al.* (2003a) quienes mostraron una clara tendencia a la disminución de la relación. Otros autores como Salvador *et al.* (2001), Alvarruiz *et al.* (2003) y Rotondi *et al.* (2004), han mostrado la misma evolución de la relación oleico/linoleico en otras variedades, difiriendo solamente en la contribución del ácido oleico, puesto que encontraron mayor estabilidad de este durante la madurez. Pannelli y Famiani (1990) obtuvieron una evolución de la relación oleico/linoleico inversa a la mostrada en este estudio, generada por el aumento del ácido oleico y la estabilidad del ácido linoleico, considerándose este tipo de comportamiento como de excepción.

Desde el punto de vista de la calidad nutricional es siempre preferible obtener los más altos niveles de la relación oleico/linoleico, como también de la relación monoinsaturados/poliinsaturados para, de esta forma reducir la susceptibilidad oxidativa y mantener alto los parámetros nutricionales (Aguilera *et al.*, 2001 y Beltrán *et al.*, 2004b).



**Figura 30.** Evolución de relación Oleico/Linoleico y Monoinsaturados/Poliinsaturados.

Puntos seguidos de letras distintas, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

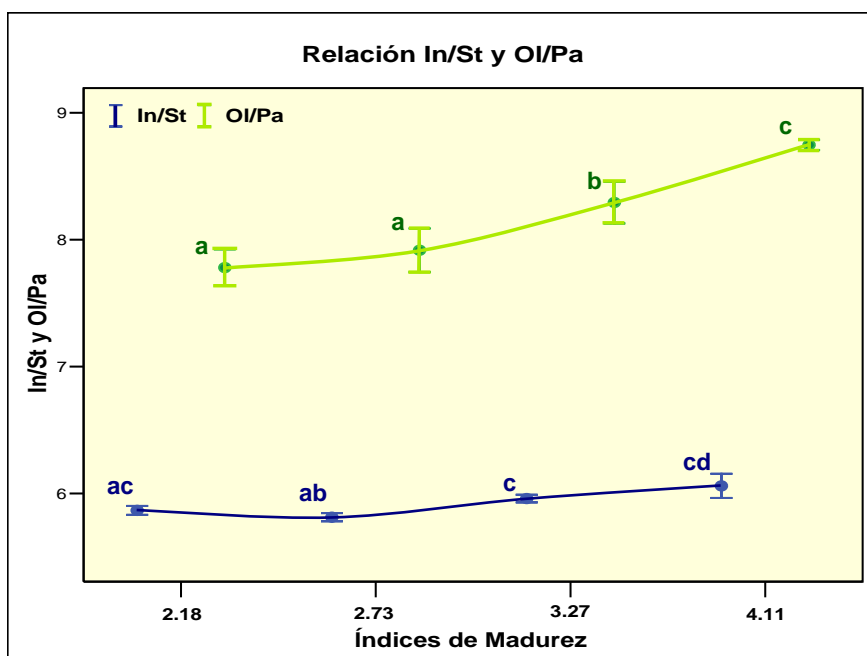
Mi: monoinsaturados; Pi: Poliinsaturados; Oi: oleico; Li: linoleico.

### 5.2.3.2. Evolución de la Relación Insaturados/Saturados y Oleico/Palmítico

Tanto la relación insaturados/saturados como la relación oleico/palmítico presentaron tendencia a incrementar su valor durante la madurez (Figura 31), sin embargo, se comportaron de manera distinta, pues la primera mostró una pendiente más pronunciada de su curva, esto indicaría que la fuerte caída del ácido palmítico ejerció una gran influencia sobre su relación con oleico. La relación insaturado/saturado fue fuertemente afectada por el incremento del ácido esteárico, lo que generó que el aumento del ácido linoleico fuera compensado en la relación; además es necesario incluir la disminución presentada por los demás ácidos grasos insaturados, logrando finalmente obtener una curva de la relación menos pronunciada.

Desde el punto de vista de la calidad nutricional, es deseable obtener altas relaciones oleico/palmítico, permitiendo de esta forma reducir el colesterol total y el colesterol de las LDL, no afectando la concentración del colesterol de las HDL

(Tovar, 2001). Los mayores niveles de la relación se presentaron en estados de madurez más avanzados, logrando el máximo en el índice de madurez 4.11.



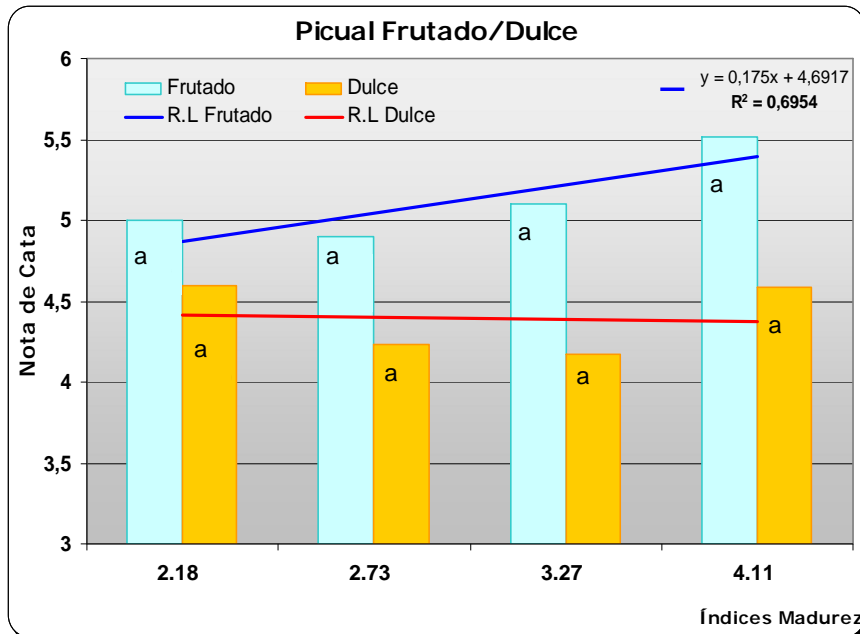
**Figura 31.** Evolución de relación Oleico/Linoleico y Monoinsaturados/Poliinsaturados.

Puntos seguidos de letras distintas, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ). Mi: monoinsaturados; In: Insaturados; St: Saturados; Ol: Oleico; Pa: Palmítico.

## 5.2.4. Valoración Organoléptica

### 5.2.4.1. Atributos Frutado y Dulce

Los atributos de frutado y dulce (Figura 32), en la literatura normalmente presentan una tendencia inversa durante la maduración de las olivas, observándose descensos de la puntuación de frutado e incrementos de la intensidad del dulce en estados de madurez avanzados (Pastor *et al.*, 1998; Beltrán *et al.*, 2003a y Uceda *et al.*, 2004). Sin embargo, los resultados obtenidos no muestran este comportamiento, más bien presentan una evolución de estabilidad en ambos atributos con sólo un leve aumento del frutado desde 4.8 a 5.5 entre el segundo y cuarto índice de madurez, pero sin diferencias significativas.

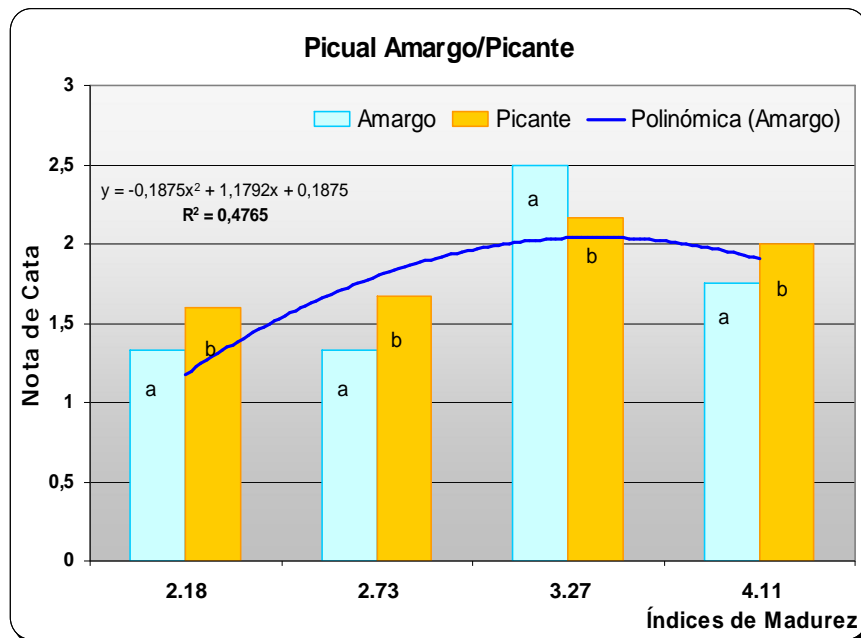


**Figura 32.** Evolución sensorial de los atributos de Frutado y Dulce en aceites de Picual en cuatro índices de madurez. Medianas promedio seguidas por letras diferentes en barras de igual color, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

#### 5.2.4.2. Atributos amargo y picante

La evolución de los atributos de amargo y picante no presentó diferencias significativas entre los diferentes índices de madurez. Sin embargo, se puede observar en la Figura 33 un alza en la intensidad del amargo, discriminado por los catadores en el tercer índice de madurez; aún cuando este incremento no fue significativo, si se asoció al incremento significativo de los polifenoles totales en el mismo índice (IM: 3.27). Esta relación concuerda con lo mencionado por Pastor *et al.* (1998); Cerretani *et al.* (2004) y Rotondi *et al.* (2004), quienes presentan una fuerte correlación de los compuestos fenólicos con los atributos en cuestión, no obstante, estos autores presentan una evolución distinta a la expuesta en esta investigación en ambos parámetros, relacionando la constante disminución de los polifenoles con una reducción de la intensidad sensorial de los atributos de amargo y picante detectada durante el transcurso de la madurez.





