




Mejoramiento de la calidad
de la producción de
aceite de oliva
de la provincia de
Córdoba

Programa de Transferencia de resultados de la Investigación (PROTRI)

Ministerio de Ciencia y Tecnología | Gobierno de la Provincia de Córdoba



Córdoba | 2011



Autores



Dra. Mariela Torres
(Coordinadora Proyecto)

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas



Dr. Damián Maestri

Universidad Nacional de Córdoba

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas



Ing. Agr. Pierluigi Pierantozzi

Universidad Nacional de Córdoba

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas



Ing. Agr. Eduardo Orecchia

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Mejoramiento de la calidad de la producción de aceite de oliva de la provincia de Córdoba

**Programa de Transferencia de resultados de la
Investigación (PROTRI)**

**Ministerio de Ciencia y Tecnología – Gobierno de
la Provincia de Córdoba**

Córdoba, 2011

Autores

Dra. Mariela Torres

(Coordinadora Proyecto)

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas

Dr. Damián Maestri

Universidad Nacional de Córdoba

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas

Ing. Agr. Pierluigi Pierantozzi

Universidad Nacional de Córdoba

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas

Ing. Agr. Eduardo Orecchia

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Diseño y Diagramación

Gabriela Vera

www.gabrielavera.com.ar

Este libro se terminó de imprimir en Córdoba, en el mes de Agosto de 2011.
Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra
por cualquier medio, sin la previa autorización de los titulares del Copyright.

LIBRO DE EDICIÓN ARGENTINA
QUEDA HECHO EL DEPÓSITO QUE MARCA LA LEY 11.723

I.S.B.N. 978-987-33-0985-8

Esta publicación se enmarca dentro del **Programa de Transferencia de resultados de la Investigación (PROTRI)** - “Mejoramiento de la calidad de la producción de aceite de oliva de la provincia de Córdoba” financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la provincia de Córdoba.

Breve reseña del proyecto

El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización química-organoléptica de aceites de oliva vírgenes de la provincia de Córdoba (Argentina) teniendo en cuenta factores ambientales, culturales y tecnológicos. El mismo consta de cuatro capítulos diferenciados por sus objetivos particulares y metodologías.

El objetivo del primer capítulo fue determinar la implicancia de factores ambientales, culturales y tecnológicos sobre la calidad del aceite de oliva de la var. *Arbequina* cultivada en la región NO de la provincia. La mayor parte de los parámetros químicos evaluados en los aceites de oliva vírgenes de la var. *Arbequina* cultivada en la región noroeste de la provincia de Córdoba fueron influenciados por el año de cultivo, la fecha de cosecha y el sistema empleado para la obtención de los aceites.

Independientemente de la fuente de variabilidad analizada, la mayor parte de los parámetros de calidad reglamentada de los aceites estudiados, se encuentran dentro del rango de valores observados para los aceites de la var. *Arbequina* cultivada en España.

Sin embargo, los aceites de *Arbequina* de la provincia de Córdoba presentan cantidades de ácido oleico sustancialmente más bajas.

La caracterización llevada a cabo durante tres campañas sucesivas, permitió establecer que, con excepción de algunos valores de acidez libre, todos los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites fijados por el Consejo Oleícola Internacional para aceites de oliva extra vírgenes.

Por otra parte, en este Capítulo se detallan las características fisicoquímicas y sensoriales de muestras de aceites industriales locales analizados durante 10 años y la importancia de las mismas en el logro de la valoración del producto en los mercados nacional e internacional.

El objetivo del segundo capítulo fue estudiar los efectos combinados del sistema de extracción y condiciones de almacenamiento (tipo de envase e iluminación) sobre los índices de calidad relacionados a la estabilidad oxidativa del aceite de oliva. El estudio de la evolución de los índices de calidad de los aceites de oliva durante 6 meses en condiciones de luz y oscuridad y los diferentes tipos de envases demostró que, en todos ellos, se incrementaron significativamente los valores de acidez, peróxidos, anisidina y los coeficientes de extinción K_{232} y K_{270} . Estos resultados sugieren que la estabilidad del aceite de oliva de *Arbequina* es afectada por los efectos combinados del sistema extractivo, tipo de envase y condiciones de iluminación.

El objetivo del tercer capítulo fue analizar parámetros biométricos, químicos y organolépticos en frutos y aceites de distintas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra.

Los principales atributos biométricos, químicos y organolépticos analizados permitieron observar diferencias entre las variedades *Arbequina*, *Frantoio*, *Nevadillo* y *Manzanilla* estudiadas en este trabajo. Aunque estas diferencias deben atribuirse al genotipo, no se debe soslayar el efecto del ambiente el cual se hace notorio cuando se comparan las características de estas variedades con aquellas cultivadas en distintas regiones de Argentina y Europa.

La variedad tuvo un efecto particularmente significativo sobre el contenido de fenoles, tocoferoles y ácidos grasos mayoritarios de los aceites. Es importante destacar

que todos los atributos químicos y organolépticos de los aceites analizados estuvieron comprendidos dentro de los valores establecidos por el Consejo Olivícola Internacional para la categoría de aceite de oliva virgen extra. Cabe mencionar, que entre las variedades presentes en la provincia de Córdoba, *Manzanilla* posee características químicas y organolépticas peculiares superiores a las restantes variedades estudiadas en este trabajo. Esta variedad debería ser considerada en los programas de renovación de cultivares de olivo a nivel regional, teniendo en cuenta además su adaptación a las condiciones agroecológicas de la región.

El cuarto Capítulo hace referencia a la caracterización de la variedad aceitera *Arbequina* cultivada en la provincia de Córdoba mediante marcadores AFLP (polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados) y a las similitudes genéticas entre las distintas muestras estudiadas con la finalidad de evidenciar si existe alguna diversidad genética dentro del cultivar.

Independientemente de la zona de cultivo considerada (Cruz del Eje y Valle de Traslasierra), la mayor parte de los individuos analizados presentaron una elevada similitud genética con “Arbequina Internacional y con “Arbequina 21 kg” de Argentina (muestras patrón pertenecientes al Banco de Conservación de olivo del Istituto Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo-Sezione Olivicultura di Perugia, CNR, Perugia – Italia).

La presencia de la relativa homogeneidad genética observada podría ser el resultado de una baja tasa de mutación experimentada por el cultivar *Arbequina* en la provincia de Córdoba.

En función de lo expuesto, se puede considerar que la calidad del aceite de oliva se encuentra influenciada por una gran cantidad de factores. Las cuatro grandes fuentes de variabilidad que afectan la producción, no sólo desde el punto de vista cuantitativo sino también de las características del aceite, son la variedad, el ambiente de cultivo, las prácticas culturales y el sistema de extracción.

En relación a los aceites obtenidos de la var. *Arbequina* cultivada en la región Noroeste de la provincia de Córdoba, se pueden establecer las siguientes fortalezas y debilidades:

Fortalezas

- Los aceites producidos son reconocidos y valorados tanto en el mercado nacional como internacional.
- La mayor parte de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites establecidos por el COI para aceites de oliva extra vírgenes.

Debilidades

- La falta de homogeneidad en la producción y en consecuencia en la composición de los aceites, pueden constituirse en un obstáculo para su comercialización.

Con respecto a las características de los aceites de variedades cultivadas en el Valle de Traslasierra, se destaca una fuerte componente genotípica que afecta las cualidades químicas y organolépticas de los mismos.

Agradecimientos

Quisiéramos expresar un eterno agradecimiento a:

Todos los productores olivareros de la provincia de Córdoba que brindaron su participación y ayuda a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.

A las Instituciones intervinientes por brindarnos la oportunidad de llevar a cabo este trabajo (Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal – IMBIV - CONICET, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos – ICTA - Fac. Cs. Ex. Fis. y Nat., Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA e Istituto per I Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo-Sezione Olivicoltura di Perugia - Consiglio Nazionale delle Ricerche).

A CONICET, Ministerio de Ciencia y Tecnología de la provincia de Córdoba, SECYT - UNC e INTA Cruz del Eje por la financiación otorgada a este trabajo.

A todas las personas que compartieron inquietudes, éxitos y fracasos durante la realización de este proyecto y brindarnos un continuo y afectuoso aliento en todo momento.

Caracterización del aceite de oliva virgen de la variedad *Arbequina* cultivada en Córdoba: influencia de factores culturales y tecnológicos sobre la composición química

Antecedentes

El aceite de oliva es quizás el más antiguo aceite de uso alimentario. Su composición química es compleja. Está constituido fundamentalmente por triglicéridos (hasta un 98 % del total del aceite) y en menor proporción mono y diglicéridos, ácidos grasos libres, fosfátidos, hidrocarburos, esteroides, alcoholes grasos y triterpenoides, compuestos fenólicos, pigmentos y vitaminas liposolubles.

Los ácidos grasos principales presentes en el aceite de oliva son el oleico, el palmítico, el linoleico, el palmitoleico y el esteárico (Maestro Durán y Padilla, 1990; Fedeli, 1996; Uceda y Hermoso, 1999). La composición de ácidos grasos está determinada genéticamente pero puede ser afectada por el ambiente y por las prácticas culturales como la época de recolección de los frutos o la tecnología de elaboración de los aceites.

Esta fuerte componente varietal se evidencia en la variación porcentual del contenido de los ácidos grasos mencionados (Pinelli *et al.*, 2003; Sánchez Casas *et al.*, 2003; Aguilera *et al.*, 2005; Pardo *et al.*, 2005; Cerretani *et al.*, 2006; Torres y Maestri, 2006a; Baccouri *et al.*, 2008; Allalout *et al.*, 2009). Hay que destacar que, desde el punto de vista de la calidad y de la salud, es deseable un alto contenido en ácido oleico y bajo en palmítico y linoleico (Hidalgo Casado *et al.*, 1993; Martínez de Victoria y Mañas, 1999).

La variedad también ha manifestado su influencia en el contenido de polifenoles y tocoferoles de los aceites, componentes que están relacionados con la estabilidad oxidativa de los mismos. Las diferencias entre variedades explicaron el 46 % de la variabilidad en el contenido de polifenoles y el 79 % de la variación en los tocoferoles (Uceda y Hermoso, 1999).

El color de los aceites de oliva vírgenes está determinado por varios factores, entre los cuales la variedad es el más importante puesto que influye en el contenido y la composición de pigmentos presentes en el aceite. Los aceites verdes son más ricos en clorofila y viran al amarillo cuando decrece la cantidad de este pigmento y aumentan los carotenoides y feofitinas.

Con respecto a la influencia del medio agroecológico, su incidencia sobre la composición de ácidos grasos es, en general, pequeña. No obstante, algunos cultivares son afectados con cierta intensidad. Se trata de las variedades “poco plásticas”, tal como *Arbequina* (Tous y Romero, 1994).

El ambiente tiene un efecto notable sobre algunos componentes de la fracción insaponificable, en particular polifenoles cuya concentración se incrementa en aceites provenientes de olivos bajo sistema de secado (Stefanoudati y Kouzaftakis, 1992; Motilva *et al.*, 2000; Patumi *et al.*, 2002; Gómez-Rico *et al.*, 2007, 2009; Dabbou *et al.*, 2010).

En cuanto a los sistemas empleados para extraer el aceite, existen dos procedimientos básicos, a saber: extracción por presión y extracción por centrifugación de pasta. El primero constituye un procedimiento discontinuo. El material molido es colocado sobre discos filtrantes (capachos) de fibra vegetal, nylon o metal, y la separación de la fase líquida de la sólida se lleva a cabo por medio de la presión que suministra una prensa hidráulica. El aceite y el agua atraviesan el lecho sólido y se recogen para luego ser separados por decantación, centrifugación o una combinación de ambos métodos.

La extracción por centrifugación de pasta se lleva a cabo en aparatos que funcionan en fase dinámica, es decir, la carga y descarga de material son procesos continuos. Este método se basa en las diferencias que existen entre los pesos específicos del aceite, del agua y del orujo, y se realiza en un tambor horizontal que gira a gran velocidad. Al ser sometida a la acción de la fuerza centrífuga los sólidos se adosan a la pared interna del tambor y son arrastrados hacia un extremo por medio de un tornillo sin fin. Los líquidos (aceite y fase acuosa) emergen recíprocamente impurificados y son separados en una centrífuga vertical.

Existen abundantes estudios que examinan la influencia del sistema de extracción sobre la calidad de los aceites obtenidos (Aparicio *et al.*, 1991; Di Giovacchino *et al.*, 1994, 2002; Salvador *et al.*, 1998, 2003; Caponio *et al.*, 1999, 2003; Morales y Aparicio, 1999; Angerosa *et al.*, 2001; Ranalli *et al.*, 2001; Gimeno *et al.*, 2002; Vekari y Koutsaftakis, 2002; Servili *et al.*, 2003, 2004, 2007, 2008; Bottino *et al.*, 2004; Tura *et al.*, 2004; Torres y Maestri, 2006a,b; Cercaci *et al.*, 2007; Lozano-Sánchez *et al.*, 2010). En ellos se analiza, fundamentalmente, el efecto sobre la composición cuali y cuantitativa del aceite y las posibles consecuencias sobre la estabilidad oxidativa y las propiedades organolépticas del mismo.

La época de recolección de los frutos constituye otro aspecto importante dentro del esquema de producción olivícola, puesto que determina el grado de madurez promedio de los frutos y este parámetro ejerce una influencia notoria sobre el rendimiento y la composición química de los aceites. La definición del momento óptimo de recolección no es unívoca debido a las diferencias en la velocidad de maduración de los cultivares. Asimismo, la recolección suele estar condicionada por la disponibilidad de mano de obra y por la capacidad de molienda de las almazaras. Sin soslayar estos aspectos, se puede afirmar que dentro de un mismo cultivar, a lo largo del proceso de maduración de los frutos, se producen modificaciones en la composición de ácidos grasos, el contenido en fenoles y pigmentos que repercuten en la calidad de los aceites obtenidos. Así, con el retraso de la recolección se ha observado reiteradamente una mayor acidez de los aceites y una disminución en el contenido de polifenoles, dando lugar a aceites menos fragantes, más “apagados” y menos amargos (Gutiérrez *et al.*, 1999; Uceda y Hermoso, 1999;

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. Briante *et al.*, 2002; Beltrán *et al.*, 2004, 2005; Baccouri *et al.*, 2008). La composición de pigmentos cambia notablemente durante la maduración de los frutos y este fenómeno se refleja en el color de los aceites que vira del verde amarillo-oro, producto de la disminución paulatina de la relación clorofilas/carotenos, a medida que avanza el proceso de maduración (Garrido *et al.*, 1990; Mínguez *et al.*, 1991; Beltrán *et al.*, 2005).

Las variaciones en la composición de ácidos grasos durante la maduración no parecen seguir un patrón determinado y muestran una considerable influencia varietal y climática. Durán (1990) ha informado que en las variedades *Picual*, *Hojiblanca* y *Zorzalena*, se produce una disminución en los contenidos de los ácidos palmítico y oleico y un incremento en ácido linoleico a medida que avanza la madurez de los frutos. Fiorino y Nizzi Grifi (1991) observaron un incremento del ácido oleico y disminuciones en los porcentajes de palmítico, esteárico y linoleico en las variedades *Carolea* y *Frantoio*. A su vez, Uceda *et al.* (1980) sostienen que, independientemente de la variedad y una vez finalizada la lipogénesis, la maduración conlleva una disminución del contenido en ácido palmítico y aumento del ácido linoleico, manteniéndose constante la proporción de oleico, con lo cual la relación monoinsaturados/poliinsaturados decrece.

Beltrán *et al.* (2004) estudiaron la composición del aceite de la var. *Picual* durante la maduración del fruto en tres años sucesivos. Estos autores observaron reducciones en el contenido de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) e incrementos en los ácidos oleico y linoleico con el retraso de la fecha de recolección y determinaron que, además del efecto estacional, el año de cultivo ejerce un efecto marcado sobre las concentraciones de estos ácidos grasos. Las diferencias observadas entre años de cultivo, fueron explicadas por las variaciones de temperatura y precipitación durante el período de formación del aceite.

Por otra parte, Kiritsakis (1998) ha informado que las regiones frías se caracterizan por producir aceites con altos porcentajes de ácido oleico y bajos de linoleico, mientras que en las regiones cálidas se observa un comportamiento inverso.

En resumen, puede afirmarse que el amplio rango de valores encontrados para los principales ácidos grasos del aceite de oliva, se debe fundamentalmente a factores genéticos y ambientales durante el desarrollo y maduración del fruto.

Existen algunos antecedentes publicados acerca de la calidad del aceite de oliva producido en nuestro país (Ravetti, 1999; Araniti *et al.*, 2000; Alderete Salas *et al.*, 2004; Ceci *et al.*, 2004, 2005, 2007; Dalla Lasta, 2005; Torres *et al.*, 2005; Mattar y Turcato, 2006; Torres y Maestri, 2006a,b; Ceci y Carelli, 2007; Luna *et al.*, 2007; Torres *et al.*, 2009).

En la actualidad, aproximadamente el 60 % de la producción olivarera de Argentina se destina a la elaboración de aceites (Marginet Campos, 2005), donde la var. *Arbequina* toma relevancia por el elevado porcentaje de superficie implantada.

El olivo es el cultivo frutal con mayor superficie en la provincia de Córdoba. La producción se localiza principalmente en la región noroeste, en el departamento Cruz del Eje y en menor medida Ischilín, y en el Valle de Traslasierra, en las proximidades de la ciudad de Villa Dolores

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. (departamentos San Javier y San Alberto). En Cruz del Eje-Ischilín se encuentran implantadas unas 5.000 ha y, en promedio, el 70% de la producción de aceitunas se destina a la fabricación de aceite, siendo las variedades *Arbequina*, *Manzanilla* y *Frantoio* las más cultivadas para este propósito. En Traslasierra, con aproximadamente 1000 ha, se cultiva casi exclusivamente la variedad *Arbequina* y la elaboración de aceites es el destino principal de la producción. El rendimiento promedio de aceitunas es de 2000 Kg/ha, lo que proporciona entre 8 a 10 millones de Kg anuales que representan el 10 % de la producción nacional de aceitunas. Tanto en la región noroeste como en el Valle de Traslasierra la edad de los olivares es de aproximadamente 70 años.

La actividad olivícola de la región noroeste es llevada a cabo por aproximadamente 150 productores. El 70 % de los mismos son minifundistas con superficies promedio de 5 ha. Dentro de la estructura de producción existe la figura de cuidador, arrendatario, mediero, que trabajan lotes de olivo pertenecientes a varios propietarios. La mayoría de los productores tienen diversificada su producción realizando otras actividades como horticultura y ganadería. En la actualidad existen en Cruz del Eje y zona de influencia, 13 establecimientos que procesan aceitunas destinadas para la producción de aceites, a saber: Exprodar, Alejandro Gana, Cooperativa La Regional, Roberto S. Álvarez, Olivares San Nicolás, Agropecuaria Paso Viejo, Olivi, Oliterra, Aleau Hnos, Olivares Ollantay, Los Cuatro Soles y Marturano. Las 4 primeras fábricas procesan mediante el sistema de prensado, mientras que el resto realiza su elaboración a través del sistema continuo de centrifugación. Por su parte, Gonzales e Hijos presentan ambos sistemas de extracción.

Son varios los factores que afectan a la producción de aceites de oliva de esta región; entre los mismos se pueden mencionar a la época de recolección como uno de los más significativos. Desafortunadamente, el momento de la cosecha varía de un año a otro y no responde a ningún criterio científico fiable. Asimismo, la producción de frutos y de aceite ha experimentado importantes fluctuaciones de una campaña a la otra.

El propósito de este trabajo fue evaluar cómo es afectada la calidad química de los aceites de oliva de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba por factores culturales, tecnológicos y por el medio agroecológico donde se ha desarrollado el cultivo.

Materiales y Métodos

Material Vegetal

Durante las campañas 2001, 2002 y 2003, y desde el comienzo hasta la finalización del período de cosecha (mediados de abril a principios de junio) se tomaron muestras de frutos de distintos ejemplares (n = 6) de la var. *Arbequina* provenientes de fincas olivareras ubicadas en los alrededores de la ciudad de Cruz del Eje. Dichos ejemplares se encuentran implantados en un marco de plantación de 10 x 10 metros, conducidos en forma globosa libre y con aportes de agua

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. de riego por inundación. En las siguientes Figura 1 y Tabla 1 se indican las temperaturas y precipitaciones medias mensuales, respectivamente, registradas durante las tres campañas de producción:

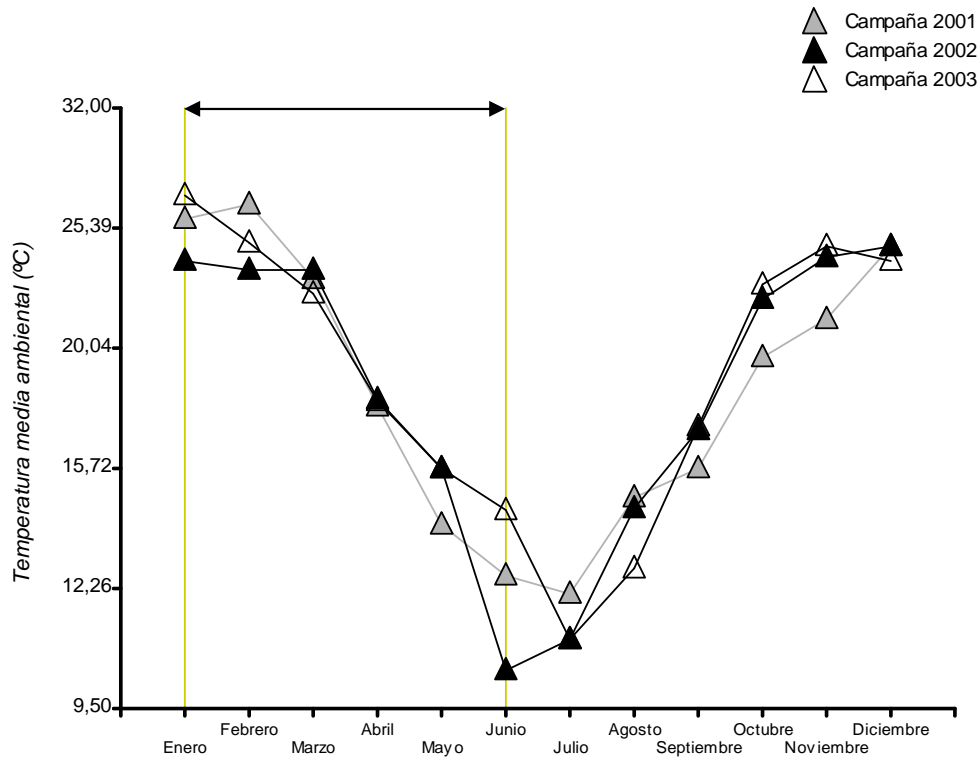
Tabla 1: Precipitaciones medias (milímetros) mensuales registradas en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba) durante las campañas de producción 2001, 2002 y 2003.