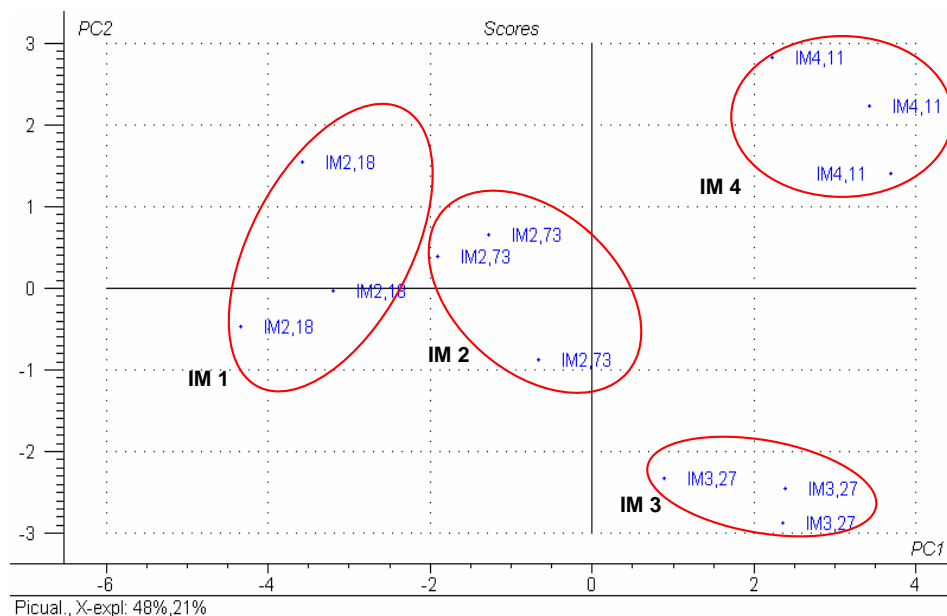
**Figura 33.** Evolución sensorial de los atributos de frutado y dulce en aceites de Picual en cuatro índices de madurez. Medianas promedio seguidas por letras diferentes en barras de igual color, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (DVS) ( $p \leq 0.05$ ).

Como se mencionó en el apartado 5.2.4, el comportamiento mostrado se podría explicar dado que, aproximadamente 12 días antes de la tercera cosecha, se suspendió el riego en el sector que estaba bajo estudio (11 días sin riego), esto probablemente generó algún nivel de estrés sobre el árbol de olivo causando un aumento del contenido de polifenoles, lo que originó una mayor percepción de los atributos de amargo y picante discriminados por los panelistas.

### 5.2.5. Análisis de Componentes Principales

En la Figura 34 se aprecian cuatro grupos bien definidos correspondientes a los cuatro índices de madurez utilizados, los cuales presentan una varianza explicada de 69% por ambos ejes, la cual permite diferenciar ampliamente los aceites en función de los índices de madurez de las olivas con que fueron elaborados. Esta diferenciación está dada por la amplia distancia observada del IM1 con respecto a IM3 e IM4, en base al componente principal 1 (PC1). Además se

observa una buena diferenciación entre el IM3 con respecto a IM4 dada principalmente en base al componente principal 2 (PC2).



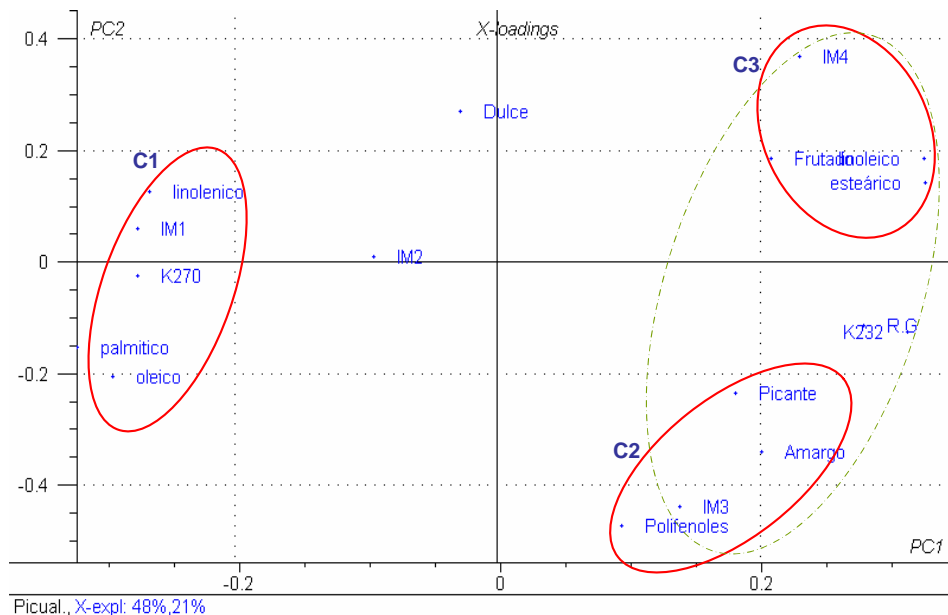
**Figura 34.** Diagramas de muestras del PC1 v/s PC2 a partir de un modelo PCA. Muestras designadas como índices de madurez (IM1: 2.18, IM2: 2.73, IM3: 3.27 y IM4: 4.11).

En la Figura 35 se expone el diagrama de variables de los parámetros físico-químicos en función de los componentes principales PC1 y PC2 (varianza explicada del 69%). Se observan tres clusters muy bien definidos, donde las variables se agrupan principalmente en torno a IM1 (2.18), IM3 (3.27) e IM4 (4.11). En el cluster 1 (C1) se aprecia una ajustada relación dada por la cercanía de las variables, entre el primer índice de madurez y los ácidos grasos palmítico, oleico y linolénico, generando una clara diferenciación de los aceites procedentes de olivas más inmaduras en base al componente principal 1 (PC1).

Destacable es la asociación entre los atributos de amargo y picante con respecto a los polifenoles totales y a IM3, en base al componente principal 2 (PC2). Esta asociación confirma la alta correlación existente entre los compuestos fenólicos y los atributos de amargo y picante observada previamente en los apartados de polifenoles y de atributos sensoriales. Otras variables importantes que contribuyen a la diferenciación de los aceites de acuerdo a su calidad nutricional, fueron los ácidos

linoleico y esteárico, los cuales se encuentran cercanos a IM (4.11) con una fuerte influencia en PC1. Esta distribución indicaría una tendencia de los aceites a lograr mayores niveles de poliinsaturación, junto con una propensión a atenuar la disminución de los ácidos grasos saturados generada por la disminución de la importancia del ácido palmítico en estados de madurez más avanzados.

El rendimiento graso muestra una clara asociación con los estados de madurez más avanzados, tanto con IM3 como con IM4 (anillo discontinuo verde), siendo levemente más influenciado por IM3 ya que se encuentra dentro del mismo cuadrante. La gran importancia del rendimiento graso en función de la calidad comercial, transforma a esta variable en uno de los principales factores de decisión para la determinación del índice óptimo de cosecha.



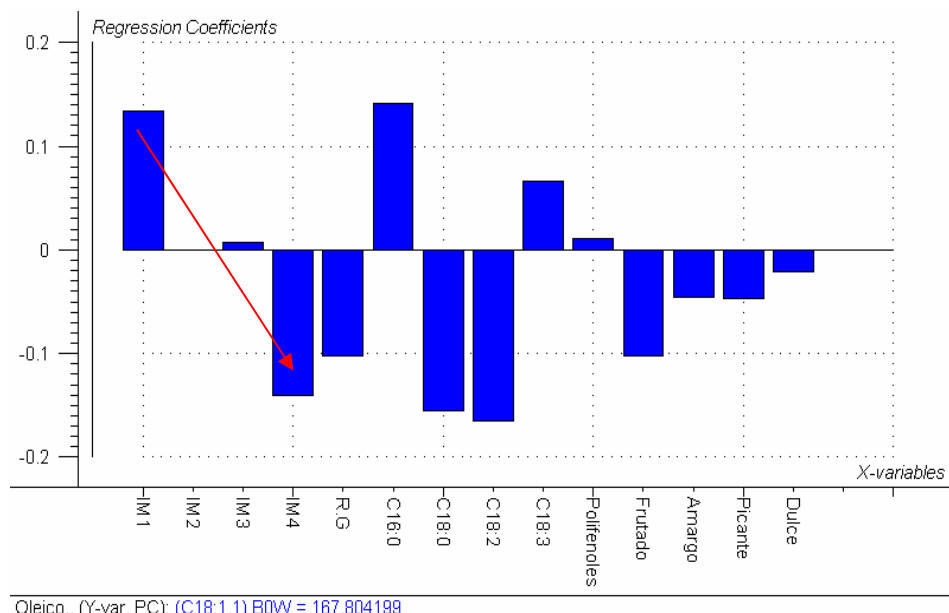
**Figura 35.** Diagramas de variables del PC1 v/s PC2 a partir de un modelo PCA. Muestras designadas como índices de madurez (IM1: 2.18, M2: 2.73, IM3: 3.27 y IM4: 4.11). (C1: clusters 1; C2: clusters 2; C3: clusters 3) (13 variables incluidas)

La Figura 36 muestra el análisis de regresión en base a cuadrados mínimos parciales (PLS), entre el ácido oleico y los distintos índices de madurez, el rendimiento graso, ácidos grasos principales y atributos sensoriales. Se observa inicialmente en la figura cómo la importancia relativa del ácido oleico decreció con

respecto al aumento de los índices de madurez (desde IM1 a IM4), siendo esto representado por la flecha roja. Las variables que se ven más correlacionadas con el ácido oleico son los ácidos grasos palmítico, esteárico y linoleico, siendo esto derivado del mayor coeficiente de regresión presentado por estas variables. El ácido palmítico muestra un considerable coeficiente de regresión positivo (0.142) con respecto al ácido oleico, lo que indicaría una buena asociación de estos ácidos grasos durante la madurez. En otras palabras, esta relación nos revela un comportamiento similar entre las dos variables.

Los ácidos esteárico y linoleico muestran los dos mayores valores de coeficientes de regresión negativos con respecto al ácido oleico, derivándose de este resultado una evolución opuesta durante la madurez. Por lo tanto, desde la perspectiva nutricional, sería deseable cosechar las olivas con el primer índice de madurez, donde el ácido oleico posee una regresión más positiva y los ácido linoleico y esteárico poseen una menor importancia relativa.

El coeficiente de regresión observado en el rendimiento graso debe analizarse desde una perspectiva particular ya que, a pesar de no poseer un gran coeficiente inverso de regresión con respecto al ácido oleico, si posee una importancia notable dentro del análisis de la calidad comercial. Siempre es deseable obtener los más altos valores de ácido oleico junto con lograr el mayor rendimiento graso, comportamiento que no es posible de lograr según el coeficiente de regresión mostrado bajo las condiciones del estudio en esta variedad, sin embargo, como se describió en el apartado 5.2.5.3, la pérdida absoluta del ácido oleico fue muy pequeña en relación a su porcentaje total. Por lo tanto, se podría considerar al rendimiento graso como una variable más relevante a la hora de determinar el índice óptimo de cosecha, desde la perspectiva de la calidad comercial por sobre las pérdidas de la calidad nutricional.



**Figura 36.** Coeficientes de Regresión del Ácido Oleico con respecto a los índices de madurez, Rendimiento Graso, Ácidos Grasos y atributos sensoriales.

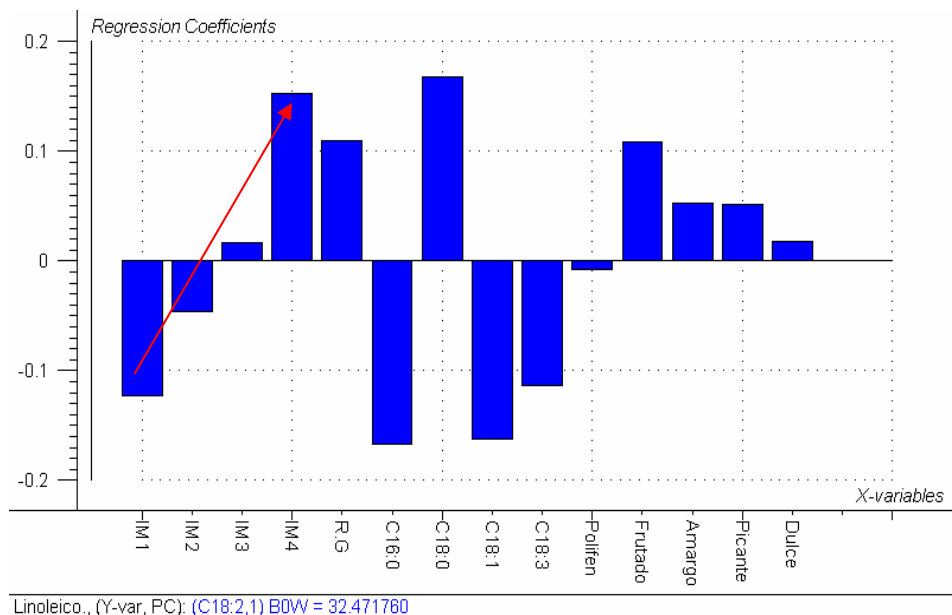
El ácido graso linolénico, los polifenoles y los atributos sensoriales, no presentan buenas correlaciones con respecto al ácido oleico, por lo tanto, son poco relevantes a la hora de realizar la estimación de un índice óptimo desde la perspectiva de su importancia en relación a la evolución del ácido oleico.

Mediante el modelo PLS se determinó la calidad del modelo de regresión a través de un diagrama del ácido oleico medido v/s predicho, para los cuatro índices de madurez (Anexo 8), obteniéndose un buen ajuste de la regresión en función del oleico, pues logra un coeficiente de correlación de validación de 0.94 y una pendiente de la recta de 0.88. Se considera, por lo tanto, una buena influencia de las variables sobre el ácido oleico.

El coeficiente de regresión del ácido linoleico con respecto a los índices de madurez, muestra un claro incremento de la importancia de este ácido graso (flecha roja) en relación al aumento del estado de madurez (Figura 37), considerándose negativa esta evolución desde la perspectiva de la calidad nutricional y comercial.

Las variables que destacan por su importancia relativa con respecto al ácido linoleico son los ácidos esteárico, palmítico y oleico. El ácido esteárico muestra un gran coeficiente de regresión positivo derivándose, por lo tanto, una evolución similar de este ácido graso en relación al linoleico, lo que potencia el deterioro de la calidad nutricional. De manera opuesta, los ácidos palmítico y oleico exhiben una gran regresión negativa. Estas expresiones de las regresiones generan dos efectos importantes sobre la evolución de la calidad, el primero es la atenuación del aumento de los ácidos grasos saturados mediada por el coeficiente negativo del ácido palmítico, y el segundo efecto, generado por la disminución del ácido oleico, es el decrecimiento de la calidad nutricional y comercial.

De acuerdo al diagrama del ácido linoleico medido v/s el predicho generado a través de un modelo PLS (Anexo 9) se puede verificar un buen ajuste del modelo y, en consecuencia, una gran calidad de la regresión obtenida, ya que se logran coeficientes de correlación en función de las muestras de validación de 0.99, además de una pendiente de la curva muy cercana a 1.



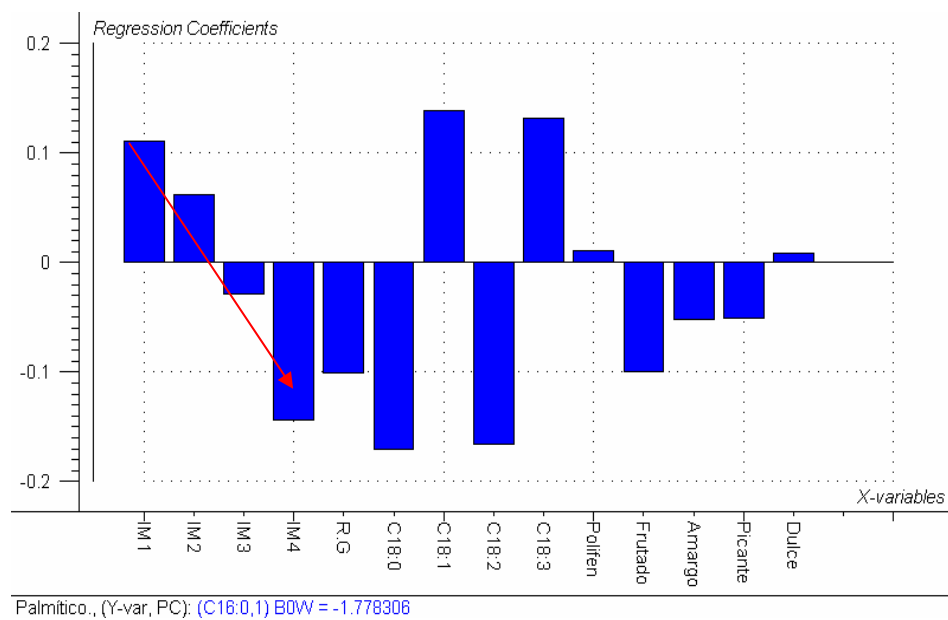
**Figura 37.** Coeficientes de Regresión del Ácido Linoleico con respecto a los índices de madurez, Rendimiento Graso, Ácidos Grasos principales y atributos sensoriales.

La correlación del ácido palmítico en relación al resto de las variables (Figura 38), muestra una fuerte tendencia a la disminución de la importancia del ácido graso en cuestión durante el aumento de los índices de madurez (flecha roja). Por lo tanto, esta evolución contribuye a la disminución de las grasas saturadas en el aceite.

Las variables que más se relacionan con los cambios observados en palmítico son los ácidos esteárico, oleico, linoleico y linolénico. La importante correlación positiva existente entre palmítico y linolénico, permite derivar una evolución similar de estos dos ácidos grasos durante la madurez, reduciendo de esta forma la susceptibilidad a la oxidación inicial del aceite. El ácido oleico presenta una regresión similar a la de linolénico, mostrando una regresión positiva con respecto a palmítico, lo que contribuye a mejorar la calidad nutricional del aceite, no obstante, los ácidos esteárico y linoleico muestran un coeficiente de regresión inverso con respecto a palmítico, disminuyendo, por lo tanto, la calidad nutricional de los aceites a medida que se incrementa la madurez.

El resto de las variables muestran correlaciones despreciables con respecto al ácido palmítico, siendo medianamente destacable la importancia observada en el atributo frutado, no obstante, esta variable no es determinante para la obtención de un índice de madurez óptimo de cosecha.

Se determinó la calidad del modelo de regresión (PLS) del ácido palmítico para los cuatro índices de madurez (Anexo 10), obteniéndose un buen ajuste de la regresión con un coeficiente de correlación de validación de 0.994 y una pendiente de la recta de 0.98.

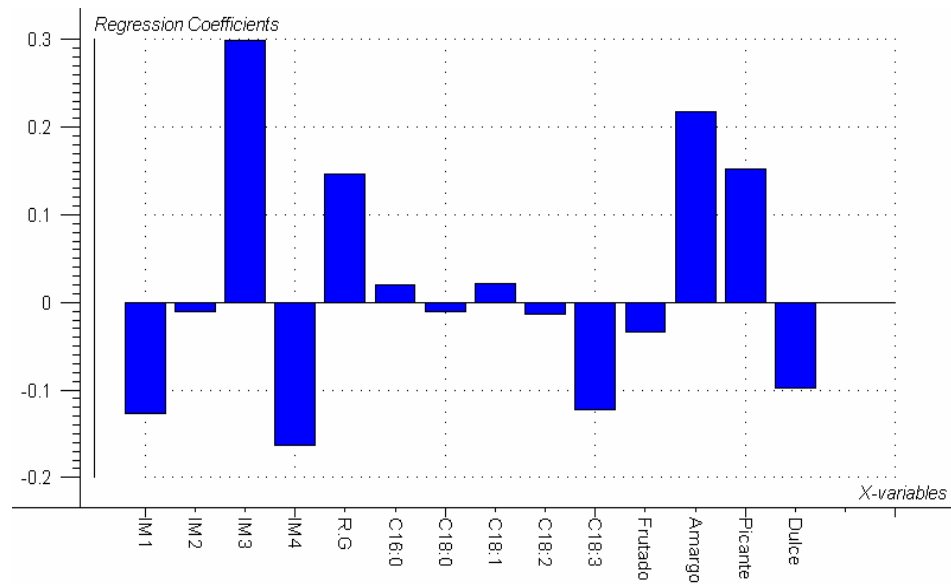


**Figura 38.** Coeficientes de Regresión del Ácido palmítico con respecto a los índices de madurez, Rendimiento Graso, Ácidos Grasos y atributos sensoriales.

Al analizar el coeficiente de regresión de los polifenoles con respecto a los índices de madurez (Figura 39), se aprecia un comportamiento muy variable de estos, destacándose la alta magnitud positiva del coeficiente de regresión en IM3, lo que concuerda con los altos niveles de polifenoles totales alcanzados durante este mismo índice (apartado 5.2.4). Se observa además en la figura una asociación de los polifenoles con los atributos de amargo, y en menor medida, con el atributo de picante, corroborando lo mencionado en el apartado 5.2.4.2. Este comportamiento es relevante a la hora de analizar los aceites desde una perspectiva nutricional-sensorial, como también desde el punto de vista de los manejos culturales, pues si se conocen las prácticas culturales que contribuyen a modificar las concentraciones de polifenoles en los aceites, en forma paralela se estarían afectando las características sensoriales.

El coeficiente de correlación de validación y la pendiente son menores en comparación con las otras variables, no obstante, sigue mostrando un buen ajuste la regresión, logrando un valor de 0.90 y una pendiente de 0.81 (Anexo 11).