Mes	Campañas de Producción		
	2001	2002	2003
Enero	58	119	58
Febrero	9	87	116
Marzo	153	32	125
Abril	45	33	51
Mayo	16	6	30
Junio	3	0	0
Julio	0	25	0
Agosto	0	6	0
Septiembre	35	0	2
Octubre	77	52	17
Noviembre	103	128	52
Diciembre	91	58	177
<i>Total acumulado (enero a junio)[‡]</i>	<i>284</i>	<i>277</i>	<i>391</i>
<i>Total acumulado anualmente</i>	<i>590</i>	<i>546</i>	<i>639</i>

[‡] Período desde el inicio y culminación de las *fases II* (crecimiento lento: periodo en el que se completa el endurecimiento del endocarpo. El máximo crecimiento del embrión y la semilla coinciden con la fase final del endurecimiento del endocarpo. Durante esta fase se inicia la acumulación de ácidos grasos) y *III* (crecimiento rápido: se produce un incremento notable del tamaño del fruto como consecuencia de la acumulación de aceite en las células de la pulpa. Esta fase termina cuando se inicia el cambio de color de la epidermis de la aceituna. La semilla llega a su madurez hacia el final de esta fase, presentando un alto porcentaje de germinación. En este periodo la acumulación de ácidos grasos alcanza su culminación, coincidiendo con el cambio de color en la aceituna) hasta la *maduración propiamente del fruto* (cuando alcanza el grado máximo de maduración -frutos de color negro- y decrece el potencial de germinación con respecto al estadio anterior).

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

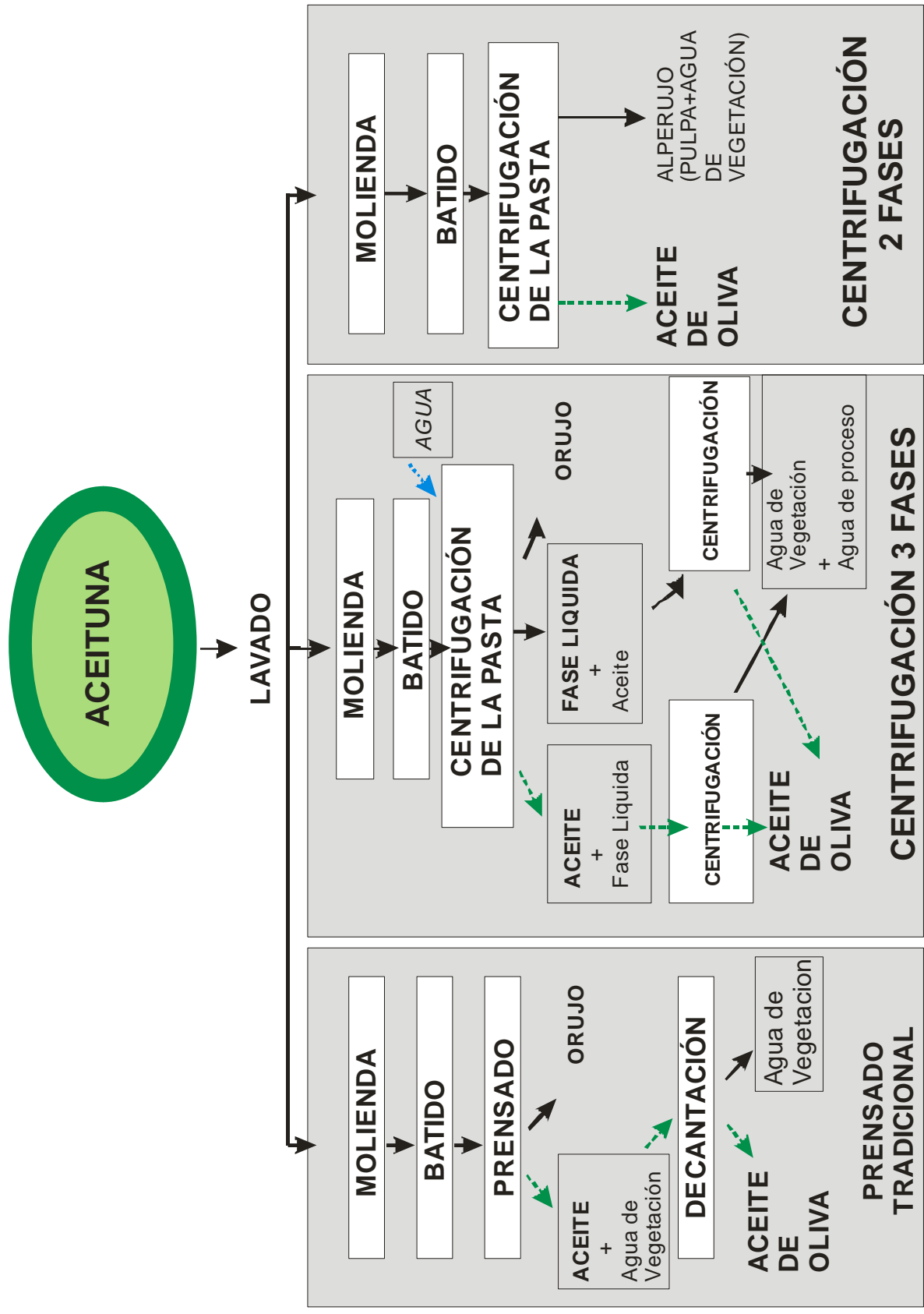
Figura 1: Temperaturas medias (°C) mensuales registradas en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba) durante las campañas de producción 2001, 2002 y 2003. El período señalado en la figura comprende desde el inicio del desarrollo de los frutos hasta la finalización de la cosecha.



La recolección de los frutos se realizó de manera aleatoria y en forma manual, a intervalos semanales, tomándolos en las cuatro orientaciones de los árboles. En cada fecha se obtuvieron tres lotes de frutos, descartándose aquéllos que presentaron defectos como golpes, rajaduras, síntomas visuales de contaminación microbiológica, etc.

Los frutos seleccionados se lavaron con agua corriente y se destinaron a la extracción de los aceites. Previamente, se realizó la trituración – molienda en un molino a martillo (capacidad de molienda: 3000 kg/hora), seguida de un proceso de batido de la pasta durante 50 minutos a una temperatura de 22 ± 2 °C. A continuación, se esquematizan las etapas básicas de los procesos de extracción utilizados.

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.
Figura 2: Diagrama de flujo de las distintas operaciones que se realizan en cada uno de los tres procesos de extracción del aceite de oliva.



Una vez obtenidos, los aceites se conservaron a – 10 °C, en oscuridad, hasta el momento de su análisis.

Métodos Analíticos

Índice de madurez (IM)

En cada lote de frutos destinado a la extracción de los aceites se determinó el índice de madurez, de acuerdo a la metodología propuesta por Hermoso *et al.* (1999). Se tomaron 100 frutos al azar y se clasificaron en las 8 clases o categorías que se detallan a continuación:

Clase 0: Piel verde intenso.

Clase 1: Piel verde amarillento.

Clase 2: Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto. Inicio de envero.

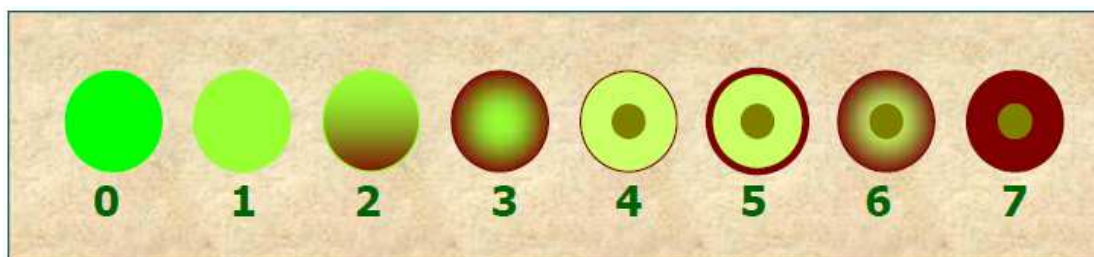
Clase 3: Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto. Final de envero.

Clase 4: Piel negra y pulpa blanca.

Clase 5: Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa.

Clase 6: Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso.

Clase 7: Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso.



El índice de madurez se obtuvo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{[(A \times 0) + (B \times 1) + (C \times 2) + (D \times 3) + (E \times 4) + (F \times 5) + (G \times 6) + (H \times 7)]}{100}$$

Siendo: A, B, C, D, E, F, G y H, el número de frutos de las clases 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, respectivamente.

Rendimiento de aceite

El material previamente desecado en estufa (105 °C) fue sometido a un proceso de extracción continua sólido-líquido en equipo de Soxhlet, durante 8 horas, utilizando como disolvente n-hexano. El contenido de aceite se cuantificó por diferencia de pesos previo y posterior a la extracción (AOCS, 1998).

Análisis físico-químicos para el control de la calidad

La determinación de la calidad de un aceite es muy importante de cara a la aceptación por el consumidor y por tanto, a su valor en el mercado. Los criterios de calidad aplicables al aceite de oliva vienen definidos por dos aspectos: a) el físico-químico, y b) el sensorial, determinado éste último a través de un panel de cata.

Considerando la naturaleza del aceite de oliva, es necesario resaltar la complejidad del proceso oxidativo de los lípidos el cual involucra numerosas reacciones que dan lugar a una gran variedad de cambios físicos y químicos. Si bien las reacciones implicadas parecen seguir una secuencia predeterminada, a menudo se producen en forma simultánea y competitiva. A su vez, las reacciones de oxidación se ven influenciadas por un gran número de variables (características del sustrato, temperatura, condición lumínica, concentración de oxígeno, presencia de sustancias pro o antioxidantes, etc.). Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente y la gran cantidad de métodos disponibles, cuando se pretende evaluar la oxidación de los lípidos en sistemas alimentarios y particularmente en aceites vegetales comestibles, se puede obtener una mayor fiabilidad en los resultados empleando una combinación de análisis. A continuación se resumen los principales métodos que se emplearon para esta finalidad.

Grado de acidez libre (GA)

Este parámetro indica el contenido de ácidos grasos libres en el aceite (expresados como ácido oleico). Resulta importante para la clasificación y comercialización del producto.

La determinación del contenido de ácidos grasos libres se efectúa mediante una titulación empleando una solución etanólica de hidróxido de potasio. En primera instancia, se agrega un volumen de éter dietílico y etanol 95 % (V/V) en un erlenmeyer. Luego, se agrega al erlenmeyer una solución de fenoftaleína y se neutraliza esta mezcla con una solución de hidróxido de potasio. Posteriormente, se pesa una masa suficiente de la muestra y se le agrega la mezcla de solventes previamente neutralizada. Finalmente, se titula, mientras se agita la solución, con la solución de hidróxido de potasio hasta alcanzar el punto final. Dicho punto se alcanza cuando la adición de la solución alcalina produce un leve pero definido cambio de color (rosado), persistiendo el mismo al menos 15 s. El volumen agregado de hidróxido de potasio brinda una medida de la cantidad de ácidos grasos libres contenidos en el aceite. Este parámetro no debe superar los valores de 0.8 % y 2 % para las categorías aceites de oliva extra virgen y virgen, respectivamente. El aceite de oliva refinado y el aceite de orujo de oliva refinado sólo pueden contener el 0.3 %, mientras que el aceite de oliva y el aceite de oliva de orujo el 1.0 %. El aceite de oliva que tenga un contenido superior al 3.3 % de ácidos grasos libres debe ser clasificado como lampante (no apto para consumo humano). Sin embargo, se espera que los aceites provenientes de fruta sana y procesada inmediatamente luego de su cosecha posean valores de acidez inferiores al 0.35%.

Los ácidos grasos libres pueden comenzar ya a formarse en el fruto a partir de los triglicéridos por hidrólisis enzimática (lipasas). Su formación está en función del grado de maduración de las aceitunas, del tiempo entre cosecha y procesamiento y de las condiciones de almacenamiento del aceite (sedimentos), los cuales pueden provocar daños celulares o inducir el ataque de microorganismos como en el caso de las aceitunas en contacto directo con el terreno. De esta manera, estos factores pueden influenciar negativamente en el aroma o "flavor"; pero puede ser removido durante el proceso de refinación del aceite. Cabe mencionar que hasta el momento no es permitido algún (parcial) proceso de refinación para los aceites de oliva virgen. El límite inferior de ácidos grasos libres establecido para los aceites refinados no es debido a una mejor calidad de la materia prima, sino a la remoción completa de los ácidos grasos libres durante la neutralización del proceso de refinación. Durante el almacenamiento del aceite la acidez libre determinada por titulación puede aumentar ya que ésta puede ser influenciada por algunos productos de descomposición derivados del proceso oxidativo.

Índice de peróxidos (IP)

Los peróxidos son los productos iniciales mayoritarios de la oxidación de los lípidos, por lo que su valoración, mediante técnicas basadas en su capacidad para liberar yodo del yoduro potásico o para oxidar los iones ferrosos a férricos, es una medida del grado de oxidación de grasas y aceites. El método es altamente empírico y debería ser utilizado en muestras con niveles de oxidación relativamente bajos (hasta 50 meq de O_2 /kg de aceite). Este parámetro se determina colocando la muestra de aceite en un erlenmeyer y agregando una solución de ácido acético glacial – cloroformo y agitando hasta disolver completamente la muestra. Luego, se añade una solución saturada de yoduro de potasio, se agita y deja en reposo aproximadamente 1 min. (en oscuridad). Posteriormente se agrega un volumen de agua destilada y se agita nuevamente. Luego, se añade una solución de almidón y se titula con una solución de tiosulfato de sodio, agregando ésta de manera gradual y con agitación constante y vigorosa, hasta la desaparición del color azul.

El límite máximo de índice de peróxidos para el aceite de oliva virgen es de 20 meq oxígeno/Kg, mientras que para aceites de oliva refinado y de oliva de orujo refinado es de 5 meq oxígeno/Kg. Se espera que los aceites frescos y bien procesados muestren valores de peróxidos inferiores a 12 meq O_2 /kg. Debido a que los peróxidos están sujetos a reacciones secundarias de degradación, el método está limitado sólo a las primeras etapas de la oxidación (Tabla 2 y Figuras 2 y 3).

Tabla 2: Mecanismo de oxidación de lípidos.

MECANISMO DE OXIDACIÓN DE LÍPIDOS			
Iniciación	RH	\longrightarrow	$R^\bullet + H^\bullet$ Radical libre
Propagación	$R^\bullet + O_2$	\longrightarrow	ROO^\bullet Radical hidroperóxido
	$ROO^\bullet + RH$	\longrightarrow	$R^\bullet + ROOH$ Hidroperóxido
Terminación	$R^\bullet + R^\bullet$	\longrightarrow	RR Compuestos muy estables
	$R^\bullet + ROO^\bullet$	\longrightarrow	$ROOR$
	$ROO^\bullet + ROOR$	\longrightarrow	$ROOR + O_2$
	$RO^\bullet + R^\bullet$	\longrightarrow	ROR
	$2 RO^\bullet + 2 ROO^\bullet$	\longrightarrow	$2 ROOR + O_2$

Figura 2: Triacilglicérido insaturado en el que se muestra su sitio de oxidación.

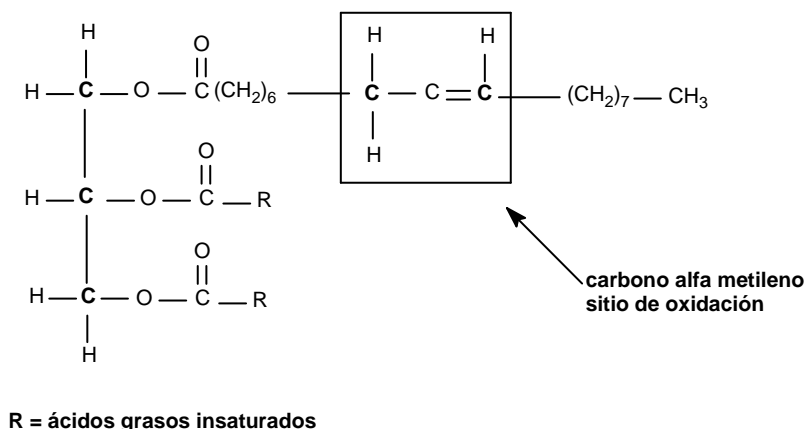
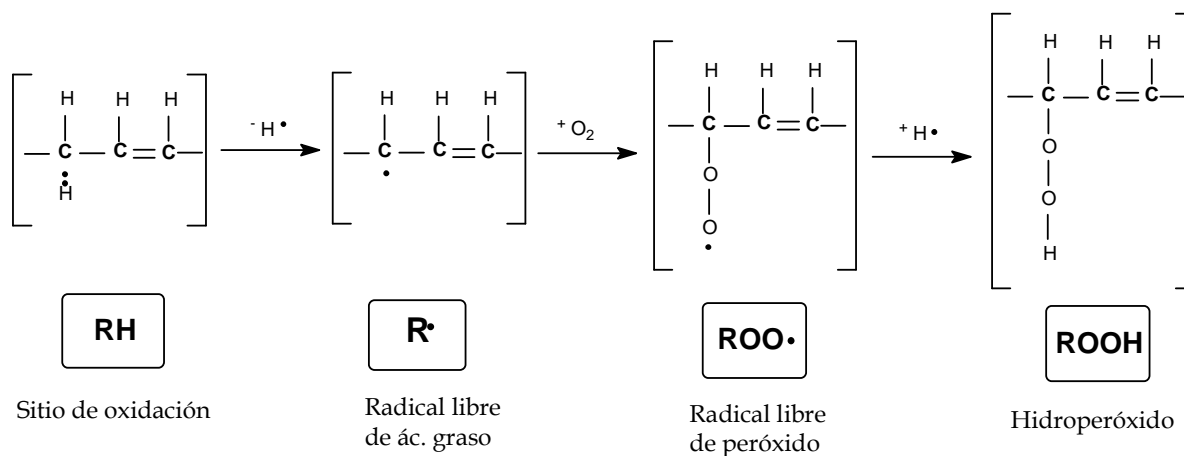


Figura 3: Oxidación de lípidos.



De esta manera, este índice constituye un parámetro dinámico que se incrementa durante la primera parte de la vida de los aceites y luego decrece en estadios más avanzados de

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. oxidación dependiendo de las condiciones de almacenamiento del aceite (tiempo, presencia de oxígeno y metales, exposición a la luz y temperatura). Este comportamiento se debe a que los hidroperóxidos se descomponen según se van formando. En las primeras etapas de la autooxidación la velocidad de formación es mayor que la de descomposición, pero en las últimas etapas ocurre lo contrario.

Como se observa en la Tabla 2, la etapa de propagación genera hidroperóxidos, que por ser muy reactivos, propician otras transformaciones, como su ruptura y la consecuente producción de nuevos radicales que alimentan la reacción y su interacción con otras moléculas, produciendo diversos compuestos de distintos pesos moleculares (hidrocarburos, aldehídos, cetonas, ácidos, epóxidos, furanoides, etc), capaces de producir aromas, y que son biológicamente significativos (Tabla 3).

Tabla 3: Sustancias producidas a partir de hidroperóxidos.

HIDROPERÓXIDOS				
Segunda oxidación	Polimerización	Ruptura	Deshidratación	Reacción con otras dobles ligaduras
↓	↓	↓	↓	↓
Diperóxidos	Dímeros	Aldehídos Cetonas Ácidos	Cetoglicéridos	Epóxidos
↓	↓			
Polímeros	Polímeros de alto peso molecular			

Todas estas reacciones de oxidación motivan una disminución de la calidad nutricional y sensorial de los alimentos, debido a pérdidas de ácidos grasos esenciales, actividad vitamínica y color. Además, algunos productos de oxidación son potencialmente tóxicos.

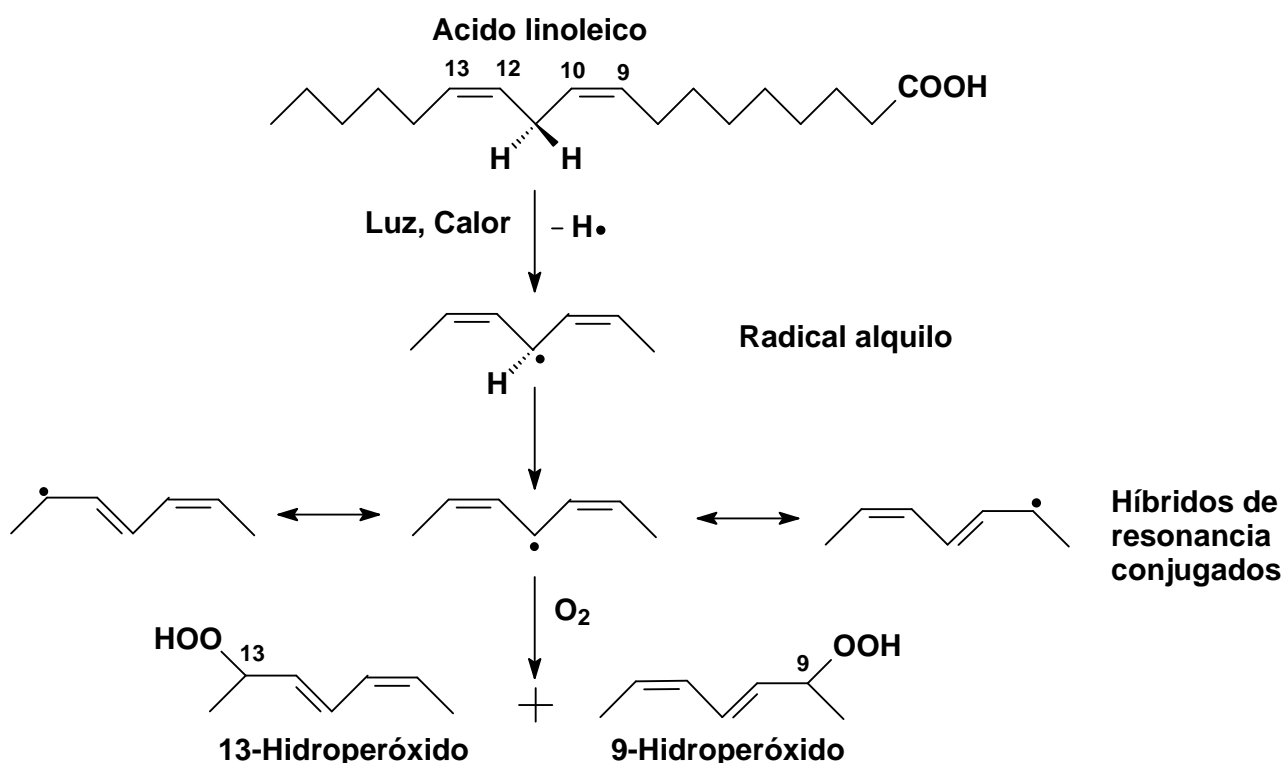
Desde el punto de vista práctico, los aldehídos volátiles que se forman tienen gran importancia debido a que imparten sabores y olores rancios a los aceites que los contienen. De esta manera, puede suceder que al estudiar una grasa demasiado oxidada es probable que este índice sea bajo, a pesar de que el olor sea característico de reacciones avanzadas.

Coefficientes de extinción K_{232} y K_{270}

Esta prueba proporciona información sobre la calidad de una materia grasa, su estado de conservación y las modificaciones producidas durante los procesos tecnológicos.

Como consecuencia del desplazamiento de los dobles enlaces de su posición original en el ácido graso, los hidroperóxidos producidos a partir de los ácidos grasos poliinsaturados tienen estructura de dienos conjugados (hidroperoxi dienos conjugados, HPDC). Como dato interesante, cabe resaltar que en la autooxidación del ácido linoleico representa el 97 % de los peróxidos formados (Figura 4).

Figura 4: Descomposición del linoleico.



La absorbancia del aceite a 232 nm y 270 nm se debe a la presencia de sistemas diénicos y triénicos conjugados, respectivamente. A partir de aquí se obtiene información sobre el estado de oxidación (primeras etapas) de un aceite. Para ello se usan los valores de la absorbancia a 232 y 270 nm, que proporcionan un valor ΔK . Cuanto menor sea este último, de mayor calidad será el aceite, siendo el máximo para aceites de oliva virgen extra de 0,01.