Polifenoles., (Y-var, PC): (Polifenoles,1) B0W = -1.524257

**Figura 39.** Coeficientes de Regresión de los Polifenoles con respecto a las variables índices de madurez, Rendimiento Graso, Ácidos Grasos y atributos sensoriales.

### 5.2.6. Discusión Global del Efecto de las Fechas de Cosecha sobre la Calidad Físico-Química y Nutricional del Aceite de Picual.

Las significativas diferencias obtenidas entre los índices de madurez generaron una diferenciación de los parámetros físico-químicos de los aceites, donde las variables afectadas por los diferentes estados de madurez fueron los ácidos grasos principales, los atributos sensoriales, las pruebas espectrofotométricas y el rendimiento graso.

El ácido palmítico mostró una clara disminución de su proporción a medida que aumentaba la madurez de los frutos, esto debería favorecer la disminución de la proporción de los ácidos grasos saturados en el aceite y, paralelamente, contribuir a reducir los riesgos de enfermedades cardiovasculares al disminuir los niveles de colesterol plasmático. Sin embargo, otro ácido graso saturado, como lo es el ácido esteárico, presentó una evolución inversa a la anterior, observándose un fuerte incremento de su proporción durante el avance de la madurez de las olivas; de esta forma se atenuaría la dilución de los ácidos grasos saturados generada por la disminución del palmitato. Esto queda más explícito al observar el alto valor negativo

del coeficiente de regresión de acuerdo a un modelo PLS entre ambos ácidos grasos. El total de grasas saturadas (ácidos saturados principales más secundarios) presentó una leve disminución de su proporción, por lo que se podría decir que este grupo de ácidos grasos se mantuvo estable durante todos los índices de madurez estudiados. Por lo tanto, el comportamiento exhibido por los ácidos palmítico y esteárico disminuye su importancia a la hora de contribuir en la determinación del índice óptimo de cosecha para esta variedad en el sector de Talhuén.

El ácido oleico mostró un descenso significativo de su proporción entre el primer y último índice de madurez. La pérdida relativa de ácido oleico se podría considerar negativa desde la perspectiva de la calidad nutricional, sin embargo, la disminución en términos absolutos es baja en relación a la media obtenida (80.13%), siendo esta de sólo 1.2% entre IM1 e IM4, lo que permite derivar una escasa incidencia de la variación del porcentaje sobre la calidad global del aceite de Picual.

El ácido linoleico presentó la mayor variación de todos los ácidos grasos estudiados (1.78%) exhibiendo un significativo aumento de su proporción durante la madurez de las olivas, no obstante, IM1 e IM2 se encuentran fuera del margen inferior de los límites establecidos en el reglamento de la comunidad Europea, lo que condiciona la realización de las cosechas en IM3 e IM4. Por lo tanto, este parámetro es uno de los principales factores de decisión para establecer el momento óptimo de cosecha en búsqueda de la mejor calidad nutricional y comercial de los aceites. Si se agrega a lo anterior la disminución del otro ácido graso poliinsaturado importante del aceite, como es el ácido linolénico, se potencia aún más la visión de una mejor calidad nutricional del aceite de oliva en los dos últimos índices de madurez.

El rendimiento graso, a pesar de no mostrar diferencias estadísticas significativas durante su evolución, si mostró un aumento entre el primer índice de madurez y los dos últimos de 4.4 y 3.5 %, respectivamente, comportamiento muy relevante en términos productivos (Jiménez, 2007). Por lo tanto, a la luz de la excelente calidad nutricional obtenida a partir de los bajos niveles de ácidos

saturados, de un muy alto porcentaje de ácido oleico (con solo una leve disminución durante la maduración), de la exigua cantidad de ácido linoleico, y de la tendencia a disminuir del ácido linolénico, además del comportamiento del rendimiento graso antes mencionado, se podrían proyectar como índices óptimos de madurez a IM3 e IM4 para la obtención de la mejor calidad tanto nutricional como comercial de los aceites de oliva de la variedad Picual.

Es necesario segregar del análisis general las variables sensoriales de frutado, dulce, amargo y picante. Los primeros dos atributos presentaron estabilidad en su valor durante los cuatro índices de madurez, por consiguiente, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. En tanto, los atributos de amargo y picante, a pesar de presentar importantes coeficientes de regresión con los polifenoles, sólo lograron valores de 1.7 y 1.8 en sus notas medias de cata durante los cuatro índices de madurez, indicando una muy baja intensidad sensorial de los atributos e imposibilitando discriminar cualitativamente los aceites de acuerdo a sus índices de madurez.

Los polifenoles presentaron un comportamiento de complejo análisis, debido a la particularidad de su evolución, la que pudo ser generada al menos por tres factores (Apartado 5.2.4), imposibilitando el uso de esta variable en la determinación del índice óptimo de cosecha. Este parámetro está supeditado al entendimiento de su evolución sin el efecto de factores externos a los tratamientos.

## 6. CONCLUSIONES

### 6.1. Variedad Arbequina I-18

- El color de cubrimiento en olivas de la variedad Arbequina no es un buen indicador para determinar el momento óptimo de recolección.
- El rendimiento graso obtenido en las diferentes fechas de cosechas, presentó un incremento significativo durante la segunda quincena de mayo.
- Los aceites obtenidos en las diferentes fechas de recolección no presentaron variaciones en los contenidos de polifenoles totales.
- A medida que fueron sucedidas las diferentes fechas de recolección, los niveles de ácido palmítico y oleico en los aceites decrecieron y se incrementaron, respectivamente.
- De acuerdo al análisis de componentes principales, los aceites obtenidos en la primera cosecha fueron más frutados, amargos y picantes. No obstante, en la última cosecha los aceites manifestaron una mayor intensidad del dulzor.
- Los aceites de mayor calidad nutricional se lograron en las fechas del 19 y 27 de mayo debido a que la relación insaturado/saturado alcanzó aquí su más alto nivel, además se observó una muy buena relación monoinsaturado/poliinsaturado mantenida durante todas las fechas de cosecha.
- De acuerdo a las condiciones del estudio, la época más promisoría para lograr un mayor rendimiento graso y calidad del aceite, se obtienen de olivas recolectadas a partir de la segunda quincena de Mayo.

## 6.2. Variedad Picual


- El rendimiento graso de las olivas bajo las condiciones del estudio, no manifestaron variaciones significativas durante el transcurso de su madurez.
- Los ácidos grasos saturados en su conjunto se mantuvieron estables durante el transcurso de la madurez, siendo este comportamiento producido por el incremento significativo del ácido esteárico.
- Los niveles de ácido oleico decrecieron significativamente en los aceites obtenidos de olivas sometidas a los mayores índices de madurez a recolección. No obstante, los porcentajes medios alcanzados fluctuaron sólo entre 79.5 y 80.5%.
- Los mayores niveles de polifenoles totales se obtuvieron en los aceites provenientes de frutas recolectadas con el IM:3.27, asociándose este positivamente, de acuerdo al análisis de componentes principales, con los atributo de amargo y picante, sin embargo, cabe señalar que estos aceites fueron valorados en general por los catadores como aceites con un grado bajo de picor y amargor.
- El ácido linoleico mantuvo un incremento significativo a medida que transcurrió el proceso de madurez, no obstante, sus valores sólo oscilaron entre 2.72 y 4.5%.
- Considerando los niveles de rendimiento graso, antioxidante y perfil de ácidos grasos, la mejor calidad de los aceites de esta variedad se logran, bajo las condiciones de estudio, cuando las olivas se recolectan con un IM 3.27 y 4.11.

## ANEXOS

**Panel de Cata de Aceites Vírgenes de Oliva**  
INIA - Universidad de La Serena. Depto. Agronomía

A partir del Panel de Catifuna

**Hoja de perfil (FP-005)**  
**Reglamento (COI) T.20/1996**



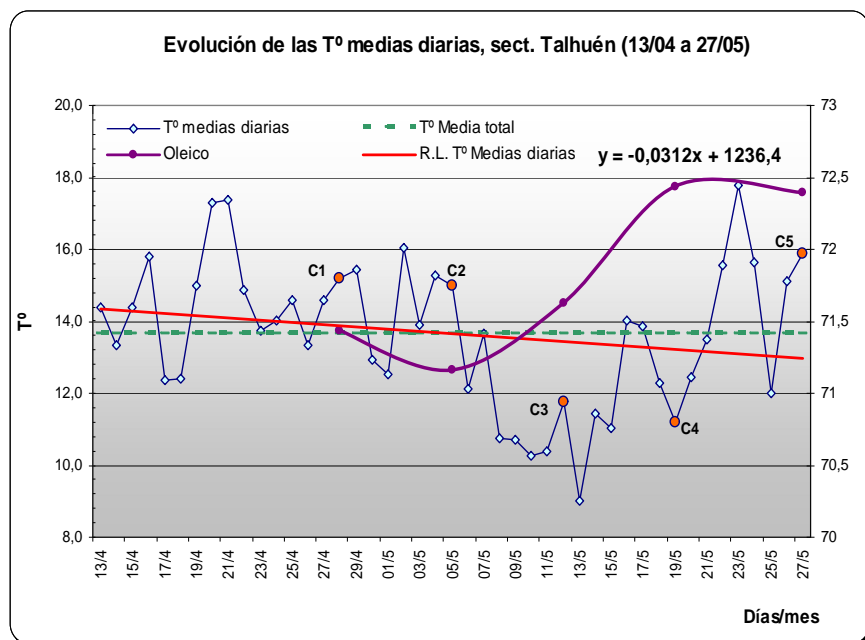
Catador:	Cabina:
Código de la Muestra:	Nº de orden:
Fecha:	

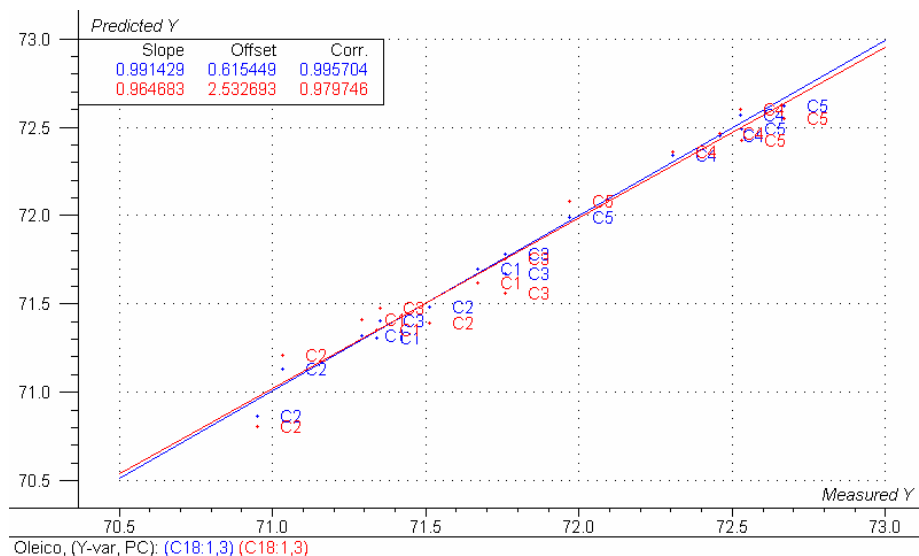
ATRIBUTOS POSITIVOS		
	Frutado (verde/maduro)	_____
	Amargo	_____
	Picante	_____
	Otros atributos	_____
	.....	_____
	.....	_____
	.....	_____
DEFECTOS		
	Avinado/Agrio/Vinagre	_____
	Moho-Humedad	_____
	Borras-Turbios	_____
	Atrojado	_____
	Rancio	_____
	Otros defectos	_____
	.....	_____
	.....	_____

Observaciones: .....