Como ocurre con la determinación del IP, los valores de HPDC alcanzarán un máximo durante el progreso de la oxidación para luego disminuir cuando la velocidad de descomposición de hidroperóxidos exceda a su formación.

Este método no es recomendable para sustratos que posean bajos niveles de ácidos poliinsaturados, ni tampoco para aquéllos que hayan sido sometidos a condiciones de oxidación severas, debido a la descomposición de los HPDC.

Contenido de pigmentos

El color es una característica fundamental en el aceite de oliva virgen y uno de los atributos que más afecta al consumidor. Para el aceite de oliva se han propuesto valoraciones fotométricas a dos longitudes de onda (470 nm, luteína y 670 nm, feofitina) y correlaciones numéricas entre las coordenadas cromáticas y los índices de ABT (azul de bromotimol).

El color del aceite de oliva natural se debe a los pigmentos lipofílicos (clorofilas y carotenoides) del fruto. La composición de tales pigmentos está sujeta a una amplia variabilidad derivada de las diferencias existentes entre cultivadores, grado de madurez del fruto, condiciones medioambientales, regiones de cultivo, técnicas de procesado y condiciones de almacenamiento. El color del aceite de oliva virgen se encuentra entre el amarillo claro y el verde intenso, dependiendo del contenido en clorofilas y carotenoides de la aceituna. A las clorofilas se debe el color amarillo-verdoso, mientras que los carotenoides le confieren una tonalidad entre amarillo y rojizo. La concentración de estos pigmentos disminuye al madurar el fruto y desaparece al llegar a la madurez total. En los frutos recolectados para aceite, la relación clorofilas/carotenoides está en torno a 3; sin embargo, dicha relación en los aceites se sitúa alrededor de 1. Este cambio es debido a que en la extracción se transfiere al aceite el 20 % del contenido en clorofilas y el 50 % de la fracción carotenoides. La mayor parte de la pigmentación del fruto queda en el alperujo, un 60 % de clorofilas, un 25 % de carotenoides y el resto (20 – 25 %) se degrada. El contenido de clorofilas puede oscilar entre 1.3 y 82.6 mg/kg.

Los tipos de clorofilas más importantes son la a y la b (Figura 5). Estos pigmentos tienen un anillo porfirínico con un átomo de magnesio y el alcohol fitol que se esterifica a una molécula de ácido propiónico; los anillos pirrólicos están unidos por medio de metenos, —CH=, creando una estructura planar. La cadena del fitol tiene una distribución de átomos muy similar a la de los carotenoides. La estructura química resulta muy compleja y fácilmente alterable por diferentes agentes, como son los oxidantes, tanto oxígeno como peróxidos, las altas temperaturas, la luz, el pH y algunas enzimas; las reacciones químicas que éstos catalizan se pueden dividir en cinco principales, aunque existen otras rutas menos comunes (Figura 6).

Figura 5: Tipos de clorofilas

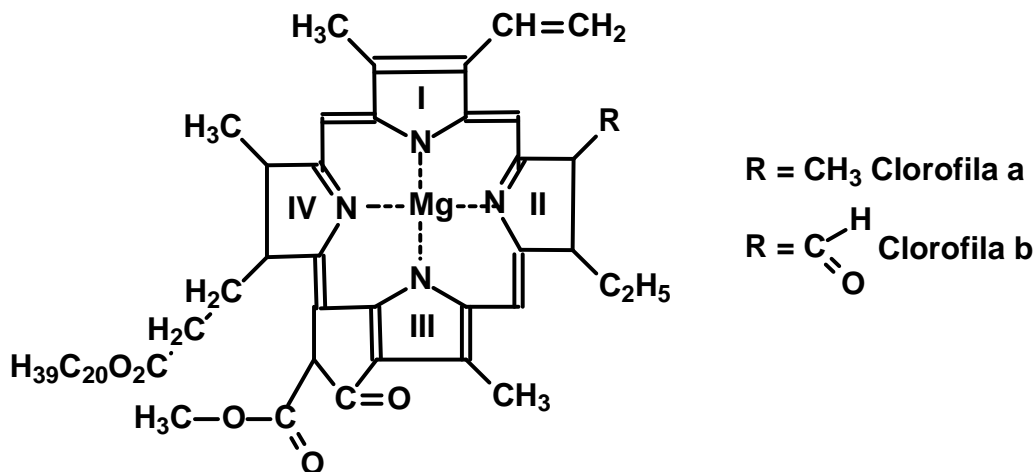
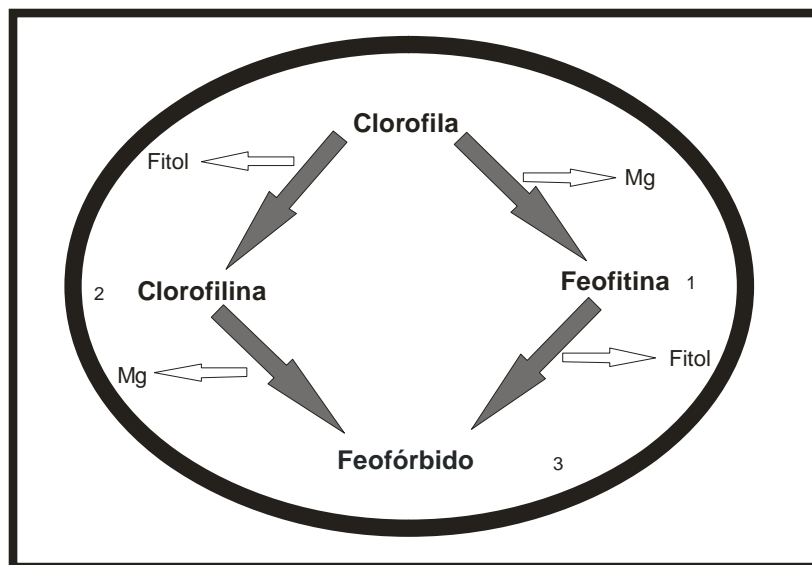


Figura 6: Transformaciones de la clorofila.



¹ Feofitización: formación de feofitinas a y b, de color marrón y verde oliva, respectivamente.

² Formación de clorofilina o clorofilida hidrosoluble: eliminación de la cadena del fitol.

³ Formación de feofórbido: combinación de las dos reacciones anteriores.

⁴ Oxidación y ruptura del anillo tetrapirrólico con la consecuente destrucción total de la molécula: formación de compuestos que imparten coloración marrón al producto.

⁵ Pirofeofitización: pérdida del grupo carbometoxi de las feofitinas.

Como se mencionó anteriormente, la principal vía de oxidación de los ácidos grasos insaturados implica un mecanismo por radicales libres que actúan de forma autocatalítica (autooxidación), y que explica la reacción en cadena de formación y descomposición de hidroperóxidos (ROOH). Sin embargo, es difícil explicar el origen de los primeros radicales libres necesarios para iniciar el proceso; es poco probable que esta iniciación tenga lugar mediante un ataque directo del oxígeno, en su forma más estable (estado triplete), a los dobles enlaces de los ácidos grasos (RH), ya que los enlaces C = C de los RH y ROOH están en estado singulete, por lo que esta reacción no obedecerá a la ley de la conservación del spin. Una explicación más satisfactoria es la de que el oxígeno singulete, una de las especies activas en el deterioro fotooxidativo, sea el responsable de la iniciación.

El oxígeno singulete se puede generar de muy diversas formas, siendo la más importante probablemente la fotosensibilización por los pigmentos naturales de los alimentos, tales como los pigmentos clorofílicos (especialmente sus productos de degradación).

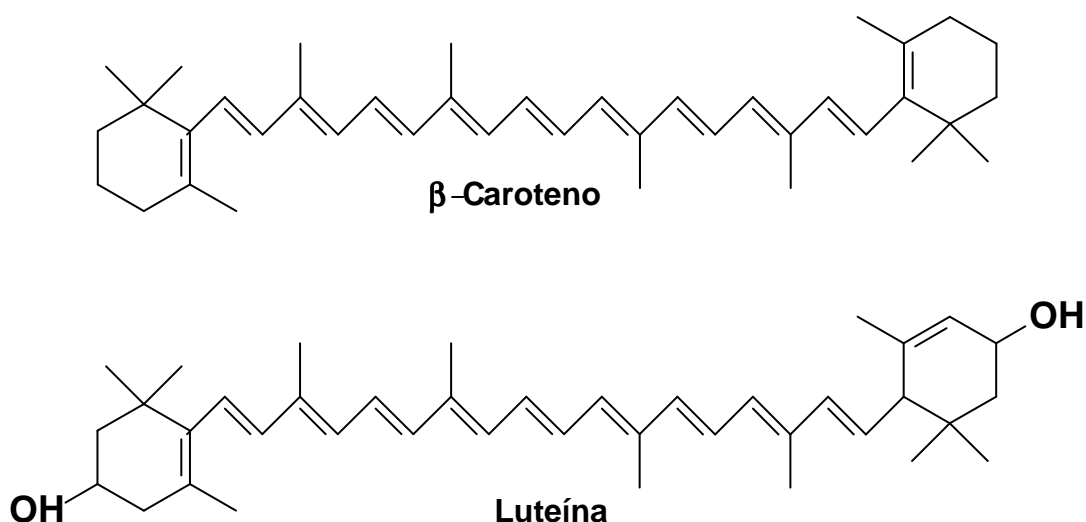
Los carotenoides son hidrocarburos triterpénicos responsables de la coloración amarilla de los aceites y las aceitunas verdes de mesa. La parte central de la molécula se compone de una larga cadena hidrocarbonada con dobles enlaces en forma conjugada. Algunos de ellos son hidrocarburos y se denominan *carotenos* (α , β y γ - carotenos, licopeno) otros son derivados

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. oxigenados de los carotenos y se conocen con el nombre de *xantofilas* (fucoxantina, luteína, violaxantina) (Figura 7).

Los extremos de esta estructura hidrocarbonada pueden ser de cadena abierta o cíclica. El color de los carotenoides se atribuye a la extrema conjugación de la cadena central.

Estos pigmentos son los precursores biosintéticos de la vitamina A, presentando el β -caroteno la mayor actividad de provitamina A. Por otra parte, existen indicios de que el β -caroteno puede desempeñar una función antioxidante en reacciones de oxidación por fotosensibilización. Finalmente, los carotenoides pueden también presentar actividad pro-oxidante dependiendo de la presión de oxígeno. Según Burton e Ingold (1984), el β -caroteno se comporta como un antioxidante secuestrante de radicales, solamente cuando la presión parcial de oxígeno es inferior a 150 torr (presión normal ambiental de oxígeno). Sin embargo, cuando la presión se incrementa, el β -caroteno pierde su actividad antioxidante y tiene un efecto pro-oxidante autocatalítico el cual se incrementa con su concentración. La concentración de los mismos puede oscilar entre 2.1 y 31.5 mg/kg.

Figura 7: Compuestos carotenoides.



Extracción y cuantificación de fenoles y orto-difenoles totales

Los principales compuestos antioxidantes presentes en el aceite de oliva son los carotenos y compuestos fenólicos que incluyen fenoles lipofílicos (FL) e hidrofílicos (FH). Mientras los FL, entre los cuales se encuentran los tocoferoles pueden ser encontrados en otros aceites vegetales, algunos FH del aceite de oliva no están presentes en otros aceites y grasas. Los compuestos fenólicos forman parte de la fracción minoritaria del aceite de oliva. La pulpa del fruto de la oliva contiene elevadas concentraciones de compuestos fenólicos, entre 20 y 50 g/kg, aunque tan sólo una pequeña parte pasan al aceite durante el proceso de extracción. El hecho de que su concentración en el aceite sea mucho más baja que el del fruto es consecuencia de su naturaleza hidrosoluble, lo que hace que la mayor parte de los compuestos fenólicos queden retenidos en las

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. aguas de vegetación del fruto y en el agua adicionada durante el proceso. Sin embargo, pese a su baja concentración en el aceite de oliva su importancia es destacable. En los años 70 se publicaron los primeros trabajos en los que se asoció la estabilidad a la autooxidación de los aceites de oliva con el elevado contenido de compuestos fenólicos, y estudios posteriores confirmaron su implicación en los atributos de amargo y picante del aceite de oliva virgen. En la actualidad todavía hay componentes de la fracción fenólica del aceite de oliva virgen que permanecen sin identificar.

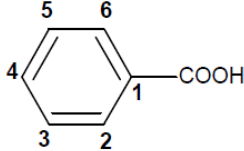
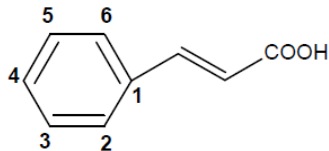
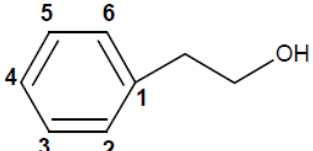
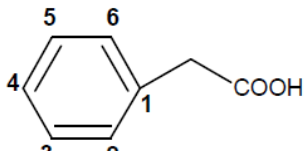
Pese a su complejidad, no existen diferencias cualitativas en el perfil fenólico en relación con la variedad de oliva y/o la zona de cultivo. Sin embargo existen diferencias cuantitativas que han sido propuestas por algunos autores como marcadores de variedad y origen. Los principales factores que contribuyen a la distribución cuantitativa de los compuestos fenólicos en oliva y por consiguiente en aceite de oliva son de carácter agronómico y tecnológico. Como principales factores agronómicos destacan la variedad, los factores ambientales (climatología y tipo de suelo), las prácticas culturales (riego, tratamientos fitosanitarios, sistema de recolección), así como período de cosecha. Como principales factores tecnológicos destacan el tiempo y condiciones de almacenamiento de la aceituna antes de su procesado, el sistema de extracción y las condiciones de conservación del aceite.

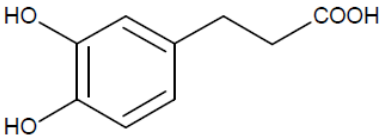
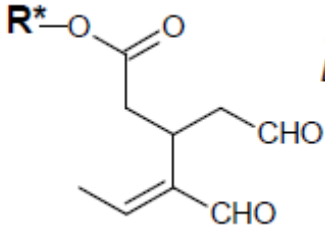
Esta familia de compuestos puede definirse como aquella en la que sus componentes poseen al menos un anillo aromático unido al menos a un grupo hidroxilo (-OH), y representa a una amplia variedad de sustancias que se puede dividir en diversos subgrupos: ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzoicos y ácidos hidroxicinámicos), flavonoides (antocianinas, protocianidinas, flavonoles, flavonas, flavanonas, flavanoles, isoflavonas), estilbenos y lignanos.

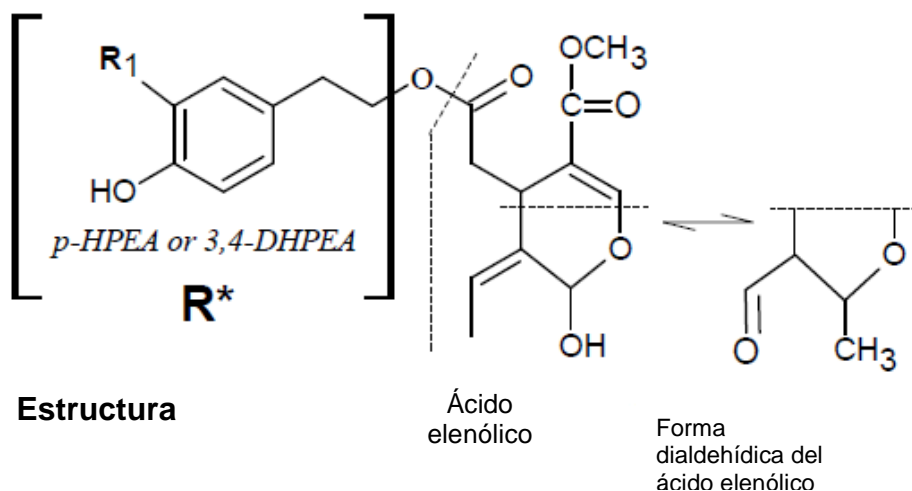
Los compuestos fenólicos del aceite de oliva han manifestado tener las siguientes propiedades: a) poseen capacidad antioxidante incluso superior a la demostrada por la vitamina E cuando actúan sobre la oxidación lipídica y el ADN (Visioli y Galli, 1998; Fitó *et al.*, 2000); b) previenen la disfunción endotelial (responsable de numerosas enfermedades tales como la arteriosclerosis, la hipertensión arterial, la sepsis, la trombosis, la vasculitis, hemorragias, etc.) (Carluccio *et al.*, 2003); c) inhiben la agregación plaquetaria inducida (Petroni *et al.*, 1995); d) mejora la transcripción del ARNm de la enzima antioxidante glutatión peroxidasa, la cual participa en las transformaciones de especies reactivas del oxígeno (Masella *et al.*, 2004). Además hay que destacar la potencial actividad quimiopreventiva de estos analitos y los efectos anti-inflamatorios, similares a los del ibuprofeno, que exhibe uno de ellos, el oleocantal (forma dialdehídica del deacetoxi ligustrósido aglicona) (Beauchamp *et al.*, 2005).

Los compuestos fenólicos que componen el aceite de oliva pueden clasificarse en las siguientes categorías:

Tabla 4: Compuestos fenólicos presentes en el aceite de oliva virgen.

Compuestos	Sustituyentes (PM) [†]	Estructura
Ácidos benzoico y derivados		
Ácido vanílico	3-OCH ₃ , 4-OH (168)	
Ácido siringico	3,5-OCH ₃ , 4-OH (198)	
Ácido gálico	3,4,5-OH (170)	
Acido gentísico	2,5-OH (154)	
Acido hidroxibenzoico	3-OH (138)	
3,4-dihidroxibenzoico	3,4-OH (154)	
Ácido hidroxibenzoico	p-4-OH (138)	
Ácido cinámico y derivados		
Ácido o-cumárico	2-OH (164)	
Ácido p-cumárico		
Ácido cafeico		
Ácido ferúlico		
Ácido sinapínico		
Fenil etil alcoholes		
Tirosol [(p-hidroxifenil) etanol] ó p-HPEA	4-OH (138)	
Hidroxitirosol [(3,4-dihidroxifenil) etanol] ó 3,4 DHPEA	3,4-OH (154)	
Otros ácidos fenólicos y derivados		
Ácido hidroxifenilacético	p-4-OH (152)	

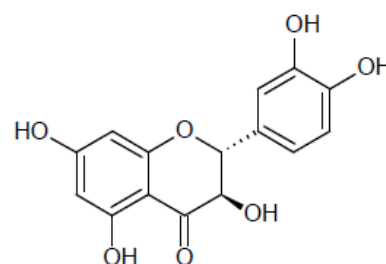
Ácido dihidroxifenilacético	3,4	3,4-OH (168)	
Ácido 4-hidroxi-3- metoxifenilacético)		3,4-OH (154)	
Ácido dihidroxifenil) propanoico	3-(3,4-	(182)	
Formas dialdehídicas de los secoiridoides			
Decarboximetil oleuropeína aglicona o forma dialdehídica del ácido elenólico unida al hidroxitirosol (3,4- DHPEA- EDA)		R ₁ -OH (304)	
Decarboximetil ligustrósido aglicona o forma dialdehídica del elenólico unida al tirosol (p-HPEA - EDA)		R ₁ -H (320)	Forma dialdehídica del ácido elenólico
Agliconas de los secoiridoides			
Oleuropeína aglicona o 3,4-DHPEA-EA		R ₁ -OH (378)	
Ligustrósido aglicona o p-HPEA - EA		R ₁ -H (362)	
Forma aldehídica de la oleuropeína aglicona		R ₁ -OH (378)	
Forma aldehídica del ligustrósido aglicona		R ₁ -H (362)	



Flavonoles

(+) - Taxifolín

(304)



Flavonas

Apigenina

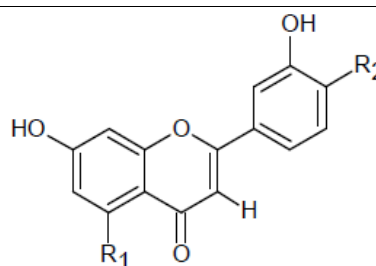
R₁-OH, R₂-H

(270)

Luteolina

R₁-OH, R₂-OH

(286)



Lignanós

(+) Pinoresinol

R-H (358)

(+) - 1 - -

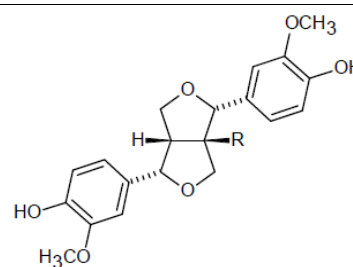
R-OCOCH₃

Acetoxipinoresinol

(416)

1-Hidroxipinoresinol

R-OH (374)



Hidroxiisocromanos

1-fenil-6,7-

R₁, R₂-H (242)

dihidroxi-isocromano

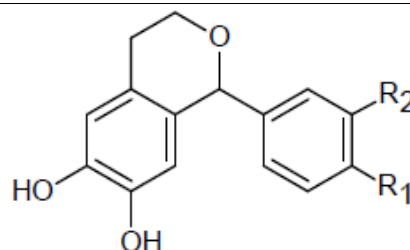
1-(3'-metoxi-4'-

R₁-OH, R₂-

hidroxi) fenil-6,7-

OCH₃ (288)

dihidroxi-isocromano



† PM: peso molecular

Por otro lado, los compuestos fenólicos contribuyen a las propiedades organolépticas del aceite de oliva (Gutiérrez-Rosales *et al.*, 1992; Andrewes *et al.*, 2003) y son un sistema de

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. defensa del aceite frente a la oxidación de los ácidos grasos insaturados, convirtiéndose en uno de los factores más importantes en cuanto a la estabilidad oxidativa (vida útil o “shelf-life”) se refiere (Baldioli *et al.*, 1996; Velasco y Dobarganes, 2002).

De todos ellos, los compuestos fenólicos que se encuentran en mayor proporción en el aceite de oliva son los secoiridoides, oleuropeína y ligustrósido agliconas y sus formas dialdehídicas, aunque el tirosol e hidroxitirosol también se hallan en concentraciones importantes. Entre ellos constituyen el 90 % del total de los compuestos fenólicos del aceite de oliva (Carrasco-Pancorbo *et al.*, 2006).

Cabe destacar que durante el proceso de extracción del aceite de oliva se producen modificaciones en la estructura química de los secoiridoides del fruto, dando lugar a formas más simples (como el hidroxitirosol y tirosol) y a agliconas con estructuras diversas. Por otra parte, aproximadamente el 80 % de los compuestos fenólicos que puede contener un aceite de oliva se pierden cuando el aceite es sometido al refinado, por ello serán los aceites de oliva vírgenes aquellos que presentan mayor contenido en compuestos fenólicos (Owen *et al.*, 2000).

Desde la perspectiva de la salud humana, los grupos de compuestos fenólicos de mayor importancia son los ácidos fenólicos, flavonoides y lignanos. Como se mencionó anteriormente, la importancia de los compuestos fenólicos en la dieta se debe a las evidencias encontradas acerca de su capacidad antioxidante y del papel que juegan frente a la prevención de ciertas enfermedades (cardiovasculares y cáncer, entre otras). Éstos pueden ayudar a limitar el daño producido por estas enfermedades actuando directamente sobre las especies reactivas de oxígeno o estimulando sistemas de defensa endógenos.

Los principales factores que van a condicionar las propiedades biológicas de estos compuestos, es decir su capacidad de acción frente a estas enfermedades, son su ingesta diaria y su biodisponibilidad.