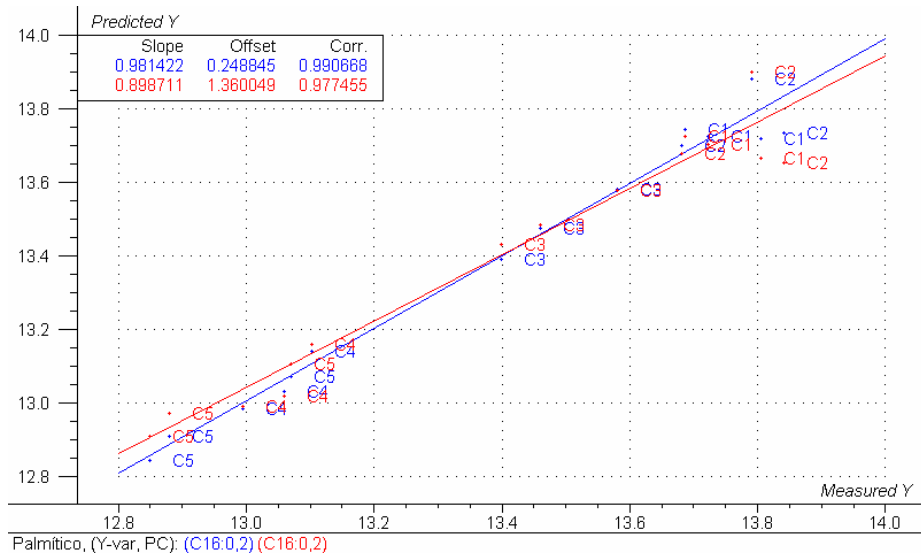
**Anexo 1.** Hoja de perfil de cata utilizado por el panel sensorial



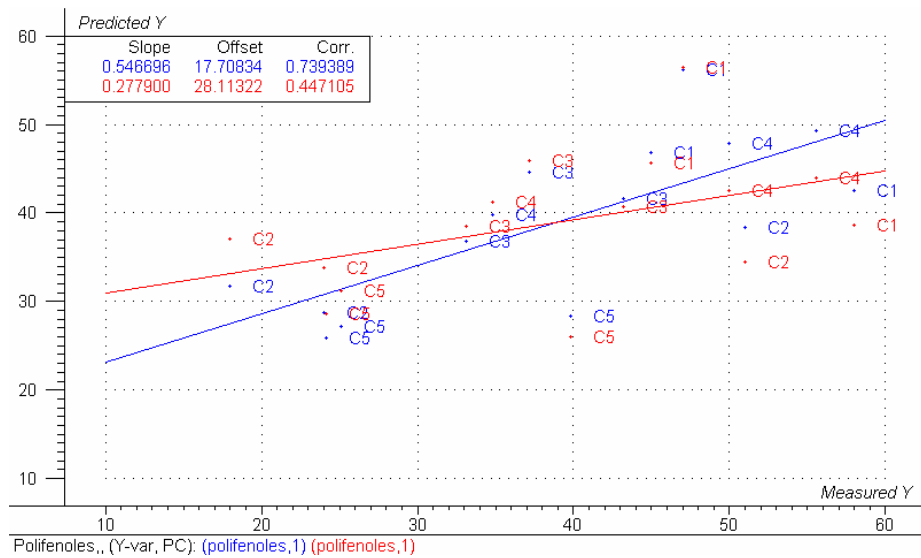
**Anexo 2.** Evolución de las temperaturas medias diarias y del ácido oleico, durante el periodo de cosecha de la variedad Arbequina I-18. Línea discontinua verde representa temperatura media total (todo el periodo). Línea roja continua representa regresión lineal, incluyendo ecuación de la recta. Curva lila, representa la evolución del ácido oleico. Fuente de temperaturas: Universidad de la Serena, Campus Limarí.



**Anexo 3.** Diagrama de la proporción del ácido oleico medido v/s predicho, a partir de un modelo PLS, en base a la relación con las fechas de cosecha y el efecto de sus variables.

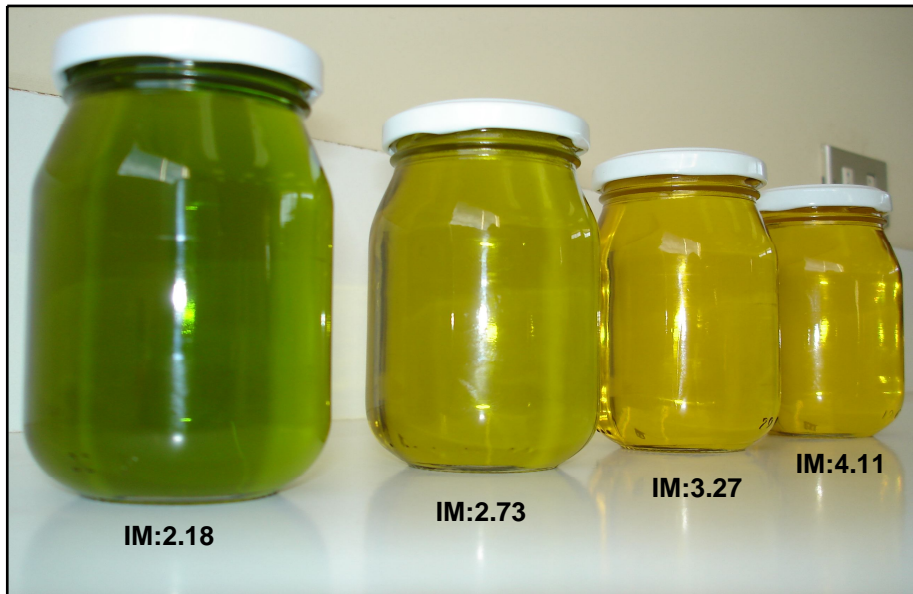


**Anexo 4.** Diagrama de la proporción del ácido palmítico medido v/s predicho, a partir de un modelo PLS, en base a la relación con las fechas de cosecha y el efecto de sus variables.

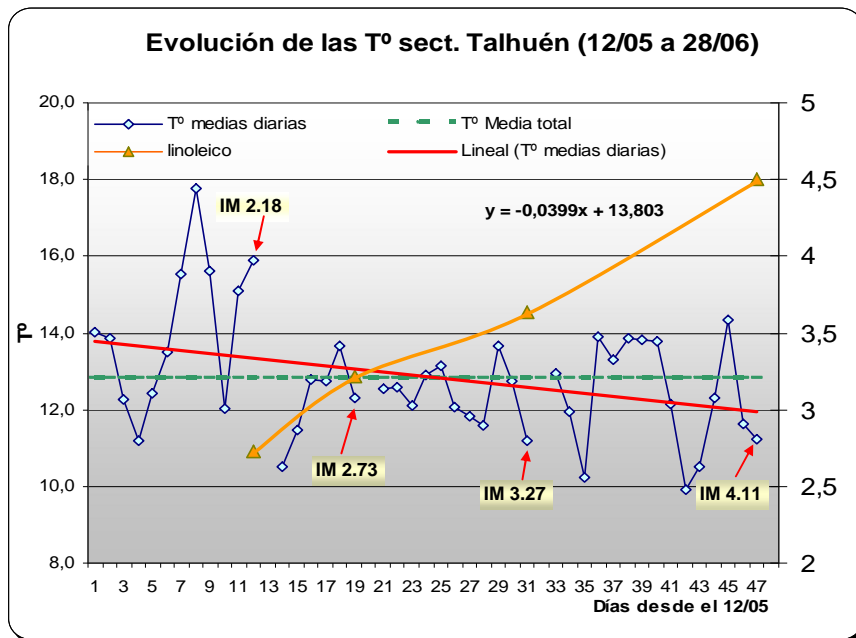


**Anexo 5.** Diagrama de la proporción de los polifenoles medido v/s predicho, a partir de un modelo PLS, en base a la relación con las fechas de cosecha y el efecto de sus variables.