El metabolismo de los compuestos fenólicos también va a alterar las propiedades específicas de éstos, así como su respuesta biológica a niveles celulares. Hoy en día poco se sabe acerca de cual es la fracción de compuestos fenólicos con mayor actividad de entre todos los que circulan en el organismo. El estudio en esta dirección tiene gran interés ya que estos datos permitirían conocer cual es la fuente principal de estos compuestos y poder desarrollar una dieta óptima para la salud.

Los mecanismos de acción y particularidades por los que los fenoles presentan actividad antioxidante son diversos. Cada fenol actuará por uno o más mecanismos, según sus propiedades características. Algunos de los mecanismos que han sido dilucidados son los siguientes:

- ✓ Prevenir la iniciación de la cadena de reacciones de oxidación mediante combinación con los radicales iniciadores, tales como los radicales peróxido. Los ácidos y alcoholes fenólicos como el ácido cafeico o el hidroxitirosol presentan esta capacidad.

✓ Descomponer peróxidos al convertirlos en especies no radicales, tales como alcoholes. Los ejemplos antes mencionados podrían también incluirse en este mecanismo.

✓ Actuación como secuestradores de radicales libres. Cada uno de los fenoles tienen distinta especificidad por las distintas especies oxidantes que se generan en el organismo.

✓ De forma indirecta, actuación como quelantes de iones de metales de transición, ya que al unirse a ellos reducen la capacidad de éstos para generar radicales libres, mediante reacciones de Fenton. Se han encontrado flavonoides con este tipo de actividad.

✓ Por su solubilidad pueden localizarse sobre las superficies de estructuras celulares, biomoléculas, etc., disminuyendo el consumo de antioxidantes propios de éstas, como puede ser la vitamina E o los carotenoides, e incluso en algunos casos regenerando estos antioxidantes, una vez oxidados.

✓ Por su capacidad de inducir, inhibir, activar o proteger determinadas enzimas en el organismo. En este sentido, los distintos fenoles muestran alta especificidad, por ejemplo el hidroxitirosol, la oleuropeína, la luteolina y la apigenina inhiben la formación de inductores de la agregación plaquetaria mediante la reducción de la enzima 5-lipooxigenasa y la araquidonatodeshidrogenasa.

A pesar de las dificultades, los mecanismos de protección antioxidante de algunas familias de compuestos fenólicos están bien caracterizados, como es el caso de los ácidos fenólicos y numerosos flavonoides. El mecanismo más conocido, ya mencionado, es el secuestro de radicales libres en los procesos de protección frente a la oxidación lipídica. Estos compuestos actúan en los pasos de iniciación y propagación de la oxidación, pues ceden un átomo de hidrógeno tanto a los radicales de ácidos grasos ($R \bullet$) como a los radicales peróxido ($ROO \bullet$), restaurando el primero al ácido graso (RH) y formando el correspondiente hidroperóxido (ROOH) con el segundo.

Mecanismo de acción de los antioxidantes de tipo I



El radical $A \bullet$ (radical fenoxi) que se forma es relativamente estable (se estabiliza por resonancia) y no reacciona con los lípidos.

Estas sustancias antioxidantes disminuyen el número de radicales libres y por lo tanto reducen la velocidad de oxidación y prolongan el periodo de inducción (este último ocurre cuando

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. existe una rápida aceleración en la oxidación de la muestra). La velocidad de oxidación será tanto más débil cuanto más elevada sea la concentración del antioxidante. Cabe resaltar que es indispensable añadir el antioxidante durante el periodo de inducción, antes del inicio de la oxidación propiamente dicha. No se puede mejorar la calidad de un producto ya rancio añadiéndole un antioxidante, sin que esto deba interpretarse como que el antioxidante utilizado no es eficaz. Esto último, es necesario tenerlo en cuenta al momento de realizar las mezclas o “blends” de los aceites de oliva.

La extracción de estos compuestos se realizó según el método descrito por Vázquez-Roncero (1973). El ensayo Folin-Ciocalteu ha sido utilizado durante muchos años como una medida del contenido en compuestos fenólicos totales en productos naturales. Sin embargo, el mecanismo básico del método es una reacción redox por lo que puede considerarse como otro método de medida de la actividad antioxidante total. La oxidación de los fenoles presentes en la muestra en contacto con el reactivo de Folin-Ciocalteu causa la aparición de una coloración azul que presenta un máximo de absorción a 725 nm y que se cuantifica por espectrofotometría en base a una recta patrón de un fenol de referencia, habitualmente ácido gálico o ácido cafeico.

Asimismo, se determinó el contenido total de *orto*-difenoles a 350 nm, según la metodología propuesta por Gutfinger (1981).

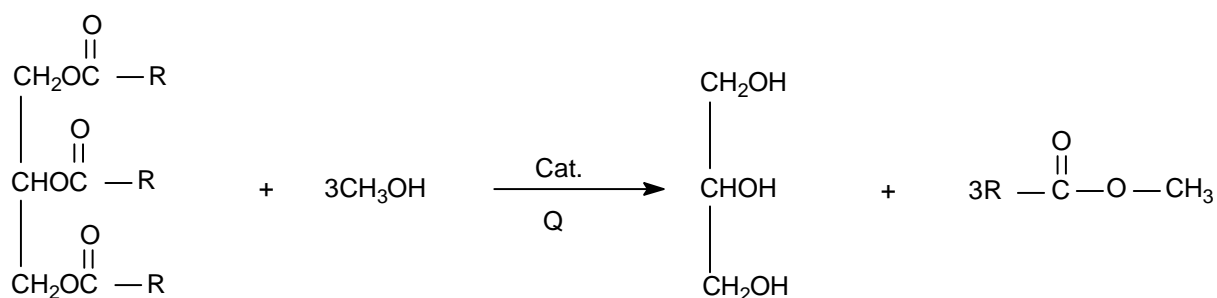
Composición acídica de los aceites

El conocimiento de la composición en ácidos grasos del aceite de oliva, tanto cualitativa como cuantitativamente, ha sido siempre un tema de gran interés debido a su importancia en los trabajos de caracterización y detección de posibles adulteraciones del aceite de oliva. Se han desarrollado diversos procedimientos para aislar y derivatizar estos compuestos.

En términos generales, los ácidos grasos son los componentes fundamentales y mayoritarios de un aceite o grasa. No se encuentran normalmente como ácidos grasos libres, cuando lo están es tan sólo en pequeñas cantidades, impartiendo a la grasa cierta acidez (determinación mediante grado de acidez). Normalmente los ácidos grasos están formando ésteres, habitualmente con la glicerina, para dar lugar a los glicéridos (mono, di y triacilgliceroles) y fosfátidos. También pueden formar ésteres con alcoholes grasos de estructura lineal (ceras) o terpénica (ésteres de terpenos y ésteres de esteroides).

El procedimiento más usual para derivatizar los ácidos grasos, antes de su análisis, es formando ésteres metílicos. Estos compuestos son más volátiles y apolares que los ácidos libres y por tanto más fáciles de eluir en las columnas cromatográficas.

La reacción que tiene lugar es la siguiente:



Esta reacción de interesterificación posee una cinética lenta, la presencia de agua disminuye el rendimiento y la velocidad de reacción. Para que la reacción sea efectiva es necesario acelerarla mediante catálisis y/o elevación de la temperatura. Los procedimientos más usuales para la preparación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se llevan a cabo en medio metanólico con catálisis alcalina, con catálisis ácida, con catálisis alcalina y ácida, o bien mediante metilación empleando diazometano.

En este trabajo la preparación de los mismos se llevó a cabo mediante metilación en medio metanólico con catálisis ácida. La misma consiste en tratar la muestra con una disolución metanólica de hidróxido potásico en caliente a reflujo. Posteriormente, se neutraliza y acidifica el medio con una disolución metanólica de ácido sulfúrico antes de ser calentado a reflujo. Este procedimiento garantiza la hidrólisis de los jabones (sales potásicas de los ácidos grasos) que pudieran haberse formado en la primera etapa y la esterificación de los ácidos libres. Transcurrida la reacción, la muestra se enfría a temperatura ambiente separándose dos fases, la fase orgánica (superior) contiene los ésteres metílicos listos para su análisis gascromatográfico.

La identificación y cuantificación de los ácidos grasos totales, como ésteres metílicos, se efectuó por cromatografía gaseosa. Los tiempos de retención relativos se consideraron en relación al del palmitato de metilo y el contenido de cada uno de los ácidos grasos identificados se expresó como valor porcentual en relación al contenido total de los mismos (Maestri *et al.*, 1998).

Índice de yodo (IY)

Este índice es el número de gramos de yodo que reaccionan con 1 gramo de lípidos, y es una medida del promedio de insaturaciones que contienen los aceites y las grasas. Será tanto mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa, utilizándose por ello para comprobar la pureza y la identidad de las grasas y aceites.

Se considera que un índice de yodo inferior a 100 es propio de grasas no secantes (aceites de oliva y maní); superior a 170, de aceites secantes (aceite de lino), y entre uno y otro están los aceites semisecantes (aceites de soja, girasol y algodón).

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Se determinó el índice de yodo teórico en base a los valores porcentuales de los ácidos grasos insaturados (Maestri *et al.*, 1998) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$IY = (\%Oleico \times 0.899) + (\%Linoleico \times 1.814) + (\%Linolénico \times 2.737)$$

Susceptibilidad oxidativa (SO)

Se estimó de acuerdo a Cert *et al.* (1996) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$SO = (\text{ácidos grasos monoinsaturados}) + (45 \times \text{ácido linoleico}) + (100 \times \text{ácido graso linolénico})$$

Análisis estadístico

La base informática utilizada fue el programa INFOSTAT versión 1.1. En cada una de las variables estudiadas se realizó en forma independiente el Análisis de varianza (ANAVA) entre épocas de cosecha para cada sistema de extracción, entre sistemas extractivos y entre campañas de producción para cada sistema de extracción. Asimismo se realizó un ANAVA con interacción entre las fuentes de variación sistema de extracción y año de producción, considerando solamente las épocas de cosecha que coincidieron en todos los años. En aquellos casos en donde se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$), se utilizó un test a posteriori de comparaciones múltiples (LSD).

Finalmente, para establecer correlaciones entre los parámetros químicos se utilizó el test de correlación de Pearson ($p \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Estudiar la influencia del año de cultivo y de la época de recolección de los frutos sobre los principales parámetros químicos reglamentados que determinan la calidad del aceite de oliva de la var. Arbequina cultivada en la provincia de Córdoba.

Índice de madurez (IM)

Los índices de madurez de los frutos de la var. *Arbequina* empleados para la extracción de los aceites oscilaron entre 2.35 – 4.22 (campaña 2001), 3.65 – 4.73 (campaña 2002) y 2.62 – 4.79 (campaña 2003). Los datos obtenidos en las diferentes fechas de cosecha se representan en la Tabla 5.

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Tabla 5: Índice de madurez y rendimiento de aceite (base seca) de frutos de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes campañas de producción a lo largo de la época de cosecha. Valores medios \pm error estándar (n = 6).

Época de cosecha (semanas)	Campaña de producción	Índice de madurez	Rendimiento de aceite (% base seca)
2001			
	Fecha		
1	04/05/01	3.51 \pm 0.53 ^a	43.8 \pm 0.33 ^c
2	09/05/01	4.22 \pm 0.31 ^a	48.5 \pm 0.08 ^d
3	16/05/01	3.41 \pm 0.31 ^a	43.5 \pm 0.42 ^{bc}
4	24/05/01	3.56 \pm 0.17 ^a	42.1 \pm 0.45 ^{ab}
5	30/05/01	3.81 \pm 0.27 ^a	40.5 \pm 0.41 ^a
6	07/06/01	3.91 \pm 0.11 ^a	44.0 \pm 1.05 ^c
Valores medios [‡]		3.74 \pm 0.13 ²	43.7 \pm 0.55 ²
2002			
	Fecha		
1	19/04/02	4.41 \pm 0.07 ^b	48.9 \pm 1.02 ^a
2	26/04/02	4.73 \pm 0.11 ^b	51.8 \pm 0.65 ^b
3	08/05/02	3.88 \pm 0.07 ^a	51.6 \pm 0.22 ^b
4	16/5/02	3.65 \pm 0.21 ^a	52.0 \pm 0.33 ^b
Valores medios [‡]		4.17 \pm 0.12 ³	51.1 \pm 0.43 ³
2003			
	Fecha		
1	16/04/03	2.62 \pm 0.18 ^a	41.3 \pm 1.09 ^a
2	24/04/03	2.97 \pm 0.33 ^{a,b}	41.1 \pm 1.79 ^a
3	07/05/03	2.94 \pm 0.25 ^{a,b}	39.3 \pm 1.45 ^a
4	16/05/03	3.12 \pm 0.09 ^{a,b}	41.8 \pm 0.39 ^a
5	22/05/03	3.09 \pm 0.26 ^{a,b}	40.5 \pm 2.29 ^a
6	29/05/03	3.55 \pm 0.05 ^b	44.0 \pm 3.79 ^a
7	04/06/03	4.79 \pm 0.19 ^c	41.4 \pm 1.28 ^a
Valores medios [‡]		3.30 \pm 0.15 ¹	41.3 \pm 0.71 ¹

Valores medios \pm error estándar (n = 6) del índice de madurez y rendimiento de aceite seguidos por letras diferentes, indican diferencias estadísticamente significativas entre épocas de cosecha para cada campaña de producción.

[‡] Valores medios \pm error estándar (n = 6) del índice de madurez y rendimiento de aceite seguidos por números diferentes, indican diferencias estadísticamente significativas entre campañas de producción.

A partir de los mismos puede afirmarse que la mayor parte de los frutos utilizados estuvieron comprendidos dentro del período de maduración, considerado como el tiempo transcurrido desde la aparición de las manchas violáceas (IM = 2) hasta la coloración definitiva de la piel (IM = 4) (Humanes, 1992), con una gran proporción de frutos en el final del envero (IM = 3). Hermoso *et al.* (1991) han observado que el aceite se encuentra totalmente formado cuando el índice de madurez alcanza valores próximos a 3.5, momento en que la mayoría de los frutos están en envero (clases 2 y 3) y algunos tienen la piel negra (clase 4 o superior). De acuerdo a estas observaciones las fechas de cosecha escogidas resultaron adecuadas para la obtención de frutos con índices de madurez considerados como óptimos, al menos en cuanto al contenido de aceite se refiere.

En relación a la evolución del índice de madurez, en la campaña 2003 se evidenció una tendencia creciente a medida que avanzaba la época de cosecha. Esta tendencia fue menos evidente en el año 2001. En el año 2002 no se observaron diferencias significativas en el índice de madurez entre fechas de cosecha y los valores obtenidos resultaron, en promedio, algo más elevados que los correspondientes a las campañas 2001 y 2003. Este hecho puede ser atribuido al bajo nivel de carga de los árboles en el año 2002 que pudo haber afectado la maduración de los frutos, resultando en un fenómeno inverso al observado por Hermoso *et al.* (1999). Estos autores han postulado que cuando la carga por ramo es muy alta, se retrasa la maduración como resultado de una inhibición parcial en la biosíntesis de antocianinas.

Rendimiento de aceite

La cantidad de aceite acumulado durante la maduración del fruto o en el momento de la recolección está determinado fundamentalmente por la variedad, pero presenta una elevada variabilidad en función de las condiciones de crecimiento, la edad, el clima y, en menor medida, la carga de frutos (Lavee, 1996).

Se ha indicado anteriormente que el aceite está completamente formado cuando el índice de madurez alcanza valores próximos a 3.5. De los datos informados en la Tabla 5, pudo constatarse que, dentro de cada campaña, el rendimiento de aceite sobre base seca presentó escasas diferencias entre fechas de cosecha. Estos datos permitieron inferir que el aceite se encontraba totalmente formado al momento de la primera fecha de cosecha y su cantidad se mantuvo prácticamente constante durante todo el periodo de recolección.

La influencia del año de cultivo fue mayor que la debida a la fecha de recolección (Tabla 13). El contenido graso de los frutos tuvo los valores más elevados durante la campaña 2002, coincidiendo con lo observado por Hermoso *et al.* (1999) quienes sostienen que los años de baja cosecha suelen presentar rendimientos grasos más altos que los obtenidos en años de mayor producción.

Grado de acidez (GA)

Este parámetro presentó un comportamiento errático a lo largo del periodo de recolección de los frutos (Tablas 6, 8, 10, 12 y 13). En la campaña 2001, e independientemente del sistema empleado para la extracción de los aceites, los valores de acidez estuvieron comprendidos entre 0.53 y 1.09. En el año 2002 se registraron valores entre 0.58 y 0.88. En la campaña 2003, el rango de valores observado fue de 0.75 y 1.36. En esta última campaña es en donde pudo visualizarse con mayor claridad una tendencia definida hacia un incremento en la acidez de los aceites a medida que se retrasaba la fecha de recolección (Tabla 10). Esta tendencia fue confirmada al encontrarse una correlación positiva estadísticamente significativa entre el grado de acidez y el índice de madurez de los frutos ($r = 0.48$, $p = 0.01$) durante esta última campaña. El mismo comportamiento ha sido observado para las variedades *Blanqueta*, *Arbequina* (García *et al.*,

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. 1996), *Picual*, *Hojiblanca* (Gutiérrez *et al.*, 1999) y *Cornicabra* (Salvador *et al.*, 2001) y ha sido atribuido a un incremento de la actividad enzimática, particularmente de enzimas lipolíticas, con el avance de la madurez del fruto (Martínez Suárez, 1973).

Índice de peróxidos (IP)

El índice de peróxidos fue significativamente afectado por el año de cultivo, mientras que la fecha de recolección y el sistema de extracción ejercieron una menor influencia sobre este parámetro (Tablas 6, 8, 10, 12 y 13).

El comportamiento de este parámetro no reflejó una tendencia definida (aumento o disminución) en función de la época de cosecha. En consecuencia, tampoco se observó una correlación significativa entre el índice de peróxidos de los aceites y el índice de madurez de los frutos.

Coefficientes de extinción K_{232} y K_{270}

El comportamiento de estos parámetros a través de las diferentes fechas de cosecha fue irregular y mostró una influencia significativa del año de cultivo (Tablas 6, 8, 10, 12 y 13).

El coeficiente de extinción K_{232} se correlacionó positivamente con el índice de madurez durante la segunda campaña de producción, la cual presentó los máximos valores para dicho parámetro ($r = 0.58$, $p = 0.02$). Este hecho podría deberse por una parte a la mayor actividad de enzimas lipolíticas a medida que avanza el estado de madurez de los frutos, lo cual produce un aumento en la acidez. Por otra parte, esto sería acompañado también por un aumento en la actividad de lipoxigenasas (Salvador *et al.*, 2001), las que al actuar sobre los ácidos grasos libres promueven la formación de dienos y trienos conjugados.

Contenido de pigmentos

Los contenidos de clorofilas, variaron entre 4.05 – 14.34 (campaña 2001), 2.89 – 15.87 (campaña 2002) y 3.59 – 13.63 (campaña 2003) (Tablas 6, 8, 10, 12 y 13). En general, la evolución del contenido de clorofilas mostró una tendencia decreciente a medida que avanzaba la época de recolección. Esta tendencia fue observada también para las variedades *Hojiblanca* (Mínguez-Mosquera *et al.*, 1991; Beltrán *et al.*, 2004), *Cornicabra* (Salvador *et al.*, 2001) y *Arbequina* cultivadas en España (Motilva *et al.*, 1998). El descenso en la concentración de clorofilas se explica por la acción de varias enzimas de degradación presentes en el fruto (Mínguez-Mosquera *et al.*, 1990) y provoca la atenuación del color verde de los aceites. Los valores absolutos observados fueron similares a los de los aceites de diferentes variedades que presentaron índices de madurez comprendidos dentro del rango determinado en este estudio.

Los pigmentos carotenoides presentaron valores comprendidos entre 2.13 – 5.51 (campaña 2001), 1.78 – 5.83 (campaña 2002) y 2.13 – 5.64 (campaña 2003). Aunque en general

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. también se observaron valores más bajos hacia finales del periodo de recolección, la tendencia fue menos notoria que en el caso de las clorofilas.

La distribución porcentual de pigmentos clorofílicos y carotenoides en los aceites obtenidos en los tres años de cultivo fue del 70 % y 30 %, respectivamente, manteniéndose una relación prácticamente constante a lo largo de las campañas de recolección (Tabla 12). Estos resultados coinciden con lo observado por Mínguez-Mosquera y Garrido-Fernández (1989) y Mínguez-Mosquera *et al.* (1991) quienes sostienen que las proporciones relativas de estos pigmentos permanecen sin cambios durante la maduración del fruto. Según Motilva *et al.* (1998) los dos tipos de pigmentos se encuentran en compartimentos individuales equilibrados en el interior de los cloroplastos, de manera que aunque su concentración disminuya conforme avanza el periodo de cosecha, su proporción relativa se mantiene más o menos constante.

Contenido de fenoles totales y o-difenoles

Aunque su valorización no está reglamentada, se considera como un nuevo criterio de calidad, constituyendo además una de las bases de la importancia nutricional de este aceite.

La concentración de compuestos fenólicos totales estuvo comprendida entre 161.95 – 373.51 (campaña 2001), 134.73 – 332.11 (campaña 2002) y 50.96 – 272.22 (campaña 2003). El año de cultivo fue la principal fuente de variación ya que explicó el 44.29 % de la variabilidad total (Tabla 13). En la campaña 2001, el mayor contenido de fenoles se alcanzó en la primera fecha de recolección, cuyos frutos tuvieron un índice de madurez de 3.5. En la campaña 2002, el máximo se observó en las fechas 3 y 4 con índices de madurez cercanos a 4. En el año 2003, se registraron valores más homogéneos pero notablemente inferiores a los de las restantes campañas.

Se ha señalado que los compuestos fenólicos del olivo presentan una fuerte influencia genotípica y son afectados significativamente por las condiciones climáticas de la zona de producción, especialmente por el régimen hídrico (Solinas, 1987; Salvador *et al.*, 1998; Uceda y Hermoso, 1999; Patumi *et al.*, 2002; Gómez-Rico *et al.*, 2007; Bedbabis *et al.*, 2010; Dabbou *et al.*, 2010; Fregapane *et al.*, 2010). En relación al primer punto, se sabe que las distintas variedades de olivo presentan contenidos máximos de fenoles en diferentes estadios de madurez de los frutos. De acuerdo a Uceda y Hermoso, en el caso de la var. *Arbequina* ese máximo se alcanza cuando el índice de madurez se encuentra en el rango 2.5 – 3.5. En los materiales utilizados en este trabajo, las mayores concentraciones de fenoles se obtuvieron con IM algo más elevados. Posiblemente, la influencia del ambiente explique estas diferencias, como así también la disminución observada en la campaña 2003. En este año el total de precipitaciones caídas desde el inicio y culminación de las fases II y III hasta la maduración propiamente del fruto (enero a junio) fue de 391 mm. En el mismo periodo de los años 2001 y 2002, se registraron 284 y 277 mm, respectivamente (Tabla 1). Salas *et al.* (1997), Beltrán *et al.* (2000) y Tovar *et al.* (2003), sostienen que el contenido de fenoles se incrementa bajo condiciones de estrés hídrico. Por otra parte,

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. Salvador *et al.* (1998) observaron que un mayor nivel de precipitaciones durante el periodo de crecimiento y maduración de los frutos, puede ocasionar una merma en la concentración de fenoles, posiblemente debido a un efecto de dilución.

La cuantificación de *o*-difenoles en los aceites arrojó valores comprendidos entre 4.07 – 26.00 (campaña 2001), 5.84 – 16.42 (campaña 2002) y 4.11 – 29.32 (campaña 2003). Este grupo de compuestos, responsables en gran medida de la estabilidad oxidativa de los aceites de oliva, exhibieron un comportamiento similar a lo largo de las campañas, con una tendencia a incrementarse a medida que se retrasaba la época de recolección de los frutos.