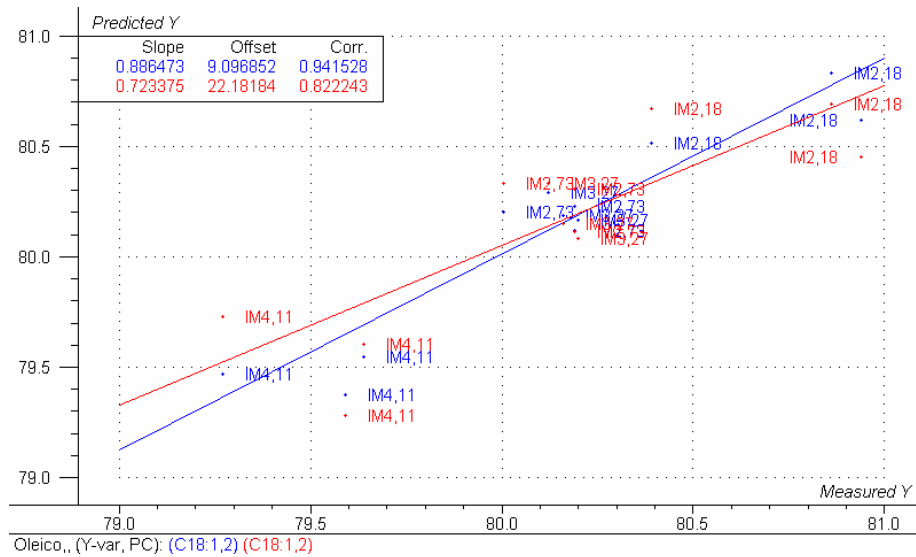


**Anexo 6.** Fotografía de aceites de Picual en distintos Índices de madurez

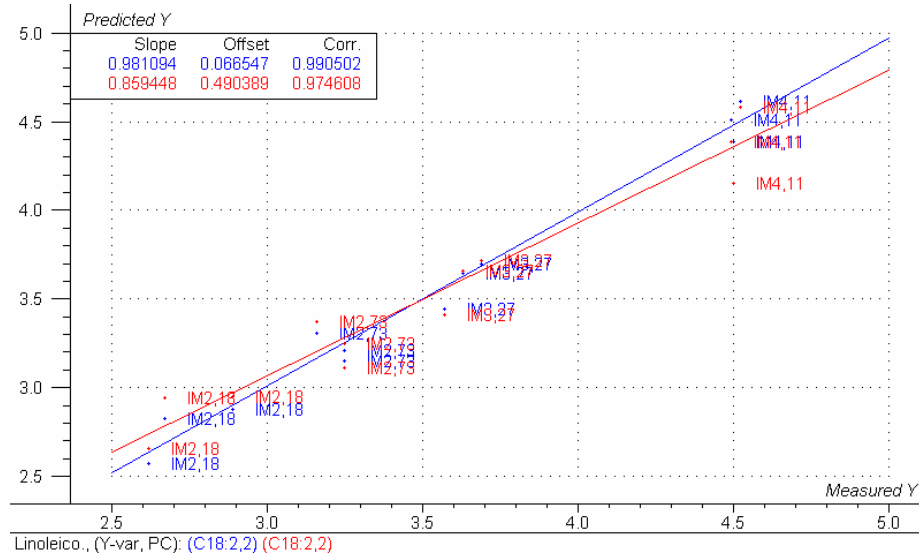


**Anexo 7.** Evolución de las temperaturas medias diarias desde el 12/05 al 28/06. Línea verde discontinua representa temperatura media total (todo el periodo). Línea roja continua representa regresión lineal, incluyendo ecuación de la recta. IM corresponde a índice de madurez de cosecha. Línea naranja representa la evolución del ácido linoleico.

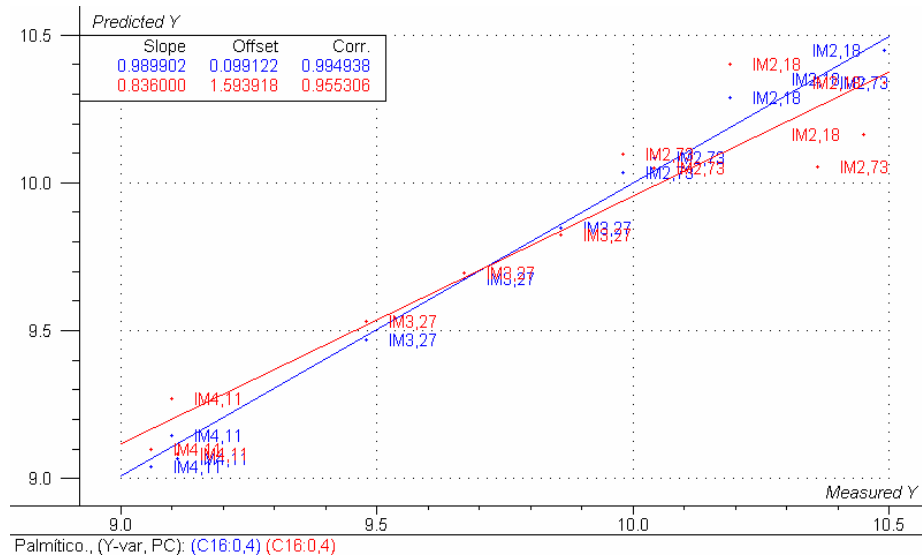
Fuente de temperaturas: Universidad de la Serena, Campus Limarí.



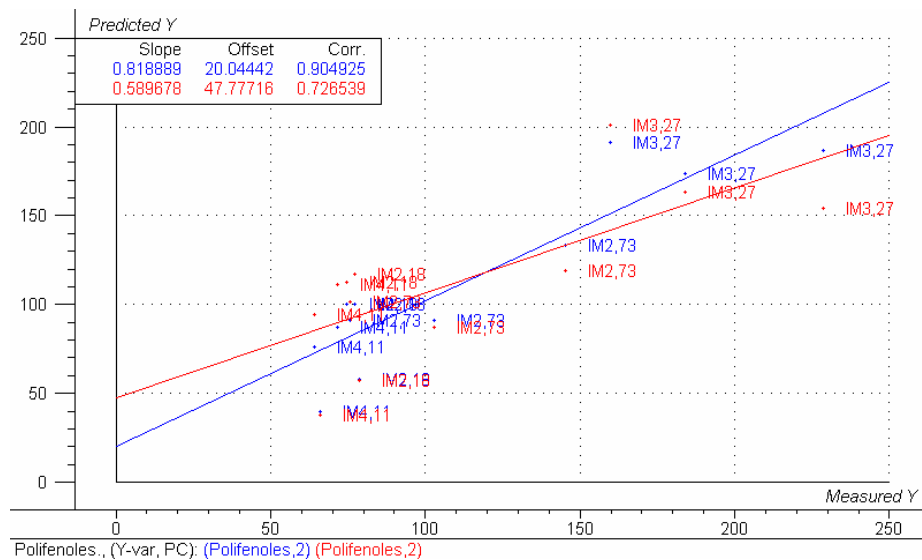
**Anexo 8.** Diagrama de la proporción del ácido oleico medido v/s predicho, a partir de un modelo PLS, en base a la relación con los índices de madurez y el efecto de sus variables.



**Anexo 9.** Diagrama de la proporción del ácido linoleico medido v/s predicho, a partir de un modelo PLS, en base a la relación con los índices de madurez y el efecto de sus variables.



**Anexo 10.** Diagrama de la proporción del ácido palmítico medido v/s predicho, a partir de un modelo PLS, en base a la relación con los índices de madurez y el efecto de sus variables.



**Anexo 11.** Diagrama de la proporción de los polifenoles medido v/s predicho, a partir de un modelo PLS, en base a la relación con los índices de madurez y el efecto de sus variables.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA C.M, M.C. RAMÍREZ-TORTOSA, M.D. MESA, A. GIL.2001. Efectos de los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados sobre el desarrollo de la enfermedad cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*. 3:78-91.
- AIT YACINE Z. M. SERHROUCHNI, S. HILALI. 2002. Evolución de la composición acídica del aceite de oliva obtenido de aceitunas en distintas fases de madurez. Caso de la Región del Tadla. *Olivae* 94:51-53.
- ALBA J., J. IZQUIERDO, F. GUTIÉRREZ. 1997. Aceite de oliva virgen. Análisis sensorial, Agrícola Española S.A, España, 101 p.
- ALCUBILLA M. & A. ROMERO. 2002. Estado nutricional del olivo: Eslabón entre el medio agrológico, la producción y la calidad del aceite. [en línea] *Revista de desarrollo Rural y Cooperativismo*. Noviembre 2002. Nº 6. <[http://gestar1.unizar.es /cederul/revista/anteriores.htm](http://gestar1.unizar.es/cederul/revista/anteriores.htm)> [consulta: 20 de enero 2007].
- ÁLVAREZ F. M. AGUILAR, M. PINEDA. 2003. Caracterización de aceites de oliva de la provincia de Córdoba y uso de antioxidantes como marcadores de autenticación. Feria Internacional del Aceite de Oliva. Jaén. Mayo.
- ALVARRUIZ A. E. FERNÁNDEZ, F. MORENO, J. GRANELL, J. E. PARDO. 2003. Analytical evaluation of “Cornicabra” virgen olive oil from Castilla-La Mancha, Spain. *Food, Agriculture & Environment*. 1: 48-52
- ASSMANN, G. 2001. Aceite de Oliva: Producción, calidad comercial y composición. [en línea el 2001] <http://europa.eu.int/comm/agriculture/prom/olive/medinfo/es/factsheets /fact5.htm> [consulta:2001].

- ASTORGA M. A. IBACACHE. F. MORA. 2003. Producción inicial en variedades de olivo en tres localidades de la región de Coquimbo. VI Jornadas Olivícolas Nacionales Patrocina INIA Intihuasi y Todo Chile de CORFO. La Serena, Octubre.
- BELTRÁN G. A. JIMÉNEZ, M. AGUILERA, M. UCEDA. 2003a. Caracterización de los aceites de oliva vírgenes de la sierra sur de Jaén. Resultados preliminares de calidad potencial. Feria Internacional del Aceite de Oliva. Jaén. Mayo.
- BELTRÁN G. M. AGUILERA, C. DEL RIO, S. SÁNCHEZ, L. MARTÍNEZ. 2003b. Influencia del proceso de maduración del fruto sobre el contenido en antioxidante naturales del aceite de olive virgen de la variedad Hojiblanca. Feria Internacional del Aceite de Oliva. Jaén. Mayo.
- BELTRÁN G. M. UCEDA, M. HERMOSO, L. FRÍAS. 2004a. Maduración: Barranco. D. R. Fernández. L. Rallo. El Cultivo del Olivo. p.161-180. Mundi-prensa, 5º edición, p. 800.
- BELTRÁN G. C. DEL RIO, S. SÁNCHEZ, L. MARTÍNEZ. 2004b. Influence of harvest date and crop yield on the fatty acid composition of virgin olive oils from cv. Picual. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52: 3434-3440.
- BENAVIDES A. 2001. Role of the pre-harvest calcium sprays under different application strategies on Golden Smoothie apples quality stored in ultra low oxygen atmosphere. Universitat de Lleida Escola Tècnica Superior d' Enginyeria Agrària. 173 p.
- BENAVIDES A. F. JAMETT, M. ASTORGA, H. TRONCOSO. 2007. Puntos críticos en la formación de un panel de cata de aceites vírgenes de oliva. INIA/ULS. 118 p.