Composición acídica

Los porcentajes de los principales ácidos grasos (palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico) de los aceites analizados se muestran en las Tablas 7, 9 y 11. Además se hallaron cantidades traza (menores al 0.3 %) de los ácidos heptadecanoico, araquídico y eicosenoico.

Se observaron variaciones significativas entre las campañas de producción, siendo la principal fuente de variabilidad para los ácidos palmitoleico, esteárico y linoleico. También se encontraron diferencias entre fechas de cosecha para los ácidos palmítico, oleico y linoleico indicando que el estado de maduración de los frutos ejerce un efecto significativo sobre la concentración de los ácidos grasos mayoritarios del aceite de oliva.

En relación al año de producción, las diferencias más notables se observaron en la campaña 2003 en la cual se produjo un aumento significativo en el contenido de ácido oleico y disminución en el ácido linoleico (Tabla 11). Las concentraciones de ácido linolénico se mantuvieron constantes a lo largo de las tres campañas de producción, mientras que las de ácido palmitoleico registraron cambios menores. En consecuencia, los aceites de la campaña 2003 resultaron con los índices más bajos de susceptibilidad oxidativa.

No se observaron correlaciones estadísticamente significativas entre el índice de madurez de los frutos y los porcentajes de los ácidos grasos individuales para las campañas de producción 2001 y 2002. En la campaña 2003 se encontró una correlación positiva ($r = 0.51$, $p = 0.01$) entre el índice de madurez y el porcentaje de ácido oleico. Este resultado coincide con lo observado por Beltrán *et al.* (2004) quienes sostienen que en frutos con índices de madurez comprendidos entre 1 y 4 y conforme avanza la maduración, el contenido de ácido oleico se incrementa.

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Tabla 6: Valores medios del grado de acidez (% ácido oleico), índice de peróxidos (meq oxígeno/kg), coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270} , pigmentos clorofílicos y carotenoides (mg/kg), relación carotenoides/clorofilas, fenoles totales (mg/kg) y *o*-difenoles totales (mg/kg) de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes fechas de cosecha (Año: 2001) y mediante dos sistemas de extracción. Valores medios \pm error estándar (n = 6).

Parámetros	SE [†]	Fecha de cosecha						X
		1	2	3	4	5	6	
Grado de acidez (% ácido oleico)	P	0.61 \pm 0.004 ^A	0.71 \pm 0.02 ^B	1.62 \pm 0.03 ^F	0.82 \pm 0.01 ^C	1.15 \pm 0.02 ^D	1.27 \pm 0.01 ^E	1.03 \pm 0.09 ²
	C	0.88 \pm 0.01 ^E	0.77 \pm 0.01 ^D	0.55 \pm 0.01 ^C	0.24 \pm 0.005 ^A	0.45 \pm 0.003 ^B	0.55 \pm 0.004 ^C	0.57 \pm 0.05 ¹
	X	0.75 \pm 0.06 ^a	0.74 \pm 0.02 ^a	1.09 \pm 0.24 ^a	0.53 \pm 0.13 ^a	0.80 \pm 0.16 ^a		0.91 \pm 0.16 ^a
Índice de peróxidos (meq oxígeno/kg)	P	11.3 \pm 0.67 ^A	9.27 \pm 0.64 ^A	9.27 \pm 0.64 ^A	11.3 \pm 1.37 ^A	9.95 \pm 1.20 ^A	11.3 \pm 0.73 ^A	10.4 \pm 0.39 ¹
	C	9.9 \pm 0.07 ^A		10.6 \pm 0.59 ^A	11.2 \pm 1.24 ^A	10.0 \pm 0.001 ^A	10.6 \pm 0.59 ^A	11.9 \pm 0.08 ^A
	X	10.6 \pm 0.43 ^a	9.93 \pm 0.49 ^a	10.2 \pm 0.76 ^a	10.4 \pm 0.67 ^a	10.3 \pm 0.61 ^a		11.6 \pm 0.36 ^a
K_{270}	P	0.21 \pm 0.01 ^A	0.20 \pm 0.01 ^A	0.29 \pm 0.01 ^B	0.26 \pm 0.01 ^B	0.29 \pm 0.01 ^B	0.27 \pm 0.03 ^B	0.25 \pm 0.01 ²
	C	0.18 \pm 0.02 ^{BC}	0.17 \pm 0.005 ^{AB}	0.15 \pm 0.003 ^A	0.20 \pm 0.003 ^{DE}	0.19 \pm 0.003 ^{CD}	0.22 \pm 0.01 ^E	0.19 \pm 0.01 ¹
	X	0.20 \pm 0.01 ^a	0.18 \pm 0.01 ^a	0.22 \pm 0.03 ^a	0.23 \pm 0.01 ^a	0.24 \pm 0.02 ^a		0.25 \pm 0.02 ^a
K_{232}	P	2.00 \pm 0.03 ^B	1.90 \pm 0.01 ^A	2.22 \pm 0.02 ^{CD}	2.16 \pm 0.03 ^C	2.16 \pm 0.01 ^C	2.26 \pm 0.05 ^D	2.12 \pm 0.03 ²
	C	1.94 \pm 0.02 ^{AB}	2.01 \pm 0.04 ^{BC}	1.87 \pm 0.01 ^A	2.12 \pm 0.07 ^{CD}	2.05 \pm 0.02 ^{BC}	2.19 \pm 0.02 ^D	2.03 \pm 0.03 ¹
	X	1.97 \pm 0.02 ^a	1.96 \pm 0.03 ^a	2.04 \pm 0.08 ^{ab}	2.14 \pm 0.04 ^{bc}	2.10 \pm 0.03 ^{bc}	2.23 \pm 0.03 ^c	
Clorofilas (mg/kg)	P	14.4 \pm 2.44 ^A	14.3 \pm 0.13 ^A	11.6 \pm 0.34 ^A	11.4 \pm 0.13 ^A	10.8 \pm 0.19 ^A	10.0 \pm 0.06 ^A	12.1 \pm 0.59 ²
	C	5.38 \pm 1.48 ^A	4.42 \pm 1.53 ^A	4.05 \pm 0.46 ^A	6.31 \pm 2.74 ^A	4.29 \pm 1.29 ^A	5.12 \pm 0.14 ^A	4.93 \pm 0.52 ¹
	X	9.86 \pm 2.84 ^a	9.35 \pm 2.91 ^a	7.82 \pm 2.19 ^a	8.84 \pm 1.84 ^a	7.53 \pm 1.95 ^a		7.57 \pm 1.42 ^a
Carotenoides (mg/kg)	P	5.51 \pm 1.15 ^A	5.44 \pm 0.10 ^A	4.37 \pm 0.15 ^A	4.85 \pm 0.27 ^A	4.06 \pm 0.04 ^A	3.62 \pm 0.37 ^A	4.64 \pm 0.26 ²
	C	2.99 \pm 0.95 ^A	2.62 \pm 0.83 ^A	2.15 \pm 0.19 ^A	3.16 \pm 0.83 ^A	2.49 \pm 0.09 ^A	2.13 \pm 0.16 ^A	2.59 \pm 0.22 ¹
	X	4.25 \pm 0.95 ^a	4.03 \pm 0.88 ^a	3.26 \pm 0.65 ^a	4.00 \pm 0.61 ^a	3.27 \pm 0.46 ^a		2.88 \pm 0.46 ^a
Carotenoides/clorofilas	P	0.38 \pm 0.02 ^A	0.38 \pm 0.003 ^A	0.38 \pm 0.002 ^A	0.43 \pm 0.03 ^A	0.38 \pm 0.003 ^A	0.36 \pm 0.03 ^A	0.38 \pm 0.01 ¹
	C	0.55 \pm 0.03 ^A	0.60 \pm 0.02 ^A	0.54 \pm 0.11 ^A	0.55 \pm 0.10 ^A	0.65 \pm 0.22 ^A	0.42 \pm 0.02 ^A	0.55 \pm 0.04 ²
	X	0.47 \pm 0.05 ^a	0.49 \pm 0.06 ^a	0.46 \pm 0.07 ^a	0.49 \pm 0.06 ^a	0.51 \pm 0.12 ^a		0.39 \pm 0.02 ^a
Fenoles (mg/kg)	P	321.7 \pm 125.4 ^A	207.5 \pm 21.1 ^A	221.3 \pm 16.2 ^A	209.6 \pm 19.1 ^A	252.6 \pm 3.88 ^A	299.76 \pm 15.2 ^A	252.1 \pm 21.2 ¹
	C	373.1 \pm 14.7 ^C	292.6 \pm 5.7 ^B	285.2 \pm 26.7 ^B	186.4 \pm 26.2 ^A	161.9 \pm 12.4 ^A	272.22 \pm 34.9 ^B	262.0 \pm 18.7 ¹
	X	347.6 \pm 57.6 ^c	250.0 \pm 21.4 ^{ab}	253.2 \pm 20.0 ^{ab}	198.1 \pm 15.4 ^a	207.3 \pm 21.1 ^{ab}	285.99 \pm 18.1 ^{bc}	
<i>o</i> -Difenoles (mg/kg)	P	4.07 \pm 0.92 ^A	6.77 \pm 0.93 ^A	17.2 \pm 2.42 ^B	18.2 \pm 1.91 ^B	16.5 \pm 1.22 ^B	26.0 \pm 2.03 ^C	14.8 \pm 1.88 ¹
	C	7.28 \pm 2.00 ^A	16.2 \pm 2.11 ^{BC}	11.4 \pm 1.41 ^{AB}	14.8 \pm 1.75 ^{BC}	17.1 \pm 1.59 ^{CD}	21.9 \pm 1.85 ^D	14.8 \pm 1.27 ¹
	X	5.67 \pm 1.22 ^a	11.5 \pm 2.35 ^b	14.3 \pm 1.81 ^{bc}	16.5 \pm 1.39 ^c	16.8 \pm 0.91 ^c		24.0 \pm 1.53 ^d

[†] P: prensado; C: centrifugación en dos fases, X: valores medios.

Las letras a, b, c y d indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente del sistema de extracción (p \leq 0.05).

Las letras A, B, C y D indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente para cada sistema de extracción (p \leq 0.05).

Los números 1 y 2 indican diferencias estadísticamente significativas entre sistema de extracción independientemente de la fecha de cosecha (p \leq 0.05).

Tabla 7: Composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes fechas de cosecha (Año: 2001) y mediante dos sistemas de extracción. Valores medios \pm error estándar (n = 6).

Parámetros	SE [‡]	Fecha de cosecha						X
		1	2	3	4	5	6	
Palmítico	P	18.0 \pm 0.06 ^D	18.1 \pm 0.19 ^D	17.5 \pm 0.23 ^C	16.0 \pm 0.28 ^A	17.3 \pm 0.08 ^C	16.7 \pm 0.05 ^B	17.3 \pm 0.19 ¹
	C	19.9 \pm 0.14 ^E	19.2 \pm 0.07 ^D	18.5 \pm 0.17 ^C	19.5 \pm 0.06 ^{DE}	16.2 \pm 0.12 ^A	17.4 \pm 0.30 ^B	18.5 \pm 0.32 ²
	X	19.0 \pm 0.41 ^c	18.7 \pm 0.26 ^c	18.0 \pm 0.27 ^{bc}	17.8 \pm 0.79 ^{abc}	16.8 \pm 0.26 ^a	17.0 \pm 0.21 ^{ab}	
Palmitoleico	P	2.50 \pm 0.07 ^{AB}	2.60 \pm 0.02 ^{BC}	2.39 \pm 0.02 ^A	2.47 \pm 0.08 ^{AB}	2.65 \pm 0.04 ^C	2.55 \pm 0.02 ^{BC}	2.53 \pm 0.03 ¹
	C	2.96 \pm 0.04 ^C	2.53 \pm 0.12 ^B	2.57 \pm 0.05 ^B	3.09 \pm 0.03 ^C	2.04 \pm 0.14 ^A	2.66 \pm 0.07 ^B	2.64 \pm 0.09 ¹
	X	2.73 \pm 0.11 ^a	2.57 \pm 0.06 ^a	2.48 \pm 0.05 ^a	2.78 \pm 0.14 ^a	2.35 \pm 0.15 ^a	2.60 \pm 0.04 ^a	
Estearico	P	1.25 \pm 0.03 ^B	1.27 \pm 0.03 ^B	1.21 \pm 0.23 ^B	0.73 \pm 0.07 ^A	1.11 \pm 0.10 ^B	1.24 \pm 0.07 ^B	1.13 \pm 0.06 ¹
	C	1.26 \pm 0.03 ^B	1.29 \pm 0.06 ^B	1.44 \pm 0.04 ^B	1.25 \pm 0.004 ^B	1.38 \pm 0.09 ^B	0.75 \pm 0.20 ^A	1.23 \pm 0.06 ¹
	X	1.25 \pm 0.02 ^a	1.28 \pm 0.03 ^a	1.32 \pm 0.12 ^a	0.99 \pm 0.12 ^a	1.24 \pm 0.08 ^a	0.99 \pm 0.14 ^a	
Oleico	P	56.5 \pm 0.07 ^A	59.3 \pm 0.08 ^B	59.9 \pm 0.28 ^{BC}	61.7 \pm 0.97 ^{CD}	60.8 \pm 0.04 ^D	61.7 \pm 0.07 ^D	60.0 \pm 0.46 ²
	C	53.0 \pm 0.16 ^A	54.8 \pm 0.03 ^B	58.6 \pm 0.14 ^C	55.3 \pm 0.08 ^B	61.8 \pm 0.28 ^D	58.9 \pm 0.32 ^C	57.1 \pm 0.73 ¹
	X	54.8 \pm 0.77 ^a	57.0 \pm 1.01 ^{ab}	59.2 \pm 0.34 ^{bcd}	58.5 \pm 1.49 ^{bc}	61.3 \pm 0.26 ^d	60.3 \pm 0.63 ^{cd}	
Linoleico	P	21.1 \pm 0.04 ^B	17.6 \pm 0.64 ^A	18.2 \pm 0.71 ^A	18.0 \pm 0.92 ^A	17.3 \pm 0.08 ^A	17.1 \pm 0.03 ^A	18.2 \pm 0.37 ¹
	C	22.1 \pm 0.33 ^D	21.2 \pm 0.22 ^C	18.2 \pm 0.26 ^A	20.1 \pm 0.10 ^B	17.5 \pm 0.11 ^A	19.6 \pm 0.39 ^B	19.8 \pm 0.40 ²
	X	21.6 \pm 0.27 ^c	19.4 \pm 0.86 ^b	18.2 \pm 0.34 ^{ab}	19.0 \pm 0.63 ^b	17.4 \pm 0.07 ^a	18.4 \pm 0.58 ^{ab}	
Linolénico	P	0.67 \pm 0.03 ^A	0.70 \pm 0.01 ^A	0.71 \pm 0.01 ^A	1.13 \pm 0.41 ^A	0.72 \pm 0.02 ^A	0.72 \pm 0.03 ^A	0.77 \pm 0.07 ¹
	C	0.81 \pm 0.01 ^{AB}	0.92 \pm 0.02 ^{BC}	0.70 \pm 0.003 ^A	0.76 \pm 0.002 ^{AB}	1.03 \pm 0.15 ^C	0.65 \pm 0.01 ^A	0.81 \pm 0.04 ¹
	X	0.74 \pm 0.03 ^a	0.81 \pm 0.05 ^a	0.70 \pm 0.01 ^a	0.94 \pm 0.20 ^a	0.87 \pm 0.10 ^a	0.68 \pm 0.02 ^a	

[‡] P: prensado; C: centrifugación en dos fases, X: valores medios.

Las letras a, b, c y d indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente del sistema de extracción ($p \leq 0.05$).

Las letras A, B, C y D indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente para cada sistema de extracción ($p \leq 0.05$).

Los números 1 y 2 indican diferencias estadísticamente significativas entre sistema de extracción independientemente de la fecha de cosecha ($p \leq 0.05$).

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Continuación. Tabla 7: Ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (%), relación monoinsaturados/poliinsaturados (AM/AP), índice de yodo y susceptibilidad oxidativa de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes fechas de cosecha (Año: 2001) y mediante dos sistemas de extracción. Valores medios \pm error estándar (n = 6).

Parámetros	SE [‡]	Fecha de cosecha						X
		1	2	3	4	5	6	
Índice de yodo	P	93.3 \pm 0.09 ^A	89.8 \pm 1.11 ^A	91.3 \pm 1.02 ^A	93.6 \pm 1.85 ^A	90.8 \pm 0.23 ^A	91.0 \pm 0.01 ^A	91.6 \pm 0.47 ¹
	C	92.9 \pm 0.42 ^C	92.8 \pm 0.32 ^C	90.1 \pm 0.40 ^A	91.3 \pm 0.15 ^B	92.2 \pm 0.23 ^{BC}	93.0 \pm 0.44 ^C	92.1 \pm 0.28 ¹
	X	93.1 \pm 0.21 ^a	91.3 \pm 0.85 ^a	90.7 \pm 0.56 ^a	92.5 \pm 0.97 ^a	91.5 \pm 0.35 ^a	92.0 \pm 0.48 ^a	
Ácidos monoinsaturados (AM)	P	59.0 \pm 0.05 ^A	61.9 \pm 0.09 ^B	62.3 \pm 0.30 ^{BC}	64.1 \pm 1.04 ^D	63.5 \pm 0.06 ^{CD}	64.2 \pm 0.06 ^D	62.5 \pm 0.46 ²
	C	56.0 \pm 0.17 ^A	57.3 \pm 0.12 ^B	61.1 \pm 0.09 ^D	58.4 \pm 0.06 ^C	63.9 \pm 0.17 ^E	61.6 \pm 0.39 ^D	59.7 \pm 0.66 ¹
	X	57.5 \pm 0.67 ^a	59.6 \pm 1.03 ^{ab}	61.7 \pm 0.30 ^{bcd}	61.3 \pm 1.37 ^{bc}	63.7 \pm 0.12 ^d	62.9 \pm 0.62 ^{cd}	
Ácidos poliinsaturados (AP)	P	21.7 \pm 0.04 ^B	18.3 \pm 0.65 ^A	19.0 \pm 0.69 ^A	19.1 \pm 1.33 ^A	18.1 \pm 0.09 ^A	17.8 \pm 0.01 ^A	19.0 \pm 0.39 ¹
	C	22.9 \pm 0.32 ^C	22.2 \pm 0.23 ^C	18.9 \pm 0.25 ^A	20.9 \pm 0.10 ^B	18.5 \pm 0.15 ^A	20.3 \pm 0.39 ^B	20.6 \pm 0.39 ²
	X	22.3 \pm 0.29 ^c	20.2 \pm 0.91 ^b	18.9 \pm 0.33 ^{ab}	20.0 \pm 0.71 ^b	18.3 \pm 0.13 ^a	19.0 \pm 0.57 ^{ab}	
AM/AP	P	2.71 \pm 0.01 ^A	3.38 \pm 0.13 ^B	3.30 \pm 0.13 ^B	3.39 \pm 0.27 ^B	3.51 \pm 0.01 ^B	3.60 \pm 0.01 ^B	3.32 \pm 0.08 ²
	C	2.45 \pm 0.04 ^A	2.59 \pm 0.03 ^A	3.24 \pm 0.05 ^D	2.80 \pm 0.02 ^B	3.45 \pm 0.04 ^E	3.04 \pm 0.07 ^C	2.93 \pm 0.09 ¹
	X	2.58 \pm 0.06 ^a	2.98 \pm 0.19 ^b	3.27 \pm 0.06 ^{bc}	3.10 \pm 0.18 ^b	3.48 \pm 0.02 ^c	3.32 \pm 0.13 ^{bc}	
Susceptibilidad oxidativa	P	1074.1 \pm 2.96 ^A	925.6 \pm 29.5 ^A	954.5 \pm 30.2 ^A	986.2 \pm 81.6 ^A	916.1 \pm 4.59 ^A	906.6 \pm 2.27 ^A	960.5 \pm 18.9 ¹
	C	1129.3 \pm 13.5 ^C	1105. \pm 11.1 ^C	948.7 \pm 11.4 ^A	1038.8 \pm 4.47 ^B	954.8 \pm 13.3 ^A	1008.9 \pm 17.1 ^B	1030.9 \pm 17.2 ²
	X	1101.7 \pm 13.8 ^c	1015.3 \pm 42.5 ^b	951.6 \pm 14.5 ^{ab}	1012.5 \pm 38.4 ^{ab}	935.5 \pm 10.7 ^a	957.8 \pm 24.2 ^{ab}	

‡ P: prensado; C: centrifugación en dos fases, X: valores medios.

Las letras a, b, c y d indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente del sistema de extracción ($p \leq 0.05$).

Las letras A, B, C y D indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente para cada sistema de extracción ($p \leq 0.05$).

Los números 1 y 2 indican diferencias estadísticamente significativas entre sistema de extracción independientemente de la fecha de cosecha ($p \leq 0.05$).

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Tabla 8: Valores medios del grado de acidez (% ácido oleico), índice de peróxidos (meq oxígeno/kg), coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270} , pigmentos clorofílicos y carotenoides (mg/kg), relación carotenoides/clorofilas, fenoles totales (mg/kg) y *o*-difenoles totales (mg/kg) de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes fechas de cosecha (Año: 2002) y mediante dos sistemas de extracción. Valores medios \pm error estándar (n = 6).

Parámetros	SE [‡]	Fecha de cosecha				X
		1	2	3	4	
Grado de acidez (% ácido oleico)	P	0.86 \pm 0.01 ^A	0.85 \pm 0.02 ^A	0.87 \pm 0.07 ^A	0.81 \pm 0.01 ^A	0.85 \pm 0.02 ¹
	C	0.31 \pm 0.01 ^A	0.91 \pm 0.02 ^B	0.75 \pm 0.04 ^B	0.88 \pm 0.002 ^B	0.72 \pm 0.09 ¹
	X	0.58 \pm 0.16 ^a	0.88 \pm 0.02 ^a	0.83 \pm 0.05 ^a	0.84 \pm 0.02 ^a	
Índice de peróxidos (meq oxígeno/kg)	P	17.6 \pm 0.35 ^A	12.7 \pm 0.98 ^A	15.4 \pm 1.92 ^A	14.9 \pm 0.37 ^A	15.2 \pm 0.78 ¹
	C	9.71 \pm 0.09 ^A	16.8 \pm 0.82 ^B	15.2 \pm 0.59 ^B	10.8 \pm 0.77 ^A	13.3 \pm 1.19 ¹
	X	13.7 \pm 2.30 ^a	14.8 \pm 1.29 ^a	15.6 \pm 0.80 ^a	12.8 \pm 1.23 ^a	
K_{270}	P	0.22 \pm 0.005 ^A	0.22 \pm 0.002 ^A	0.22 \pm 0.01 ^A	0.21 \pm 0.005 ^A	0.22 \pm 0.003 ²
	C	0.18 \pm 0.01 ^B	0.12 \pm 0.001 ^A	0.13 \pm 0.01 ^A	0.11 \pm 0.002 ^A	0.13 \pm 0.01 ¹
	X	0.20 \pm 0.01 ^a	0.17 \pm 0.03 ^a	0.18 \pm 0.03 ^a	0.16 \pm 0.03 ^a	
K_{232}	P	2.28 \pm 0.003 ^A	2.26 \pm 0.02 ^A	2.31 \pm 0.02 ^A	2.28 \pm 0.01 ^A	2.28 \pm 0.01 ¹
	C	2.34 \pm 0.02 ^C	2.25 \pm 0.01 ^B	2.21 \pm 0.02 ^B	2.03 \pm 0.02 ^A	2.20 \pm 0.04 ¹
	X	2.31 \pm 0.02 ^a	2.25 \pm 0.01 ^a	2.24 \pm 0.04 ^a	2.16 \pm 0.07 ^a	
Clorofilas (mg/kg)	P	15.9 \pm 4.51 ^A	14.9 \pm 0.26 ^A	13.23 \pm 0.39 ^A	14.7 \pm 1.55 ^A	14.7 \pm 0.97 ²
	C	3.90 \pm 0.67 ^A	2.89 \pm 0.24 ^A	5.04 \pm 0.88 ^A	9.05 \pm 0.08 ^B	5.09 \pm 0.97 ¹
	X	9.88 \pm 3.92 ^a	8.90 \pm 3.47 ^a	8.87 \pm 2.63 ^a	11.9 \pm 1.74 ^a	
Carotenoides (mg/kg)	P	5.83 \pm 2.23 ^A	5.25 \pm 0.13 ^A	4.72 \pm 0.23 ^A	5.26 \pm 0.78 ^A	5.26 \pm 0.47 ²
	C	2.04 \pm 0.15 ^A	1.78 \pm 0.09 ^A	2.17 \pm 0.18 ^A	3.99 \pm 0.07 ^B	2.44 \pm 0.35 ¹
	X	3.94 \pm 1.42 ^a	3.52 \pm 1.00 ^a	3.33 \pm 0.81 ^a	4.63 \pm 0.49 ^a	
Carotenoides/ clorofilas	P	0.36 \pm 0.04 ^A	0.35 \pm 0.003 ^A	0.36 \pm 0.01 ^A	0.36 \pm 0.02 ^A	0.36 \pm 0.01 ¹
	C	0.53 \pm 0.05 ^A	0.62 \pm 0.02 ^A	0.46 \pm 0.06 ^A	0.44 \pm 0.004 ^A	0.52 \pm 0.04 ²
	X	0.44 \pm 0.06 ^a	0.49 \pm 0.08 ^a	0.42 \pm 0.06 ^a	0.40 \pm 0.02 ^a	
Fenoles (mg/kg)	P	134.7 \pm 4.21 ^A	167.5 \pm 3.97 ^C	151.8 \pm 3.59 ^B	151.3 \pm 1.12 ^B	151.3 \pm 4.57 ¹
	C	192.4 \pm 1.90 ^A	226.5 \pm 5.95 ^B	332.1 \pm 25.96 ^C	318.3 \pm 7.79 ^D	256.9 \pm 19.02 ²
	X	163.6 \pm 16.76 ^a	197.0 \pm 17.3 ^a	221.1 \pm 40.13 ^a	232.8 \pm 48.3 ^a	
<i>o</i> -Difenoles (mg/kg)	P	5.84 \pm 0.18 ^A	7.27 \pm 0.07 ^B	8.43 \pm 0.11 ^C	7.18 \pm 0.05 ^B	7.18 \pm 0.35 ¹
	C	8.42 \pm 0.12 ^A	12.9 \pm 0.10 ^C	16.1 \pm 3.43 ^B	16.4 \pm 0.69 ^D	12.0 \pm 1.15 ²
	X	7.13 \pm 0.75 ^a	10.1 \pm 1.63 ^a	9.30 \pm 0.52 ^a	11.8 \pm 2.68 ^a	

[‡] P: prensado; C: centrifugación en dos fases, X: valores medios.

Las letras a, b, c y d indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente del sistema de extracción ($p \leq 0.05$).

Las letras A, B, C y D indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente para cada sistema de extracción ($p \leq 0.05$).

Los números 1 y 2 indican diferencias estadísticamente significativas entre sistema de extracción independientemente de la fecha de cosecha ($p \leq 0.05$).

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Tabla 9: Composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos), de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (%), relación monoinsaturados/poliinsaturados (AM/AP), índice de yodo y susceptibilidad oxidativa de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes fechas de cosecha (Año: 2002) y mediante dos sistemas de extracción. Valores medios \pm error estándar (n = 6).

Parámetros	SE [‡]	Fecha de cosecha				X
		1	2	3	4	
Palmítico	P	19.1 \pm 0.08 ^B	18.2 \pm 0.13 ^A	19.6 \pm 0.19 ^C	18.9 \pm 0.05 ^B	18.9 \pm 0.20 ¹
	C	19.4 \pm 0.08 ^B	19.6 \pm 0.15 ^B	20.2 \pm 0.20 ^B	18.4 \pm 0.34 ^A	19.3 \pm 0.20 ¹
	X	19.2 \pm 0.11 ^{ab}	18.9 \pm 0.42 ^a	19.8 \pm 0.21 ^b	18.6 \pm 0.22 ^b	
Palmitoleico	P	2.92 \pm 0.01 ^C	2.59 \pm 0.002 ^A	2.83 \pm 0.01 ^B	2.80 \pm 0.02 ^B	2.78 \pm 0.05 ¹
	C	3.01 \pm 0.16 ^A	3.11 \pm 0.01 ^A	3.23 \pm 0.08 ^A	2.75 \pm 0.16 ^A	3.00 \pm 0.07 ²
	X	2.96 \pm 0.07 ^a	2.85 \pm 0.15 ^a	2.97 \pm 0.09 ^a	2.77 \pm 0.07 ^a	
Estearico	P	1.54 \pm 0.003 ^A	1.59 \pm 0.0004 ^C	1.60 \pm 0.003 ^C	1.58 \pm 0.002 ^B	1.58 \pm 0.01 ¹
	C	1.57 \pm 0.03 ^A	1.54 \pm 0.04 ^A	1.56 \pm 0.02 ^A	1.98 \pm 0.44 ^A	1.67 \pm 0.11 ¹
	X	1.56 \pm 0.01 ^a	1.57 \pm 0.02 ^a	1.59 \pm 0.01 ^a	1.78 \pm 0.22 ^a	
Oleico	P	59.9 \pm 0.04 ^C	61.5 \pm 0.12 ^D	56.0 \pm 0.16 ^A	59.1 \pm 0.11 ^B	59.1 \pm 0.75 ²
	C	54.3 \pm 0.76 ^A	53.1 \pm 0.14 ^A	52.2 \pm 0.83 ^A	56.6 \pm 0.08 ^B	54.4 \pm 0.53 ¹
	X	57.1 \pm 1.66 ^a	57.3 \pm 2.41 ^a	54.8 \pm 0.72 ^a	57.8 \pm 0.74 ^a	
Linoleico	P	15.7 \pm 0.07 ^A	15.4 \pm 0.26 ^A	19.1 \pm 0.01 ^C	16.7 \pm 0.06 ^B	16.7 \pm 0.56 ¹
	C	20.9 \pm 0.55 ^B	21.9 \pm 0.05 ^B	22.0 \pm 0.64 ^B	19.4 \pm 0.08 ^A	20.8 \pm 0.35 ²
	X	18.3 \pm 1.52 ^a	18.6 \pm 1.88 ^a	20.0 \pm 0.50 ^a	18.1 \pm 0.78 ^a	
Linolénico	P	0.81 \pm 0.02 ^A	0.81 \pm 0.01 ^A	0.83 \pm 0.01 ^A	0.82 \pm 0.0003 ^A	0.82 \pm 0.01 ¹
	C	0.78 \pm 0.01 ^A	0.78 \pm 0.01 ^A	0.85 \pm 0.01 ^A	0.90 \pm 0.05 ^A	0.83 \pm 0.02 ¹
	X	0.80 \pm 0.01 ^a	0.80 \pm 0.01 ^a	0.83 \pm 0.01 ^a	0.86 \pm 0.03 ^a	
Índice de yodo	P	87.6 \pm 0.11 ^A	88.0 \pm 0.34 ^{AB}	90.2 \pm 0.19 ^C	88.6 \pm 0.03 ^B	88.6 \pm 0.39 ¹
	C	91.9 \pm 0.50 ^A	92.7 \pm 0.22 ^A	92.3 \pm 0.52 ^A	91.3 \pm 0.06 ^A	91.8 \pm 0.23 ²
	X	89.7 \pm 1.28 ^a	90.3 \pm 1.37 ^a	90.8 \pm 0.39 ^a	90.0 \pm 0.80 ^a	
Ácidos monoinsaturados (AM)	P	62.8 \pm 0.03 ^C	64.0 \pm 0.12 ^D	58.7 \pm 0.18 ^A	61.9 \pm 0.09 ^B	61.9 \pm 0.73 ²
	C	57.3 \pm 0.60 ^A	56.2 \pm 0.13 ^A	55.4 \pm 0.77 ^A	59.3 \pm 0.24 ^B	57.4 \pm 0.47 ¹
	X	60.1 \pm 1.62 ^a	60.1 \pm 2.26 ^a	57.8 \pm 0.65 ^a	60.6 \pm 0.76 ^a	
Ácidos poliinsaturados (AP)	P	16.5 \pm 0.06 ^A	16.2 \pm 0.25 ^A	20.0 \pm 0.01 ^C	17.6 \pm 0.06 ^B	17.6 \pm 0.56 ¹
	C	21.7 \pm 0.56 ^B	22.7 \pm 0.05 ^B	22.8 \pm 0.64 ^B	20.3 \pm 0.14 ^A	21.6 \pm 0.33 ²
	X	19.1 \pm 1.51 ^a	19.4 \pm 1.87 ^a	20.8 \pm 0.50 ^a	19.0 \pm 0.80 ^a	
AM/AP	P	3.80 \pm 0.01 ^C	3.96 \pm 0.07 ^D	2.95 \pm 0.01 ^A	3.53 \pm 0.02 ^B	3.56 \pm 0.15 ²
	C	2.64 \pm 0.10 ^A	2.48 \pm 0.00005 ^A	2.44 \pm 0.10 ^A	2.92 \pm 0.03 ^B	2.66 \pm 0.06 ¹
	X	3.22 \pm 0.34 ^a	3.22 \pm 0.43 ^a	2.78 \pm 0.10 ^a	3.22 \pm 0.18 ^a	
Susceptibilidad oxidativa	P	852.1 \pm 1.57 ^A	837.2 \pm 10.7 ^A	1003.1 \pm 1.18 ^C	897.5 \pm 2.66 ^B	897.5 \pm 24.6 ¹
	C	1077.9 \pm 25.1 ^B	1119.1 \pm 2.9 ^B	1129.2 \pm 28.6 ^B	1024.6 \pm 8.91 ^A	1075.3 \pm 13.7 ²
	X	965.0 \pm 66.0 ^a	978.2 \pm 81.5 ^a	1041.4 \pm 22.1 ^a	961.0 \pm 36.9 ^a	

‡ P: prensado; C: centrifugación en dos fases, X: valores medios.

Las letras a, b, c y d indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente del sistema de extracción ($p \leq 0.05$).

Las letras A, B, C y D indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente para cada sistema de extracción ($p \leq 0.05$).

Los números 1 y 2 indican diferencias estadísticamente significativas entre sistema de extracción independientemente de la fecha de cosecha ($p \leq 0.05$).

Tabla 10: Valores medios del grado de acidez (% ácido oleico), índice de peróxidos (meq oxígeno/kg), coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270} , pigmentos clorofílicos y carotenoides (mg/kg), relación carotenoides/clorofilas, fenoles totales (mg/kg) y o-difenoles totales (mg/kg) de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes fechas de cosecha (Año: 2003) y mediante dos sistemas de extracción. Valores medios \pm error estándar (n = 6).

Parámetros	SE	Fecha de cosecha						X	
		1	2	3	4	5	6		7
Grado de acidez (% ácido oleico)	P	1.08 \pm 0.01 ^A	1.30 \pm 0.01 ^C	1.27 \pm 0.02 ^C	1.09 \pm 0.01 ^A	1.34 \pm 0.01 ^D	1.18 \pm 0.01 ^B	1.18 \pm 0.01 ^B	1.20 \pm 0.10 ²
	C	0.42 \pm 0.01 ^A	0.52 \pm 0.01 ^B	0.81 \pm 0.01 ^C	0.48 \pm 0.01 ^{AB}	0.45 \pm 0.003 ^F	0.55 \pm 0.004 ^D	1.18 \pm 0.06 ^D	0.85 \pm 0.38 ¹
	X	0.75 \pm 0.19 ^a	0.91 \pm 0.23 ^{ab}	1.04 \pm 0.13 ^{abc}	0.78 \pm 0.17 ^{ab}	1.36 \pm 0.02 ^c	1.17 \pm 0.01 ^{bc}	1.18 \pm 0.05 ^{bc}	
Índice de peróxidos (meq oxígeno/kg)	P	10.4 \pm 0.60 ^A	10.3 \pm 0.49 ^A	9.90 \pm 0.10 ^A	6.08 \pm 0.59 ^A	9.90 \pm 0.10 ^A	10.05 \pm 0.05 ^A	12.90 \pm 3.10 ^A	9.93 \pm 2.31 ¹
	C	15.5 \pm 1.50 ^{CD}	17.0 \pm 1.00 ^D	15.2 \pm 0.49 ^{CD}	14.0 \pm 0.001 ^{BC}	10.6 \pm 0.59 ^{BC}	11.9 \pm 0.08 ^A	12.4 \pm 0.62 ^{AB}	14.0 \pm 2.36 ²
	X	12.9 \pm 1.61 ^a	13.6 \pm 1.99 ^a	12.5 \pm 1.54 ^a	10.0 \pm 2.30 ^a	12.0 \pm 1.26 ^a	9.98 \pm 0.06 ^a	12.6 \pm 2.60 ^a	
K_{270}	P	0.16 \pm 0.04 ^C	0.09 \pm 0.01 ^B	0.08 \pm 0.001 ^B	0.04 \pm 0.001 ^{AB}	0.07 \pm 0.01 ^{AB}	0.04 \pm 0.01 ^{AB}	0.02 \pm 0.004 ^A	0.07 \pm 0.05 ¹
	C	0.11 \pm 0.01 ^A	0.11 \pm 0.01 ^A	0.11 \pm 0.02 ^A	0.11 \pm 0.03 ^A	0.19 \pm 0.003 ^A	0.22 \pm 0.01 ^A	0.10 \pm 0.01 ^A	0.11 \pm 0.02 ²
	X	0.13 \pm 0.02 ^a	0.10 \pm 0.01 ^a	0.10 \pm 0.01 ^a	0.08 \pm 0.02 ^a	0.08 \pm 0.01 ^a	0.08 \pm 0.03 ^a	0.06 \pm 0.05 ^a	
K_{232}	P	2.26 \pm 0.10 ^C	2.20 \pm 0.05 ^C	2.04 \pm 0.05 ^{BC}	1.90 \pm 0.02 ^{AB}	2.13 \pm 0.08 ^{BC}	1.92 \pm 0.12 ^{AB}	1.78 \pm 0.06 ^A	2.03 \pm 0.18 ¹
	C	1.83 \pm 0.11 ^A	2.03 \pm 0.09 ^A	1.84 \pm 0.11 ^A	2.06 \pm 0.07 ^A	2.05 \pm 0.02 ^A	2.19 \pm 0.02 ^A	1.96 \pm 0.06 ^A	1.97 \pm 0.13 ¹
	X	2.04 \pm 0.14 ^a	2.11 \pm 0.06 ^a	1.94 \pm 0.08 ^a	1.98 \pm 0.06 ^a	2.04 \pm 0.07 ^a	2.01 \pm 0.08 ^a	1.87 \pm 0.12 ^a	
Clorofilas (mg/kg)	P	12.8 \pm 0.37 ^D	13.6 \pm 0.01 ^E	9.95 \pm 0.29 ^C	9.82 \pm 0.16 ^C	9.94 \pm 0.18 ^C	7.49 \pm 0.10 ^B	5.73 \pm 0.08 ^A	9.91 \pm 2.66 ²
	C	6.85 \pm 0.01 ^C	5.95 \pm 0.10 ^{BC}	3.59 \pm 0.65 ^A	3.57 \pm 0.32 ^A	4.29 \pm 1.29 ^A	5.12 \pm 0.14 ^{ABC}	4.13 \pm 0.97 ^{AB}	4.71 \pm 1.43 ¹
	X	9.83 \pm 1.73 ^a	9.79 \pm 2.22 ^a	6.77 \pm 1.86 ^a	6.70 \pm 1.81 ^a	6.81 \pm 1.88 ^a	6.34 \pm 0.66 ^a	4.93 \pm 1.22 ^a	
Carotenoides (mg/kg)	P	5.20 \pm 0.07 ^D	5.64 \pm 0.06 ^E	4.03 \pm 0.07 ^C	3.81 \pm 0.08 ^C	3.91 \pm 0.11 ^C	3.53 \pm 0.002 ^B	2.97 \pm 0.02 ^A	4.15 \pm 0.90 ²
	C	3.94 \pm 0.03 ^D	3.45 \pm 0.14 ^{CD}	2.34 \pm 0.20 ^{AB}	2.32 \pm 0.10 ^{AB}	2.49 \pm 0.09 ^{AB}	2.13 \pm 0.16 ^{BC}	2.28 \pm 0.30 ^A	2.86 \pm 0.67 ¹
	X	4.57 \pm 0.37 ^b	4.54 \pm 0.63 ^b	3.18 \pm 0.49 ^a	3.06 \pm 0.43 ^a	3.25 \pm 0.43 ^a	3.31 \pm 0.13 ^a	2.62 \pm 0.47 ^a	
Carotenoides/clorofilas	P	0.41 \pm 0.01 ^{BC}	0.41 \pm 0.004 ^C	0.40 \pm 0.005 ^{BC}	0.39 \pm 0.001 ^A	0.39 \pm 0.004 ^{AB}	0.47 \pm 0.01 ^D	0.52 \pm 0.004 ^E	0.43 \pm 0.05 ¹
	C	0.57 \pm 0.01 ^A	0.58 \pm 0.01 ^A	0.66 \pm 0.07 ^A	0.65 \pm 0.03 ^A	0.65 \pm 0.22 ^A	0.42 \pm 0.02 ^A	0.57 \pm 0.06 ^A	0.62 \pm 0.08 ²
	X	0.49 \pm 0.05 ^a	0.50 \pm 0.05 ^a	0.53 \pm 0.08 ^a	0.52 \pm 0.08 ^a	0.57 \pm 0.11 ^a	0.53 \pm 0.04 ^a	0.54 \pm 0.06 ^a	
Fenoles (mg/kg)	P	58.3 \pm 3.28 ^A	74.8 \pm 5.41 ^B	75.0 \pm 0.37 ^B	88.0 \pm 7.52 ^B	56.4 \pm 3.36 ^A	56.2 \pm 3.10 ^A	50.9 \pm 6.04 ^A	65.7 \pm 14.0 ¹
	C	85.6 \pm 19.6 ^A	149.3 \pm 16.5 ^A	175.0 \pm 32.4 ^A	137.2 \pm 11.4 ^A	161.9 \pm 12.4 ^A	272.2 \pm 34.9 ^A	133.2 \pm 20.2 ^A	146.0 \pm 36.7 ²
	X	71.9 \pm 11.32 ^a	112.1 \pm 22.6 ^a	125.0 \pm 31.7 ^a	112.6 \pm 15.2 ^a	121.2 \pm 37.5 ^a	106.1 \pm 28.9 ^a	92.1 \pm 50.50 ^a	
o-Difenoles (mg/kg)	P	7.81 \pm 5.30 ^A	7.01 \pm 0.43 ^A	8.93 \pm 4.30 ^A	5.96 \pm 0.61 ^A	4.11 \pm 0.42 ^A	9.53 \pm 1.57 ^A	7.88 \pm 1.52 ^A	7.32 \pm 3.34 ¹
	C	14.7 \pm 6.19 ^A	20.6 \pm 3.17 ^A	12.4 \pm 1.53 ^A	29.3 \pm 13.6 ^A	17.1 \pm 1.59 ^A	21.9 \pm 1.85 ^A	21.1 \pm 1.75 ^A	19.5 \pm 9.41 ²
	X	11.3 \pm 3.88 ^a	13.8 \pm 4.14 ^a	10.7 \pm 2.12 ^a	17.6 \pm 8.73 ^a	12.1 \pm 6.86 ^a	13.8 \pm 2.83 ^a	14.5 \pm 7.85 ^a	

† P: prensado; C: centrifugación en dos fases; X: valores medios.

Las letras a, b, c y d indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente del sistema de extracción ($p \leq 0.05$). Las letras A, B, C y D indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente para cada sistema de extracción ($p \leq 0.05$). Los números 1 y 2 indican diferencias estadísticamente significativas entre sistema de extracción independientemente de la fecha de cosecha ($p \leq 0.05$).

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Tabla 11: Composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes fechas de cosecha (Año: 2003) y mediante dos sistemas de extracción. Valores medios \pm error estándar (n = 6).