- BERENGUER M. P VOSSEN, S. GRATTAN, J. CONNELL, V. POLITO. 2006. Tree irrigation level for optimum chemical and sensory properties of olive oil. HortScience. 41: 427-432.
- CABELLOS P. J. SÁNCHEZ, M. GARCÍA, M. MARTÍNEZ, B. HERNÁNDEZ, A. GARCÍA. 2002. Manual de aplicación del sistema APPCC en industrias de aceites vegetales comestibles de Castilla-La Mancha. [en línea] España, <<http://www.jccm.es/sanidad/salud/agroalimentaria/maceite.htm>> [consulta: 17 marzo 2006].
- CERESPAIN S.L. 2001. Presentación del aceite de oliva virgen. [en línea], España, <<http://www.cerespain.com/aceite.html>> [consulta:17 marzo 2006].
- CERRATINI L. A. BENDINI, A. ROTONDI, M. MARI, G. LERCKER, T. GALLINA TOSCHI. 2004. Evaluation of the oxidative stability and organoleptic properties of extra-virgin olive oils in relation to olive ripening degree. Progress in Nutrition. 6 (1):50-56.
- CERT A. J. ALBA, M. C. PÉREZ-CAMINO, A. RUIZ-GÓMEZ, F. HIDALGO, W. MOREDA, M. J. MOYANO, F. MARTÍNEZ, R. TUBAILEH, J. M. OLÍAS, 1999. Influencia de los sistemas de extracción sobre las características y los componentes menores del aceite de oliva virgen extra. Olivae, 79: 41-50.
- CHOE E. & D. MIN. 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 5: 169-177
- CIMATO A. G. SANI, A. MATTEI, M. OSTI. 1990a. Cultivars and environment as regulating factors in polyphenol and tocopherol contents of the tuscan oil. Acta Horticulturae. 286: 457-460.

- CIMATO A. A. MATTEI, M. OSTI. 1990b. Variation of polyphenol composition with harvesting period. *Acta Horticulturae*. 286: 453-456.
- CIVANTOS L. 2004a. La olivicultura en el mundo y en España. En: Barranco. D. R. Fernández. L. Rallo. *El Cultivo del Olivo*. p. 19-34. Mundi-prensa, 5° edición, 800 p.
- CIVANTOS L. 2004b. El olivo, el aceite, las aceitunas. Consejo Oleícola Internacional. España, 131 p.
- COI. 2004. Consejo oleícola internacional. España, 47 p.
- COI. 2005a. El mercado mundial del aceite de oliva. *Olivae*, 103: 4-7.
- COI. 2006. Norma comercial aplicable a los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva. [en línea] <<http://www.internationaloliveoil.org/downloads/Normaesp.pdf>> [consulta: 3 marzo 2007]
- CROTHERS, G. 2005. Producción de aceite de oliva de calidad. [en línea], Chile <http://www.monografias.com/trabajos34/aceite-oliva/aceite-oliva.shtml> [consulta: 17 marzo 2006].
- DEL CARLO M. G. SACCHETTI, C. DI MATTIA, D. COMPAGNONE, D. MASTROCOLA, L. LIBERATORE, A. CICHELLI. 2004. Contribution of the phenolic fraction to the antioxidant activity and oxidative stability of olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52:4072-4079.
- DIARIO PYME 2002. Es el primer fruto de las recientes rondas de negocios: Empresarios españoles crean Chileoliva. [en línea] 26 de agosto, 2002.<<http://www.diariopyme.cl/newtenberg/1134/article-14727.html>> [consulta: 10 marzo 2006].

- [DOBARGANES M. 2005. Evaluación de la calidad del aceite de oliva virgen. Instituto de la Grasa y sus derivados. 97-104 p.](#)
- EL ANTARI A, A. EL MOUDNI, H. AJANA. 2003. Comparación de la calidad y la composición acídica del aceite de oliva de algunas variedades mediterráneas cultivadas en Marruecos. *Olivae* 95:26-31.
- EL ANTARI A; A. HILAL, B BOULOUHA, A. EL MOUDNI. 2000. Estudio de la influencia de la variedad, los factores ambientales y las técnicas de cultivo en las características de los frutos y la composición química del aceite de oliva virgen extra de Marruecos". *Olivae*, 80: 29-36.
- ERKEKDJIAN M. 2005. Análisis de la tendencia internacional del mercado del aceite de oliva. [en línea]. [http://www.tdcolive.org/query/detail/detail\\_documents.php?id=128&profile=Enterprises&section=Documents](http://www.tdcolive.org/query/detail/detail_documents.php?id=128&profile=Enterprises&section=Documents) [consulta: 10 marzo 2006].
- ESPÍNOLA F & A. MOYA.1996. Análisis de laboratorio. [en línea,] España, <<http://www.ujaen.es/huesped/aceite/articulos/analisis.htm#que>> [consulta: 17 marzo 2006].
- ESTI M, L. CINQUANTA, G. PANFILI, P. MANZI, S. MARCONI, L. PIZZOFERRATO. 2004. Effects of variety and olive ripeness on nutritional quality and oxidative stability of extra virgin olive oils. *Food, Agriculture & Environment*. 2:129-134
- FAMIANI F, P. PROIETTI, D. FARINELLI, A. TOMBESI. 2002. Oil quality in relation to olive ripening. *Actas Horticulturae*. 586:671-674



- FIA. 2002. El mercado mundial del aceite de oliva. [en línea], Chile, <<http://www.fia.cl/difus/boletin/bolfia/babril2002.pdf>> [consulta: 17 marzo 2003].
- FITÓ M. 2003. (tesis doctoral) Efecto antioxidante del aceite de oliva y de sus compuestos fenólicos. Departament de Medicina Universitat Autònoma de Barcelona. N° 113.
- GARCÍA J. M. S. SELLER, C. PÉREZ-CAMINO. 1996. Influence of fruit ripening on olive oil quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44: 3516-3520.
- GARCÍA M. P. MARCO, S. BIELSA, J. ESPADA, E. ERRANZ. 2003. Estudio del momento óptimo de recolección en la variedad "Empeltre", en el Bajo Aragón. Feria Internacional del Aceite de Oliva. Jaén. Mayo.
- GARRIDO A. P. GARCÍA. A. LÓPEZ. F. ARROYO. 2005. Tecnología de la elaboración de aceite de oliva y aceitunas de mesa. [en línea]. España, <[http://www.tdcolive.org/query/detail/detail\\_documents.php?id=162&searchresult=y](http://www.tdcolive.org/query/detail/detail_documents.php?id=162&searchresult=y)>[consulta:15 marzo 2006].
- GÓMEZ-ALONSO S. M. SALVADOR, G. FREGAPANE. 2002. Phenolic compounds profile of cornicabra virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 6812-6817.
- GUTIÉRREZ F. T ARNAUD, A. GARRIDO. 2001. Contribution of polyphenols to the oxidative stability of virgen olive oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81:1463-1470.
- GUTIÉRREZ F. 2003. Papel de los polifenoles en los aceites de oliva virgen. Feria Internacional del Aceite de Oliva. Jaén. Mayo.

- HARWOOD J. & J. SÁNCHEZ. 2003. La biosíntesis lipídica en las aceitunas. En: APARICIO, R. Manual del aceite de oliva. 73-87. Mundi prensa, Madrid. 614 p.
- HURTADO, M. 2004. Calidad en aceite de oliva: Parámetros físicos y químicos, su importancia y significado. [en línea] Chile, <http://www.chileoliva.cl/pdf/calidadenaceitedeoliva.pdf> [consulta: 15 abril 2006].
- IBACACHE A. & M. ASTORGA. 2003. Contenido de aceite y composición de ácidos grasos en variedades de olivo establecidas en diferentes localidades de la IV región. VI Jornadas olivícolas nacionales. Instituto Nacional de Investigación Agraria. La Serena, Octubre.
- IGLESIAS R. 2007. Mercado del aceite de oliva. [en línea] <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr?idcla=2&idcat=4&idn=1909>> [consulta: 12 junio 2007].
- IMPROTECHNOLOGY. 2005. Oportunidades para el aceite de oliva en países no productores. [en línea] España, <<http://www.tdcolive.org/documents/Oportunidades.pdf>> [consulta: 17 marzo 2007].
- INFOAGRO. 2006. Cultivo del olivo. [en línea], Chile, <<http://www.infoagro.com/olivo/olivo.asp>> [consulta: 17 marzo 2007].
- INIA INTIHUASI. 2000. Proyecto: Manejo de huertos de olivos y su desarrollo en la IV región. Ediciones INIA Intihuasi 80 p.
- INSTITUTO MADRILEÑO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO RURAL, AGRARIO Y ALIMENTARIO (IMIDRA).2005. Alteraciones y pérdida de calidad en aceituna de mesa y aceite de oliva. [en línea]

<[http://www.tdcolive.org/query/detail/detail\\_documents.php?id=105&searchresult=y](http://www.tdcolive.org/query/detail/detail_documents.php?id=105&searchresult=y)>[consulta:15 marzo 2006].

- JIANG L. T. YAMAGUCHI, H. TAKAMURA, T. MATOBA. 2005. Characteristics of shodo island olive oils in Japan: Fatty Acid Composition and Antioxidative Compounds. Food Science Techonology Research. 11: 254-260.
- JIMÉNEZ JUAN M. 20 de abril del 2007. [comunicación personal]. Rendimiento industrial del aceite de oliva. Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Jaén, Administrador de la empresa olivícola Agronoble S.A. Localidad de Talhuén (s/n), comuna de Ovalle.
- KECELI T. & M. GORDON. 2002. Ferric ions reduce the antioxidant activity of the phenolic fraction of virgin olive oil. Journal of Food Science. 3: 943-947.
- KHALIFA A. J. ALCHÉ, M. RODRÍGUEZ. 2003. Influencia de la expresión de stearoyl-acyl carrier protein (ACP) desaturasa en la calidad del aceite de oliva. Feria Internacional del Aceite de Oliva. Jaén. Mayo.
- KOUTSAFTAKIS A. F KOTSIFKI, E. STEFANOUDAKI, A. CERT. 2000 Estudio sobre las variaciones de determinados parámetros químicos y de los componentes menores de los aceites de oliva virgen obtenidos de aceitunas recolectadas en distintas fases de maduración. Olivae (España), 80. 22-27.
- LOUSSERT R. & G. BROUSSE. 1980. El olivo. Mundiprensa. España. 533 p.
- MARZOUK, B. 1999. Lipólisis enzimática durante la sobremaduración de las aceitunas y calidad del aceite. Olivae (España), 75. 37-39.
- MATÍAS C. P. MOYANO, P. GÓMEZ, S. ALDERETE, M. LUNAS, D. MONTALVÁN, J. BENÍTEZ, F. DALLAS. 2003. Calidad de aceites de arbequina en relación a la madurez de las aceitunas. Congreso Regional de

Ciencia y Tecnología, Secretaría de Ciencia y tecnología, Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca, Argentina. Noviembre.