Parámetros	SE	Fecha de cosecha							
		1	2	3	4	5	6	7	X
Palmítico	P	17.3 \pm 0.06 ^A	18.3 \pm 0.40 ^A	17.7 \pm 0.13 ^A	16.8 \pm 0.66 ^A	17.5 \pm 0.01 ^A	17.0 \pm 0.30 ^A	16.8 \pm 0.05 ^A	17.3 \pm 0.61 [†]
	C	18.6 \pm 0.17 ^{BC}	19.7 \pm 0.53 ^D	18.9 \pm 0.20 ^{CD}	17.7 \pm 0.09 ^{AB}	16.2 \pm 0.12 ^{AB}	17.4 \pm 0.30 ^{CD}	17.0 \pm 0.26 ^A	18.4 \pm 0.95 ²
	X	17.9 \pm 0.38 ^{abc}	19.0 \pm 0.50 ^C	18.28 \pm 0.37 ^{bc}	17.25 \pm 0.37 ^{ab}	17.6 \pm 0.12 ^{ab}	18.0 \pm 0.58 ^{abc}	16.9 \pm 0.24 ^a	
Palmitoleico	P	2.45 \pm 0.01 ^A	2.67 \pm 0.06 ^B	2.70 \pm 0.03 ^B	2.55 \pm 0.11 ^{AB}	2.62 \pm 0.01 ^B	2.67 \pm 0.02 ^B	2.45 \pm 0.01 ^A	2.58 \pm 0.11 [†]
	C	2.25 \pm 0.02 ^A	2.65 \pm 0.08 ^D	2.85 \pm 0.03 ^E	2.43 \pm 0.01 ^B	2.04 \pm 0.14 ^{CD}	2.66 \pm 0.07 ^E	2.49 \pm 0.01 ^{BC}	2.60 \pm 0.23 ¹
	X	2.35 \pm 0.06 ^A	2.66 \pm 0.04 ^{cd}	2.77 \pm 0.04 ^d	2.49 \pm 0.06 ^{ab}	2.61 \pm 0.02 ^{bc}	2.79 \pm 0.08 ^d	2.47 \pm 0.02 ^a	
Estearico	P	1.73 \pm 0.07 ^D	1.60 \pm 0.03 ^{ABC}	1.71 \pm 0.03 ^{CD}	1.50 \pm 0.001 ^A	1.63 \pm 0.04 ^{BCD}	1.54 \pm 0.03 ^{AB}	1.49 \pm 0.01 ^A	1.60 \pm 0.10 [†]
	C	1.70 \pm 0.03 ^A	1.67 \pm 0.04 ^A	1.65 \pm 0.03 ^A	1.80 \pm 0.07 ^A	1.38 \pm 0.09 ^A	0.75 \pm 0.20 ^A	1.63 \pm 0.01 ^A	1.69 \pm 0.07 ¹
	X	1.71 \pm 0.03 ^a	1.63 \pm 0.03 ^a	1.68 \pm 0.02 ^a	1.65 \pm 0.09 ^a	1.68 \pm 0.03 ^a	1.60 \pm 0.04 ^a	1.56 \pm 0.08 ^a	
Oleico	P	61.4 \pm 0.07 ^A	61.8 \pm 0.14 ^A	63.2 \pm 0.25 ^B	66.2 \pm 0.14 ^C	61.2 \pm 0.01 ^A	63.6 \pm 0.76 ^B	64.0 \pm 0.07 ^B	63.1 \pm 1.75 ²
	C	59.6 \pm 0.23 ^C	56.8 \pm 0.08 ^A	56.7 \pm 0.18 ^A	62.0 \pm 0.22 ^D	61.8 \pm 0.28 ^C	58.9 \pm 0.32 ^B	63.1 \pm 0.43 ^E	59.4 \pm 2.39 ¹
	X	60.5 \pm 0.54 ^a	59.3 \pm 1.44 ^a	59.9 \pm 1.88 ^a	64.1 \pm 1.23 ^a	60.5 \pm 0.44 ^a	60.7 \pm 1.69 ^a	63.5 \pm 0.63 ^a	
Linoleico	P	14.4 \pm 0.01 ^C	14.5 \pm 0.005 ^C	13.2 \pm 0.07 ^B	10.5 \pm 0.06 ^A	15.0 \pm 0.04 ^D	13.3 \pm 0.03 ^B	13.2 \pm 0.07 ^B	13.4 \pm 1.42 [†]
	C	16.1 \pm 0.11 ^C	18.0 \pm 0.11 ^E	17.7 \pm 0.21 ^D	14.2 \pm 0.001 ^B	17.5 \pm 0.11 ^C	19.6 \pm 0.39 ^D	13.5 \pm 0.12 ^A	16.2 \pm 1.68 ²
	X	15.2 \pm 0.47 ^a	16.3 \pm 1.02 ^a	15.4 \pm 1.29 ^a	12.4 \pm 1.07 ^a	15.6 \pm 0.39 ^a	15.3 \pm 1.19 ^a	13.3 \pm 0.19 ^a	
Linolénico	P	0.87 \pm 0.01 ^A	0.84 \pm 0.01 ^A	0.85 \pm 0.01 ^A	0.90 \pm 0.06 ^A	0.76 \pm 0.01 ^A	0.97 \pm 0.15 ^A	0.74 \pm 0.01 ^A	0.84 \pm 0.10 [†]
	C	0.85 \pm 0.11 ^A	0.78 \pm 0.01 ^A	0.95 \pm 0.15 ^A	0.79 \pm 0.03 ^A	1.03 \pm 0.15 ^A	0.65 \pm 0.01 ^A	0.92 \pm 0.02 ^A	0.86 \pm 0.10 ¹
	X	0.86 \pm 0.04 ^a	0.81 \pm 0.02 ^a	0.90 \pm 0.07 ^a	0.85 \pm 0.04 ^a	0.81 \pm 0.04 ^a	0.90 \pm 0.07 ^a	0.83 \pm 0.11 ^a	

† P: prensado; C: centrifugación en dos fases, X: valores medios.

Las letras a, b, c y d indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente del sistema de extracción ($p \leq 0.05$). Las letras A, B, C y D indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente para cada sistema de extracción ($p \leq 0.05$). Los números 1 y 2 indican diferencias estadísticamente significativas entre sistema de extracción independientemente de la fecha de cosecha ($p \leq 0.05$).

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Continuación. Tabla 11: Ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (%) y poliinsaturados/poliinsaturados (AM/AP), índice de yodo y susceptibilidad oxidativa de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes fechas de cosecha (Año: 2003) y mediante dos sistemas de extracción. Valores medios \pm error estándar (n = 6).

Parámetros	SE	Fecha de cosecha						X	
		1	2	3	4	5	6		7
Índice de yodo	P	86.2 \pm 0.03 ^{CD}	86.8 \pm 0.09 ^E	85.8 \pm 0.10 ^B	83.6 \pm 0.04 ^A	86.8 \pm 0.07 ^E	86.6 \pm 0.26 ^{DE}	85.9 \pm 0.06 ^{BC}	86.0 \pm 1.08 ¹
	C	87.3 \pm 0.25 ^{AB}	88.5 \pm 0.22 ^C	88.4 \pm 0.60 ^{BC}	86.1 \pm 0.10 ^A	92.2 \pm 0.23 ^{BC}	93.0 \pm 0.44 ^C	86.1 \pm 0.64 ^A	87.6 \pm 1.16 ²
	X	86.7 \pm 0.32 ^{bc}	87.7 \pm 0.51 ^c	87.1 \pm 0.81 ^{bc}	84.9 \pm 0.71 ^a	87.5 \pm 0.40 ^{bc}	87.7 \pm 0.63 ^c	86.0 \pm 0.54 ^{ab}	
Ácidos monoinsaturados (AM)	P	63.8 \pm 0.06 ^A	64.4 \pm 0.08 ^A	65.8 \pm 0.22 ^B	68.8 \pm 0.25 ^C	63.8 \pm 0.01 ^A	66.3 \pm 0.79 ^B	66.4 \pm 0.06 ^B	65.6 \pm 1.74 ²
	C	61.8 \pm 0.25 ^C	59.4 \pm 0.01 ^A	59.5 \pm 0.20 ^A	64.4 \pm 0.20 ^D	63.9 \pm 0.17 ^C	61.6 \pm 0.39 ^B	65.5 \pm 0.42 ^E	62.0 \pm 2.26 ¹
	X	62.8 \pm 0.60 ^a	61.9 \pm 1.44 ^a	62.7 \pm 1.84 ^a	66.6 \pm 1.27 ^a	63.1 \pm 0.45 ^a	63.5 \pm 1.63 ^a	66.0 \pm 0.61 ^a	
Ácidos poliinsaturados (AP)	P	15.3 \pm 0.01 ^D	15.3 \pm 0.01 ^D	14.1 \pm 0.06 ^{BC}	11.4 \pm 0.12 ^A	15.7 \pm 0.04 ^E	14.3 \pm 0.18 ^C	13.9 \pm 0.06 ^B	14.3 \pm 1.40 ¹
	C	16.9 \pm 0.21 ^C	18.8 \pm 0.12 ^E	18.6 \pm 0.35 ^{DE}	15.0 \pm 0.03 ^B	18.5 \pm 0.15 ^C	20.3 \pm 0.39 ^D	14.4 \pm 0.14 ^A	17.0 \pm 1.68 ²
	X	16.1 \pm 0.47 ^a	17.1 \pm 1.00 ^a	16.3 \pm 1.32 ^a	13.2 \pm 1.04 ^a	16.4 \pm 0.42 ^a	16.2 \pm 1.15 ^a	14.2 \pm 0.29 ^a	
AM/AP	P	4.17 \pm 0.01 ^A	4.20 \pm 0.002 ^A	4.69 \pm 0.04 ^B	6.03 \pm 0.08 ^C	4.06 \pm 0.01 ^A	4.65 \pm 0.11 ^B	4.76 \pm 0.03 ^B	4.65 \pm 0.65 ²
	C	3.66 \pm 0.06 ^C	3.16 \pm 0.02 ^A	3.20 \pm 0.07 ^A	4.29 \pm 0.02 ^D	3.45 \pm 0.04 ^C	3.04 \pm 0.07 ^B	4.55 \pm 0.01 ^E	3.69 \pm 0.52 ¹
	X	3.91 \pm 0.15 ^{ab}	3.68 \pm 0.30 ^a	3.94 \pm 0.43 ^{ab}	5.16 \pm 0.50 ^c	3.85 \pm 0.13 ^{ab}	3.99 \pm 0.38 ^{ab}	4.66 \pm 0.12 ^{bc}	
Susceptibilidad oxidativa	P	800.6 \pm 0.94 ^D	801.11 \pm 0.81 ^D	745.3 \pm 1.93 ^{BC}	631.7 \pm 8.46 ^A	812.3 \pm 1.53 ^D	760.8 \pm 15.06 ^C	734.2 \pm 2.59 ^B	755.2 \pm 60.19 ¹
	C	869.2 \pm 14.97 ^B	3.16 \pm 0.02 ^C	949.5 \pm 24.03 ^C	782.9 \pm 2.80 ^A	954.8 \pm 13.35 ^B	1008.9 \pm 17.15 ^C	763.9 \pm 7.60 ^A	874.9 \pm 73.90 ²
	X	834.9 \pm 20.73 ^a	874.81 \pm 42.62 ^a	847.4 \pm 59.74 ^a	707.3 \pm 43.78 ^a	847.8 \pm 20.56 ^a	843.9 \pm 48.37 ^a	749.1 \pm 18.28 ^a	

† P: prensado; C: centrifugación en dos fases, X: valores medios.

Las letras a, b, c y d indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente del sistema de extracción (p \leq 0.05).

Las letras A, B, C y D indican diferencias estadísticamente significativas entre fechas de cosecha independientemente para cada sistema de extracción (p \leq 0.05).

Los números 1 y 2 indican diferencias estadísticamente significativas entre sistema de extracción independientemente de la fecha de cosecha (p \leq 0.05).

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Tabla 12: Contenido medio de algunos parámetros físico-químicos, pigmentos, fenoles y α -difenoles totales, ácidos grasos, ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, relación monoinsaturados/poliinsaturados (AM/AP), índice de yodo y susceptibilidad oxidativa de aceites de oliva de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes campañas de producción mediante dos sistemas de extracción.

Parámetros	PRENSADO				CENTRIFUGACIÓN			EN DOS		FASES	
	2001	2002	2003	Promedio	2001	2002	2003	2002	2003	Promedio	
	Grado de acidez (% ácido oleico) (< 0.8) [†]	1.03 \pm 0.09 ^{AB}	0.85 \pm 0.02 ^A	1.20 \pm 0.03 ^B	1.05 \pm 0.04	0.57 \pm 0.05 ^A	0.72 \pm 0.09 ^{AB}	0.85 \pm 0.10 ^B			0.70 \pm 0.05
Índice de peróxidos (meq oxígeno/kg) (≤ 20)	10.4 \pm 0.39 ^A	15.2 \pm 0.78 ^B	9.93 \pm 0.62 ^A	11.2 \pm 0.45	10.7 \pm 0.27 ^A	13.3 \pm 1.2 ^B	14.0 \pm 0.63 ^B			12.4 \pm 0.41	
K ₂₇₀ (0.22)	0.25 \pm 0.01 ^C	0.22 \pm 0.003 ^B	0.07 \pm 0.01 ^A	0.18 \pm 0.01	0.19 \pm 0.01 ^C	0.13 \pm 0.01 ^B	0.11 \pm 0.01 ^A			0.15 \pm 0.01	
K ₂₃₂ (2.5)	2.12 \pm 0.03 ^A	2.28 \pm 0.01 ^B	2.03 \pm 0.05 ^A	2.12 \pm 0.03	2.03 \pm 0.03 ^A	2.20 \pm 0.04 ^B	1.97 \pm 0.04 ^A			2.04 \pm 0.02	
Clorofilas (mg/kg)	12.1 \pm 0.59 ^B	14.67 \pm 0.97 ^C	9.91 \pm 0.71 ^A	11.2 \pm 0.52	4.93 \pm 0.52 ^A	5.09 \pm 0.97 ^A	4.71 \pm 0.38 ^A			4.87 \pm 0.32	
Carotenoides (mg/kg)	4.64 \pm 0.26 ^A	5.26 \pm 0.47 ^A	4.15 \pm 0.24 ^A	4.59 \pm 0.19	2.59 \pm 0.22 ^A	2.44 \pm 0.35 ^A	2.86 \pm 0.18 ^A			2.66 \pm 0.13	
Carotenoides/clorofilas	0.38 \pm 0.01 ^A	0.36 \pm 0.01 ^A	0.43 \pm 0.01 ^B	0.40 \pm 0.01	0.55 \pm 0.04 ^A	0.52 \pm 0.04 ^A	0.62 \pm 0.02 ^A			0.57 \pm 0.02	
Fenoles (mg/kg)	252.1 \pm 21.1 ^C	151.3 \pm 4.57 ^B	65.7 \pm 3.74 ^A	166.7 \pm 16.4	262.0 \pm 18.7 ^B	256.9 \pm 19.0 ^B	146.1 \pm 9.81 ^A			220.4 \pm 13.0	
α -Difenoles (mg/kg)	14.8 \pm 1.88 ^B	7.18 \pm 0.35 ^A	7.32 \pm 0.89 ^A	10.65 \pm 1.07	14.8 \pm 1.27 ^{AB}	12.0 \pm 1.15 ^A	19.5 \pm 2.5 ^B			15.9 \pm 1.15	

Las letras A, B y C indican diferencias estadísticamente significativas entre campañas de producción para cada sistema de extracción ($p \leq 0.05$).

[†] Valores máximos permitidos por el Consejo Internacional de Aceite de Oliva (IOOC, 2009) para la categoría aceites de oliva extra vírgenes.

Continuación. Tabla 12: Contenido medio de algunos parámetros físico-químicos, pigmentos, fenoles y o-difenoles totales, ácidos grasos, ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, relación monoinsaturados/poliinsaturados (AM/AP), índice de yodo y susceptibilidad oxidativa de aceites de oliva de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes campañas de producción mediante dos sistemas de extracción.

Parámetros	PRENSADO			CENTRIFUGACIÓN			EN DOS			FASES		
	2001	2002	2003	Promedio	2001	2002	2003	Promedio	2001	2002	2003	Promedio
Palmitico (7.5 – 20.0)†	17.3 ± 0.19 ^A	18.9 ± 0.20 ^B	17.3 ± 0.16 ^A	17.6 ± 0.15	18.5 ± 0.32 ^A	19.3 ± 0.25 ^A	18.4 ± 0.25 ^A	18.6 ± 0.18				
Palmitoleico (0.30 – 3.50)	2.53 ± 0.03 ^A	2.78 ± 0.05 ^B	2.58 ± 0.03 ^A	2.60 ± 0.02	2.64 ± 0.09 ^A	3.00 ± 0.07 ^B	2.60 ± 0.06 ^A	2.70 ± 0.05				
Esteárico (0.50 – 5.00)	1.13 ± 0.06 ^A	1.58 ± 0.01 ^B	1.60 ± 0.03 ^B	1.39 ± 0.05	1.23 ± 0.06 ^A	1.67 ± 0.11 ^B	1.69 ± 0.02 ^B	1.48 ± 0.05				
Oleico (55.0 – 83.0)	60.0 ± 0.46 ^A	59.1 ± 0.75 ^A	63.1 ± 0.47 ^B	60.9 ± 0.39	57.1 ± 0.73 ^B	54.4 ± 0.53 ^A	59.4 ± 0.64 ^C	57.3 ± 0.49				
Linoleico (3.50 – 21.0)	18.2 ± 0.37 ^C	16.7 ± 0.56 ^B	13.4 ± 0.38 ^A	16.3 ± 0.42	19.8 ± 0.40 ^B	20.8 ± 0.35 ^B	16.2 ± 0.45 ^A	18.7 ± 0.39				
Linolénico (≤ 1)	0.77 ± 0.07 ^A	0.82 ± 0.01 ^A	0.84 ± 0.03 ^A	0.81 ± 0.03	0.81 ± 0.04 ^A	0.83 ± 0.02 ^A	0.86 ± 0.10 ^A	0.83 ± 0.02				
Índice de yodo	91.6 ± 0.47 ^C	88.6 ± 0.39 ^B	86.0 ± 0.29 ^A	89.0 ± 0.47	92.01 ± 0.28 ^B	91.8 ± 0.23 ^B	87.6 ± 0.31 ^A	90.5 ± 0.37				
Ácidos Monoinsaturados (AM)	62.5 ± 0.46 ^A	61.9 ± 0.73 ^A	65.6 ± 0.47 ^B	63.5 ± 0.39	59.7 ± 0.66 ^B	57.4 ± 0.47 ^A	62.0 ± 0.60 ^C	60.0 ± 0.46				
Ácidos Poliinsaturados (AP)	19.0 ± 0.39 ^C	17.6 ± 0.56 ^B	14.3 ± 0.37 ^A	17.1 ± 0.41	20.6 ± 0.39 ^B	21.6 ± 0.33 ^B	17.0 ± 0.45 ^C	19.5 ± 0.39				
AM/AP	3.32 ± 0.08 ^A	3.56 ± 0.15 ^A	4.65 ± 0.17 ^B	3.83 ± 0.12	2.93 ± 0.09 ^A	2.66 ± 0.06 ^A	3.69 ± 0.14 ^B	3.14 ± 0.09				
Susceptibilidad oxidativa	960.5 ± 18.9 ^C	897.5 ± 24.6 ^B	755.2 ± 16.1 ^A	876.0 ± 18.4	1030.9 ± 17.2 ^A	1075.3 ± 13.7 ^A	874.9 ± 19.7 ^A	985.2 ± 16.9				

Las letras A, B y C indican diferencias estadísticamente significativas entre campañas de producción para cada sistema de extracción (p ≤ 0.05).
† Valores máximos permitidos por el Consejo Internacional de Aceite de Oliva (IOOC, 2009) para la categoría aceites de oliva extra vírgenes.

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

Tabla 13: Variabilidad expresada como porcentaje de la suma total de cuadrados de los parámetros físico-químicos, contenido de fenoles totales y *o*-difenoles, ácidos grasos, ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, relación monoinsaturados/poliinsaturados (AM/AP), índice de yodo y susceptibilidad oxidativa de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje (Córdoba), obtenidos en diferentes campañas de producción y fechas de cosecha mediante dos sistemas de extracción.

	Campaña de producción (CP)	Sistema de extracción (SE)	Fecha de cosecha (FC)	CP x SE	CP x FC	SE x FC	CP x SE x FC
Grado de acidez	1.55*	30.40*	12.78*	8.81*	8.81*	3.11*	27.29*
Índice de peróxidos	27.94*	5.96*	4.68*	28.25*	6.37*	10.74*	9.56*
K ₂₇₀	50.00*	9.09*	2.23*	9.09*	4.55*	1.32	9.09*
K ₂₃₂	35.53*	10.53*	0.66	0.66	15.13*	5.92*	18.42*
Contenido de clorofilas	2.05	75.83*	2.68	1.82	4.29	2.99	1.24
Contenido de carotenoides	0.02	59.79*	6.36	2.67	7.67	2.90	1.87
Carotenoides/clorofilas	6.67*	66.67*	0.67	1.67	3.33	1.67	5
Contenido de fenoles	44.29*	12.71*	0.49	1.70	14.93*	1.00	3.18
Contenido de <i>o</i> -difenoles	4.67	18.20*	14.19*	11.52*	5.33	9.04*	9.82
Acido palmítico	14.74*	28.62*	12.20*	8.04*	10.89*	0.58	11.31*
Acido palmitoleico	26.55*	9.04*	1.13	8.47*	24.29*	0.28	18.08*
Acido esteárico	54.87*	4.02*	0.63	1.06	10.38*	8.05*	1.27
Acido oleico	26.55*	39.87*	9.31*	0.27	13.45*	2.06*	6.34*
Acido linoleico	47.89*	25.50*	5.98*	3.14*	10.69*	2.45*	3.43*
Índice de yodo	61.24*	8.49*	1.04	7.09*	8.32*	2.48*	3.92
Ácidos monoinsaturados (AM)	25.98*	40.37*	9.99*	0.44*	12.91*	2.29*	5.73*
Ácidos poliinsaturados (AP)	46.84*	25.36*	5.42*	3.15*	11.15*	2.54*	3.42*
AM/AP	42.40*	26.79*	8.47*	4.18*	13.58*	1.64*	4.21*
Susceptibilidad oxidativa	45.57*	24.52*	4.61*	3.23*	11.62*	2.65*	3.49*
Rendimiento de aceite	78.29*	1.94*	4.25*	2.54*	7.89*	1.29*	1.26

Evaluar el efecto del sistema de extracción sobre la composición de los aceites obtenidos.

El efecto del sistema de extracción puede ser visualizado comparando los valores promedios obtenidos a lo largo del período de cosecha para cada campaña de producción (Tablas 6 - 13).

Grado de acidez (GA)

El sistema de extracción fue la principal fuente de variabilidad que afectó la acidez de los aceites (Tabla 13).

Los aceites obtenidos por prensado presentaron valores promedio comprendidos entre 0.85 (campaña 2002) y 1.20 (campaña 2003) expresados como porcentaje de ácido oleico, que resultaron superiores al valor máximo permitido (0.8 %) para aceites de oliva extra vírgenes (IOOC, 2009). Mediante este sistema, el aceite es extraído con el agua de vegetación (fase acuosa más residuos sólidos) y permanecen juntos hasta el momento de la decantación. Este hecho puede favorecer la hidrólisis de los triglicéridos, resultando en un incremento de la concentración de ácidos grasos libres. El incremento en el grado de acidez de los aceites de prensa con respecto a los aceites obtenidos por centrifugación se observó durante las tres campañas de muestreo. Este efecto dependiente del sistema de extracción ha sido observado por otros investigadores (Motilva *et al.*, 1998; Vekiari *et al.*, 2002; Torres y Maestri, 2006).

Los valores de acidez de los aceites de centrifugación oscilaron entre 0.57 (campaña 2001) y 0.85 (campaña 2003). De esta manera, los máximos de acidez de los aceites obtenidos por ambos sistemas, coincidieron en la misma campaña, lo que indica que la interacción campaña de producción x sistema de extracción x fecha de cosecha afecta significativamente este parámetro (Tabla 13).

Índice de peróxidos (IP) y coeficientes de extinción K_{232} y K_{270}

Estos parámetros mostraron una escasa influencia del sistema de extracción. El índice de peróxidos presentó diferencias estadísticamente significativas sólo en la campaña 2003, donde los aceites obtenidos por centrifugación registraron los índices más elevados.

Los valores de K_{232} sólo presentaron variaciones significativas entre sistemas de extracción en la campaña 2001 (Tabla 6). Ambos coeficientes de extinción específica (K_{232} y K_{270}) presentaron los mayores valores en los aceites obtenidos por el sistema tradicional de prensado.

Contenido de pigmentos

El efecto del sistema de extracción de los aceites sobre el contenido de pigmentos fue altamente significativo, aportando el 59.8 % y el 75.8 % de la variabilidad total para el contenido de carotenoides y clorofilas, respectivamente.

Para los aceites de prensa, la concentración de clorofilas estuvo comprendida entre 9.91 y 14.67 mg/kg; para los aceites de centrifugación se obtuvieron valores significativamente menores: 4.71 – 5.09 mg/kg.

El contenido de pigmentos carotenoides presentó la misma tendencia: los aceites de prensa tuvieron valores (4.15 – 5.26 mg/kg) significativamente más elevados que los obtenidos por centrifugación (2.44 – 2.86 mg/kg).

Mínguez-Mosquera *et al.* (1990) han observado que la pérdida de pigmentos durante el proceso de extracción del aceite es considerable, registrándose disminuciones de hasta el 80 % en el contenido de clorofilas y el 40 % de carotenoides. Estas pérdidas netas de pigmentación incluyen tanto a aquellos pigmentos retenidos en el residuo sólido como a aquellos asociados con reacciones de co-oxidación que involucran a los peróxidos lipídicos y a la enzima lipoxigenasa. No obstante, para un correcto balance de materia y una interpretación adecuada del incremento o destrucción de los pigmentos que experimenta el aceite con respecto a los que poseen los frutos de los cuales proceden, sería menester conocer con precisión la riqueza grasa de los frutos de partida, así como el contenido de pigmentos que queda retenido en el aceite de orujo y en el agua de vegetación.