- MAILER R. 2005. Variation in oil quality and fatty acid composition in australian olive oil. Australian Journal of Experimental Agriculture. 45: 115-119.
- MAILER R. 2006. Chemistry and quality of olive oil. Primefacts, Profitable & Sustainable Primary Industries. 227:1-4.
- MAILER R. 2007. The natural chemistry of australian extra virgin olive oil. [en línea]. Australia. Rural Industries Research and Development Corporation. <http://www.rirdc.gov.au/reports/npp/06-132.pdf> consulta: 15 Abril 2007].
- MAILER R. D. CONLAN, J. AYTON. 2005. Olive Harvest. Harvest timing for optimal olive oil quality. RIRDC Publication No 05/013. Rural Industries Research and Development Corporation. 77 p.
- MINGUEZ M. & J. GARRIDO. 1989. Chlorophyll and carotenoid presence in olive fruit (*Olea europaea*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 37: 21-27.
- MOGLIA G. M. HURTADO, E. SEPÚLVEDA. 2006. Estudio exploratorio de la influencia del vigor del olivo variedad Arbequina, sobre las características del aceite de oliva. Encuentro Iberoamericano de Olivicultura Chile 2006. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). La Serena, Octubre.
- MORALES M.T. & R. PRZYBYLSKI. 2003. Oxidación del aceite de oliva. En: APARICIO, R. & J. Harwood. Manual del aceite de oliva. 443-469. Mundi prensa, Madrid. 614 p.

- MORALES M.T. & M. TSIMIDOU. 2003. El papel de los compuestos volátiles y los polifenoles en la calidad sensorial del aceite de oliva. En: APARICIO, R. & J. Harwood. Manual del aceite de oliva. 381-442. Mundi prensa, Madrid. 614 p.
- OLIVE OIL FROM SPAIN. [en línea]. <[http://www.oliveoilfromspain.com/Oliveoilfs/everything/olive\\_varieties.asp](http://www.oliveoilfromspain.com/Oliveoilfs/everything/olive_varieties.asp)> [consulta: 15 marzo 2006].
- PANNELLI G. & F. FAMIANI. 1990. Agro-Climatic factors and characteristic of the composition of virgen olive oils. *Actas Horticulturae*. 286: 477-480.
- PARDO J. M. CUESTA, A. ALFARO, J. NÚÑEZ, E. LÓPEZ, J. GRANELL, E. FERNÁNDEZ, C. GONZÁLEZ, M. PLAZA, A. ALVARRUIZ. 2003. Evaluación de los parámetros de calidad potencial de los aceites de oliva de la denominación de origen (D. O) “Aceite Campo del Montiel”. I. parámetros de estabilidad y de calidad reglamentada. Feria Internacional del Aceite de Oliva. Jaén. Mayo.
- PASTOR M., J. HUMANES, V. VEGA, J. CASTRO. 1998. Diseño y manejo de plantaciones de olivar. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, España, nº 22, 219 p.
- PÉREZ M. A. YEBRA, R. HUERTAS, M. MELGOSA, H. GARCÍA-TOLEDO, F. CARRILLO. 2003. El color en relación con las propiedades químicas y organolépticas del aceite de oliva virgen. Feria Internacional del Aceite de Oliva. Jaén. Mayo.
- PORRAS A. 1994. Recolección mecanizada de aceitunas. Consejo Oleícola Internacional, España, 119 p.
- RODRIGUEZ E. C. ANDRADA, A. PEREZ, C. NAVARRO. 2003. Momento oportuno de cosecha: Relación con el índice de madurez y el índice global de

calidad en la aceituna aceitera. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología, Secretaría de Ciencia y tecnología, Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca, Argentina. Noviembre.

- ROMERO C. A. GRACÍA, M. BRENES, P. GARCÍA, A. GARRIDO. 2003. Contenido polifenólico del aceite de oliva. Feria Internacional del Aceite de Oliva. Jaén. Mayo.
- ROTONDI A. A. BENDINI, L. CERRATINI, M. MARI, G. LERCKER, T. GALLINA TOSCHI. 2004. Effect of olive ripening degree on the oxidative stability and organoleptic properties of cv. Nostrana di Brasighella extra virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52:3649-3654.
- ROVELLINI P. N. CORTESI. 2003. Evolución de los componentes fenólicos en distintos cultivares durante la maduración del fruto. *Olivae*. 95:32-38.
- SALAS J. J. SÁNCHEZ, U.S. RAMLI, A.M. MANAF, M. WILLIAMS, J.L. HARWOOD. 2000. Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruit. *Progress in Lipid Research*. 39: 151-180.
- SALVADOR A. G. FREGAPANE, F. ARANDA .1998. Componentes químicos que inciden en la estabilidad oxidativa. Influencia del grado de maduración y del sistema de extracción de la variedad "cornicabra. [en línea], <<http://www.uclm.es/gabinete/infocampus/investigacion/CICYT12.htm>> [consulta:17 marzo 2006].
- SALVADOR A. F. ARANDA, S. GÓMES-ALONSO, G. FREGAPANE. 2000. Quality characteristics of Cornicabra virgin olive oil. *Res. Adv. In Oil Chemistry*, 1: 31-39.

- SALVADOR A. F. ARANDA, G. FREGAPANE. 2001. Influence of fruit ripening on “Cornicabra” virgin olive oil quality. A study of four successive crop seasons. *Food Chemistry*, 73: 45-53.
- SANCHEZ J. C. DE MIGUEL. J. MARÍN. 1999. La calidad del aceite de oliva procedente de variedades cultivadas en Extremadura en relación con la composición y maduración de la aceituna. *Olivae (España)*, 75: 31-36.
- SANCHEZ S. J. QUESADA, M. GARCÍA, A. TRONCOSO, H. LÓPEZ, M. LÓPEZ. 2006. Capacidad antioxidante de aceites de oliva. Relación con su contenido en polifenoles totales. *Nutrición Hospitalaria*. 21:101.
- SCHIRIATTI G. 1999. Presentación del estudio sobre la Influencia de las variables ambientales, agronómicas y tecnológicas en las características y niveles de los componentes menores del aceite de oliva virgen extra. *Olivae*, 79: 38-40.
- SHIBASAKI H. 2005. Influence of fruit ripening on chemical properties of “Misión” variety olive oil in Japan. *Food Science Technology Research*. 11: 9-12.
- SILLARI B. & C. CANTINI. 2003. Resultados del recepado programado del olivo tras veinte años de experimentación. *Olivae*, 98: 36-43.
- SWEENEY S. 2003. NOVA – the national olive variety assessment project. [en línea]. Rural Industries Research and Development Corporation. Junio 2003. N° 03/054. <http://www.rirdc.gov.ou/reports/npp/03-054sum.html>
- TAPIA, F. 1999. Plantación del olivar: Manejo de Huertos de Olivos y su desarrollo en la IV Región. Cartilla divulgativa N°1. INIA Intihuasi 22 p.

- TDC-OLIVE. 2005. Técnicas de análisis instrumental. [en línea] España, <[http://www.tdcolive.org/query/detail/detail\\_documents.php?id=217&searchresult=y](http://www.tdcolive.org/query/detail/detail_documents.php?id=217&searchresult=y)>[consulta:17 marzo 2006].
- THABET B. 2004. Tendencias recientes de la producción mundial de aceites de oliva y necesidad de realizar actividades de promoción. *Olivae* (España), N° 101: 9 p.
- TOUS. J. 2004. Manejo agronómico del olivar y su influencia sobre la calidad del aceite. *Chile Riego, Especial Olivicultura*. 16-19 p.
- TOUS J. & A. ROMERO. 1993; Variedades del olivo. Fundación la “Caixa”, España, 172 p.
- TOUS J. A. ROMERO. 2001. Evaluación sensorial de variedades de olivos. *Fruticultura Profesional*, 120: 9-11.
- TOUS J. A. ROMERO, J. PLANA. 1998. Comportamiento agronómico y comercial de cinco variedades en Tarragona. *Producción y Protección Vegetal*. 13: 97-109.
- TOUS J. A. ROMERO, J. PLANA, L. GUERRERO, I. DÍAZ, J.F. HERMOSO. 1997. Características químico-sensoriales de los aceites de oliva “Arbequina” obtenidos en distintas zonas de España. *Grasas y Aceites*. 48:415-424.
- TOVAR M. J. 2001. (tesis doctoral) Estudio del efecto de la aplicación de diferentes estrategias de riego al olivo (*Olea europaea* L.) de la variedad Arbequina sobre la composición del aceite *Universitat de Lleida Escola Tècnica Superior d' Enginyeria Agrària*. 177 p.



- TREBILCOCK P. 2003. VI Jornadas olivícolas nacionales compartamos información sobre olivos. [en línea]. Diario Chile Riego. Octubre 2003 N° 14 <<http://www.riegocnr.gob.cl/revista/diario15/006.htm>> [consulta: 10 marzo 2006].
- TRONCOSO H. F. JAMETT, A. BENAVIDES, M. ASTORGA. 2006a. Caracterización de aceites de oliva en zonas de la región de Coquimbo. Boletín INIA 153. Instituto de Investigaciones Agropecuaria Intihusi, La Serena. 30 p.
- TRONCOSO H. F. JAMETT, A. BENAVIDES, M. ASTORGA. 2006b. Influencia de la altitud sobre las características químicas de aceite de oliva extra virgen de diferentes zonas de producción de la región de Coquimbo. Encuentro Iberoamericano de Olivicultura Chile 2006. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). La Serena, Octubre.
- TUR J. 2004. Los antioxidantes en la dieta mediterránea. 2004. Revista Especializada Nutrición Comunitaria. 10: 198-207.
- UCEDA M. M. HERMOSO. M. AGUILERA. 2004. La calidad del aceite de Oliva. En: Barranco. D. R. Fernández. L. Rallo. El Cultivo del Olivo. 659-683 p. Mundi-prensa, 5° edición, 800 p.
- UCEDA M. 2002. Mercado de los diferentes tipos de aceites y elaboración de aceites de oliva. Encuentro “Producción de aceite de oliva, mercado y calidad”, Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Chile. Abril.
- UNIVERSIDAD DE JAÉN.1997. [en línea] España <<http://www.ujaen.es/huesped/aceite/variedades/picual.htm>>[consulta:15 marzo 2006].

- VALLEJOS O. 2003. Desafíos para el sector olivícola. VI Jornadas Olivícolas Nacionales. Patrocina INIA Intihuasi y Todo Chile de CORFO. La Serena, Octubre.
- ZÚÑIGA C. 2004. Sectores productivos: El "Oro Líquido" quiere brillar afuera. [en línea], El Mercurio, Economía y Negocios. Domingo, 05 de septiembre de 2004. [consulta: 17 marzo 2003].