En este trabajo, tomando los valores promedio de las tres campañas analizadas, se registraron reducciones del 43.48 % y del 57.95 % en los contenidos de clorofilas y carotenoides, respectivamente, en los aceites de centrifugación con respecto a los obtenidos por prensado. Motilva *et al.* (1998) y Salvador *et al.* (1998, 2003) han observado resultados similares en las variedades *Arbequina* y *Cornicabra* cultivadas en España, respectivamente.

En resumen, la influencia del sistema de extracción sobre el contenido de pigmentos de los aceites es apreciable y en este sentido puede afirmarse que el sistema de prensado es más conservador que el sistema de centrifugación.

Contenido de fenoles totales y o-difenoles

Existe abundante bibliografía que analiza el efecto del sistema de extracción sobre el contenido de fenoles de los aceites de oliva vírgenes (Jiménez Márquez *et al.*, 1995; Angerosa y Di Giovacchino, 1996; Gimeno *et al.*, 2002; Servili y Montedoro, 2002; Salvador *et al.*, 2003; Servili *et al.*, 2004; Torres y Maestri, 2006; De Faveri *et al.*, 2008; Almirante *et al.*, 2010).

En este trabajo, si bien se registraron diferencias estadísticamente significativas entre métodos de extracción, el aporte de esta fuente de variación a la variabilidad total observada, fue escaso (12.71 %).

En términos generales, los aceites obtenidos por centrifugación presentaron valores superiores, tanto de compuestos fenólicos como o-difenólicos, que aquellos elaborados mediante el sistema de prensa. En el sistema de centrifugación empleado las aceitunas fueron procesadas en un período corto de tiempo, reduciéndose el tiempo de contacto en el cual el aceite y el agua de vegetación permanecen juntos. Este hecho adquiere importancia si se tiene en cuenta que los

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. fenoles presentes en el fruto del olivo son más solubles en agua que en la fase oleosa. De esta manera, se puede asumir que el tiempo de contacto entre las fases acuosa y oleosa afecta la distribución de fenoles entre ambas, resultando en un mayor porcentaje de pérdida de estos compuestos en los aceites obtenidos por prensado.

Composición acídica

El sistema de extracción tuvo un efecto significativo sobre la concentración de los principales ácidos grasos de los aceites estudiados, particularmente los insaturados. De los ácidos grasos saturados, sólo el palmítico mostró diferencias significativas entre sistemas de extracción, con porcentajes algo más elevados en los aceites de centrifugación.

El ácido oleico presentó valores comprendidos entre 59.1 – 63.1 % (aceites de prensa) y entre 54.4 – 59.4 % (aceites de centrifugación), siendo el sistema de extracción la principal fuente de variabilidad.

Los ácidos poliinsaturados reflejaron una tendencia opuesta a la observada para el ácido oleico. Los aceites de centrifugación registraron concentraciones de ácido linoleico significativamente más elevadas que las obtenidas a partir de aceites provenientes de prensado.

Son escasos los estudios que han determinado diferencias en la composición acídica de aceites de oliva vírgenes debidas al sistema de extracción. Torres y Maestri (2006) observaron que en las variedades *Arbequina*, *Ascolana* y *Manzanilla* cultivadas en la zona de Traslasierra (provincia de Córdoba) el contenido de ácido oleico es más elevado en las almazaras que utilizan el sistema de prensado.

Salvador *et al.* (2003) analizaron la composición de la var. *Cornicabra* cultivada en España durante cinco campañas sucesivas utilizando tres sistemas de extracción: prensado y centrifugación de 2 y 3 fases. Estos autores observaron diferencias leves, aunque significativas, en la concentración de los principales ácidos grasos: los aceites obtenidos por prensado presentaron mayores contenidos de ácido oleico y menores de ácidos palmítico, palmitoleico y linoleico con respecto a los aceites provenientes de sistemas de centrifugación.

Comparar la composición de los aceites de oliva var. Arbequina elaborados en Córdoba con los producidos en otras regiones de Argentina y de España.

Los índices generales de calidad de los aceites (grado de acidez, índice de peróxidos y coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270}) de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba presentaron valores medios similares a aquellos registrados para aceites de oliva vírgenes españoles (Alba Mendoza *et al.*, 1996; Tous *et al.*, 1997; Motilva *et al.*, 1998; Pérez-Arquillué *et al.*, 2003), catamarqueños (Ravetti, 1999; Alderete Salas *et al.*, 2004; Ceci *et al.*, 2005; Ceci y Carelli, 2007) y sanjuaninos (Mattar y Turcato, 2005) pertenecientes a esta variedad (Tabla 14). Algunas variaciones de estos parámetros entre los aceites analizados en este trabajo y los

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba. procedentes de España o Catamarca, pueden ser atribuidas a diferencias en el índice de madurez de las aceitunas empleadas para la molienda o en el proceso de elaboración de los aceites.

Las mayores diferencias entre los aceites se registraron a nivel de composición de ácidos grasos, contenido de fenoles y pigmentos totales. Los aceites producidos en la localidad de Cruz del Eje presentaron contenidos de ácido oleico que se encuentran dentro de los límites reglamentados para aceites de oliva vírgenes (Tabla 12). Sin embargo, éstos resultaron inferiores a aquellos registrados en sus análogos españoles (Tous *et al.*, 1997; Uceda y Hermoso 1999) (Tabla 14). La producción de aceite de la var. *Arbequina* en España proviene principalmente de la región de Cataluña, destacándose por presentar dos zonas con denominación de origen conocidas como “Les Garrigues” y “Siurana”. Los aceites procedentes de estas localidades presentan valores medios de ácido oleico que se encuentran comprendidos en el rango 69.8 - 74.6 %; no obstante, existen otros aceites de esta variedad originarios de la región de Andalucía que poseen niveles inferiores (62.3 – 69.5 %) de este ácido graso monoinsaturado (Tous *et al.*, 1997; Uceda y Hermoso 1999). Por otra parte, los aceites de la región de Cruz del Eje mostraron concentraciones de ácido oleico que resultaron semejantes a los informados para la provincia de San Juan (Mattar y Turcato, 2005) y superiores para las provincias de Catamarca y La Rioja (Ravetti, 1999; Alderete Salas *et al.*, 2004; Ceci *et al.*, 2005) (Tabla 14).

Con respecto a los ácidos grasos saturados y poliinsaturados, los aceites de la provincia de Córdoba se caracterizaron por un mayor contenido de los mismos, en particular de los ácidos palmítico y linoleico, con respecto a los aceites españoles. De esta manera, también resultó influenciada la relación entre los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (AM/PM), siendo ésta significativamente menor que en los aceites españoles (Tabla 14). Civantos *et al.* (1992), han demostrado que la latitud afecta la composición de ácidos grasos de los aceites de oliva varietales y postularon que cuanto más al sur se cultiva una variedad, los aceites obtenidos incrementan su proporción de ácidos grasos saturados, disminuye la de ácido oleico y aumenta la de linoleico.

Como se ha mencionado anteriormente, la concentración de compuestos fenólicos en el fruto del olivo presenta un marcado efecto estacional y climático. Asimismo, el sistema empleado para obtener el aceite puede afectar significativamente su contenido en fenoles. Teniendo en cuenta estos factores y considerando un valor promedio para los dos sistemas de extracción utilizados en las tres campañas de producción analizadas, puede observarse que los aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Cruz del Eje presentan un contenido de fenoles totales que se encuentra dentro del rango de valores registrados para aceites de *Arbequina* española siendo, por otra parte, significativamente superiores a los valores mencionados para aceites de la provincia de Catamarca y San Juan (Tabla 14). El contenido de fenoles totales en los aceites de *Arbequina* de las regiones de Cataluña y Aragón oscila entre 150-300 mg/kg (Tous *et al.*, 1997), los aceites objeto del presente estudio contienen un valor promedio de 193.5 mg/kg. Por su parte, Alderete Salas *et al.* (2004) informan valores medios próximos a 85 mg/kg en aceites de *Arbequina* del

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba, Valle Central y de la región Oeste de Catamarca, obtenidos durante cinco campañas sucesivas a partir de frutos con índices de madurez comprendidos entre 2.2 y 4.5 que resultan similares a los utilizados en el presente trabajo. Por lo tanto, para una posible explicación de las diferencias observadas entre los aceites de Córdoba y de Catamarca deben destacarse, en principio, factores tales como el año de cultivo y el estado de madurez de los frutos, considerados como los más influyentes sobre la concentración de fenoles del aceite de oliva. En su lugar, no debe descartarse el efecto de diferentes condiciones agroecológicas entre estas zonas de producción ni la posible influencia de distintos regímenes de riego.

La concentración media de clorofilas y carotenoides en los aceites estudiados fue de 8.0 y 3.6 mg/kg, respectivamente. Motilva *et al.* (1998) han informado valores comprendidos entre 6.8 – 11.9 mg/kg (clorofilas) y entre 5.4 – 9.3 mg/kg (carotenoides) en aceites de la var. *Arbequina* de la denominación “Les Garrigues” (Lleida, España). Por su parte, Gandul-Rojas *et al.* (2000) determinaron valores de 1.5 – 14.5 mg/kg y 2.0 – 8.5 mg/kg para clorofilas y carotenoides, respectivamente, en aceites de *Arbequina* procedentes de Estepa (Sevilla, España). Los valores medios de estos pigmentos en los aceites de Córdoba resultaron semejantes a los del Valle de Catamarca.

Tabla 14: Contenido medio de algunos parámetros físico-químicos y químicos de calidad del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* obtenidos en distintas zonas oleícolas.

Parámetros	Procedencia				
	Cruz del Eje (Córdoba, Argentina) ‡	España †	Catamarca (Argentina)	San Juan (Argentina)	La Rioja (Argentina)
Grado de acidez (% ácido oleico)	0.87 ± 0.25	0.14 – 1.38	0.16 – 0.80	0.14 – 0.50	
Índice de peróxidos (meq oxígeno/kg)	11.8 ± 0.85	3.85 – 16.4	1.80 – 18.4	0.50 – 11.0	
K ₂₇₀	0.16 ± 0.02	0.06 – 0.29	0.07 – 0.17	0.11 – 0.25	
K ₂₃₂	2.08 ± 0.06	1.66 – 2.14	1.65 – 2.36	<i>Sin datos</i>	
Clorofilas (mg/kg)	8.03 ± 4.47	6.81 – 11.9	1.00 – 10.2	<i>Sin datos</i>	
Carotenoides (mg/kg)	3.62 ± 1.36	5.4 – 9.3	1.20– 6.60	<i>Sin datos</i>	
Fenoles (mg/kg)	193.5 ± 38.0	76.1 – 443	37 – 158	56.5 – 130.0	
Palmitico	18.1 ± 0.71	10.9 – 17.3	16.6 – 22.5	15.4 – 19.8	16.6 – 20.1
Palmitoleico	2.65 ± 0.07	0.76 – 2.00	2.00 – 3.90	<i>Sin datos</i>	2.00 – 3.60
Estearico	1.43 ± 0.06	0.70 – 2.40	1.50 – 1.70	1.39 – 1.79	<i>Sin datos</i>
Oleico	59.1 ± 2.54	62.3 – 76.3	46.8 – 64.2	59.2 – 68.3	49.5 – 64.2
Linoleico	17.5 ± 1.70	7.90 – 10.8	14.1 – 23.3	<i>Sin datos</i>	14.1 – 22.9
Linolénico	0.82 ± 0.01	0.52 – 0.70	0.60 – 0.90	<i>Sin datos</i>	0.50 – 1.00
Ácidos Monoinsaturados (AM)	61.7 ± 2.47	71.53 – 75.6	48.8 – 68.1	<i>Sin datos</i>	<i>Sin datos</i>
Ácidos Poliinsaturados (AP)	18.3 ± 1.70	9.06 – 9.75	14.7 – 24.2	<i>Sin datos</i>	<i>Sin datos</i>
AM/AP	3.48 ± 0.49	7.75 – 7.89	2.81 – 3.32	<i>Sin datos</i>	<i>Sin datos</i>

‡ Valores medios ± error estándar.

† Rango de valores medios.

Analizar las fluctuaciones de la calidad de los aceites industriales locales y su implicancia en la comercialización frente a los nuevos escenarios del mercado.

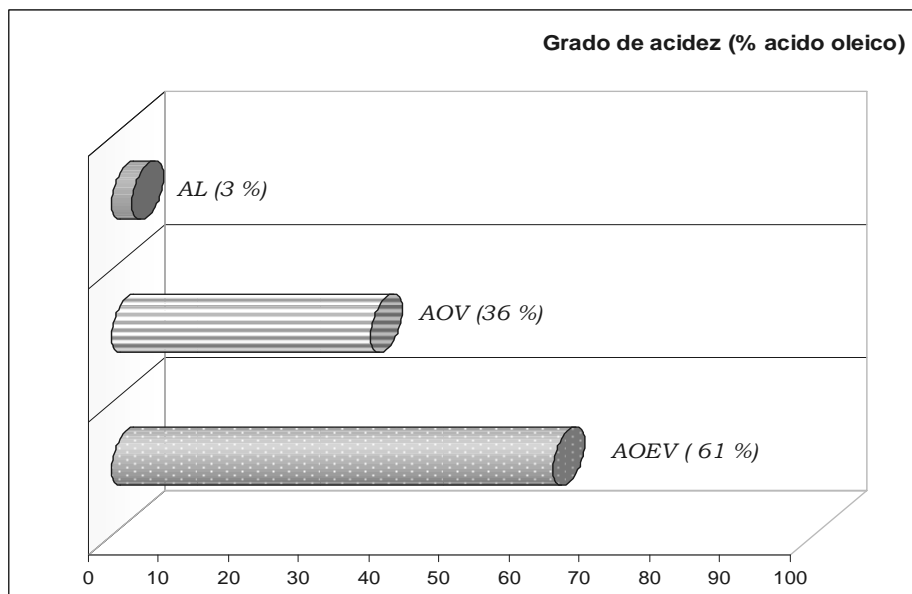
Para este análisis se tomaron muestras de aceites de distintas almazaras locales durante las campañas de producción comprendidas entre los años 2001 y 2010. Se analizaron en total 120 muestras, de las cuales el 53.3 % correspondieron al sistema continuo de extracción (centrifugación de 2 y 3 fases) mientras que las restantes procedieron del sistema tradicional de prensado.

Se determinaron los parámetros generales de calidad (grado de acidez, índice de peróxidos, coeficientes de extinción específica mediante prueba espectrofotométrica) y en algunas muestras también se realizó un análisis sensorial de acuerdo a la metodología propuesta por el Consejo Oleícola Internacional (COI/ T.20 / Doc. N° 15/ Rev. 1- 1996). Esta última consiste en una prueba de valoración donde se asigna el puntaje global otorgado a la muestra por el panel, teniendo en cuenta los registros de la hoja perfil. Además se solicitó a los panelistas un listado de los atributos positivos y negativos más destacados, considerando los descriptores de la hoja perfil. Para este análisis se emplearon 11 panelistas, realizando cada uno de ellos dos catas de cada muestra, con lo cual se obtuvieron un total de 22 juicios.

Las puntuaciones asignadas por el panel se representaron gráficamente en forma de diagrama radial, el cual permite evaluar de manera individual los descriptores considerados y representar el perfil sensorial específico para cada aceite.

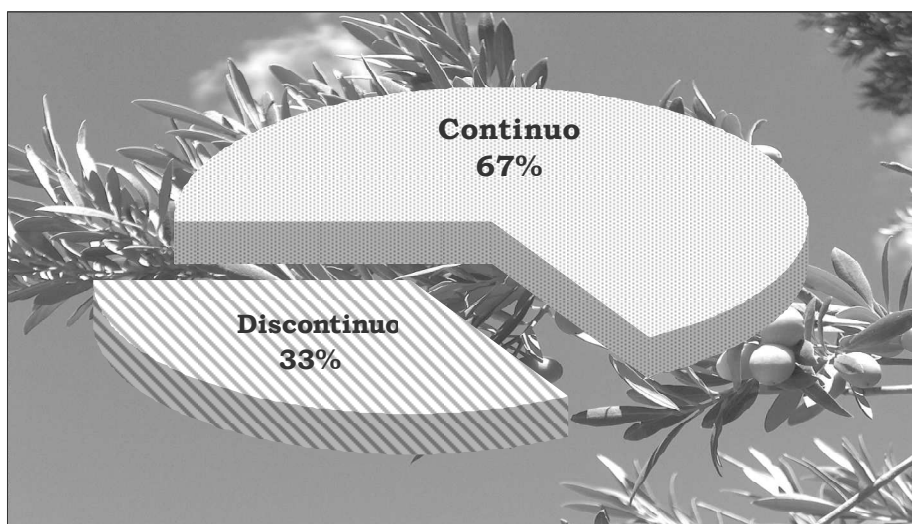
Con respecto al grado de acidez (% ácido oleico) la mayoría de las muestras analizadas (61 %) presentaron valores comprendidos dentro de aquellos reglamentados por el IOOC (2009) para la categoría “*aceite de oliva virgen extra*” (Figura 8). Solamente, un pequeño porcentaje de las muestras se encuadraron en la categoría de baja calidad denominada “*aceite de oliva virgen lampante*”, la cual es calificada como no apto para el consumo humano en la forma en que se obtiene. El restante porcentaje (36 %) de las muestras presentaron valores de acidez comprendidos entre 0.8 y 2, con lo cual fueron clasificadas como “*aceites de oliva vírgenes*”. Por otra parte, los aceites clasificados como *vírgenes extra* y *vírgenes* procedieron en su mayoría de los sistemas de extracción continuo (67 %) y discontinuo (76%), respectivamente (Figuras 9 y 10).

Figura 8: Categorización de los aceites, en base al grado de acidez (% ácido oleico; IOOC 2009), obtenidos a nivel industrial durante las campañas de producción 2001 – 2010 en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba, Argentina).



AL: aceite lampante; AOV: aceite de oliva virgen; AOEV: aceite de oliva virgen extra.

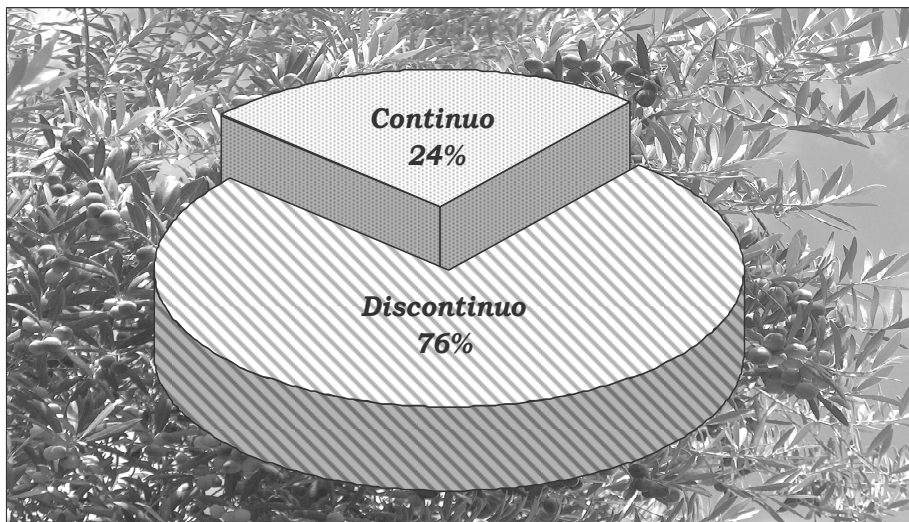
Figura 9: Valores porcentuales, en base al grado de acidez (% ácido oleico; IOOC 2009), de aceites de oliva vírgenes extra procedentes de dos sistemas extractivos durante las campañas de producción 2001 – 2010 en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba, Argentina).



Sistema discontinuo: prensado; Sistema continuo: centrifugación de 2 y 3 fases.

Capítulo I: Caracterización del aceite de oliva virgen de la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba.

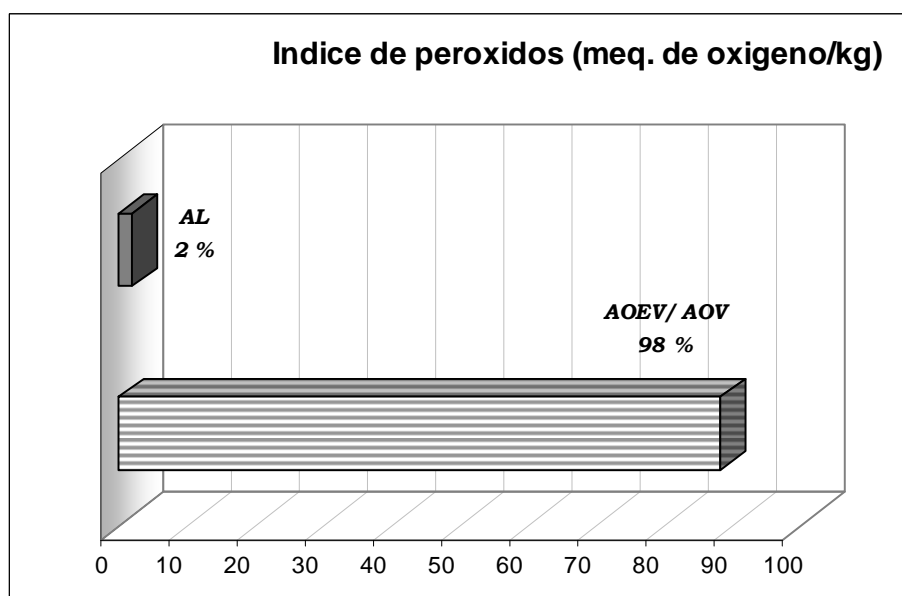
Figura 10: Valores porcentuales, en base al grado de acidez (% ácido oleico; IOOC 2009), de *aceites de oliva vírgenes* procedentes de dos sistemas extractivos durante las campañas de producción 2001 – 2010 en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba, Argentina).



Sistema discontinuo: prensado; Sistema continuo: centrifugación de 2 y 3 fases.

En cuanto al índice de peróxidos, el 98 % de los aceites evaluados correspondieron a la categoría *virgen extra* y *virgen* (≤ 20 meq. O_2 /Kg), distribuyéndose casi en iguales proporciones entre ambos sistemas extractivos (Figura 11).

Figura 11: Categorización de los aceites, en base al índice de peróxidos (meq. O_2 /kg; IOOC 2009), obtenidos a nivel industrial durante las campañas de producción 2001 – 2010 en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba, Argentina).



AL: aceite lampante; AOV: aceite de oliva virgen; AOEV: aceite de oliva virgen extra.

Las muestras analizadas evidenciaron similar comportamiento en cuanto a los coeficientes de extinción específica (Figuras 12 y 14). El 89 % y el 98 % de los aceites fueron clasificados en la categoría superior *virgen extra* según los parámetros K_{270} y K_{232} , respectivamente. Además, no se evidenció una marcada influencia del sistema de extracción en las muestras pertenecientes a esta última categoría (Figuras 13 y 15).

En función de los parámetros evaluados los aceites de oliva locales analizados pueden ser considerados de buena calidad. Como se mencionó anteriormente, los análisis físico-químicos tradicionales presentan ciertas limitaciones técnicas lo que hace necesario recurrir a otras metodologías analíticas capaces de detectar posibles defectos presentes en los aceites. Según el Consejo Oleícola Internacional, la calidad de los *aceites de oliva vírgenes* aptos para el consumo en la forma en que se obtienen debe ser determinada mediante parámetros físico-químicos y organolépticos. Con respecto a estos últimos, dicho Consejo establece que para los aceites de máxima calidad la mediana del defecto y del frutado debe ser igual y mayor a cero, respectivamente.

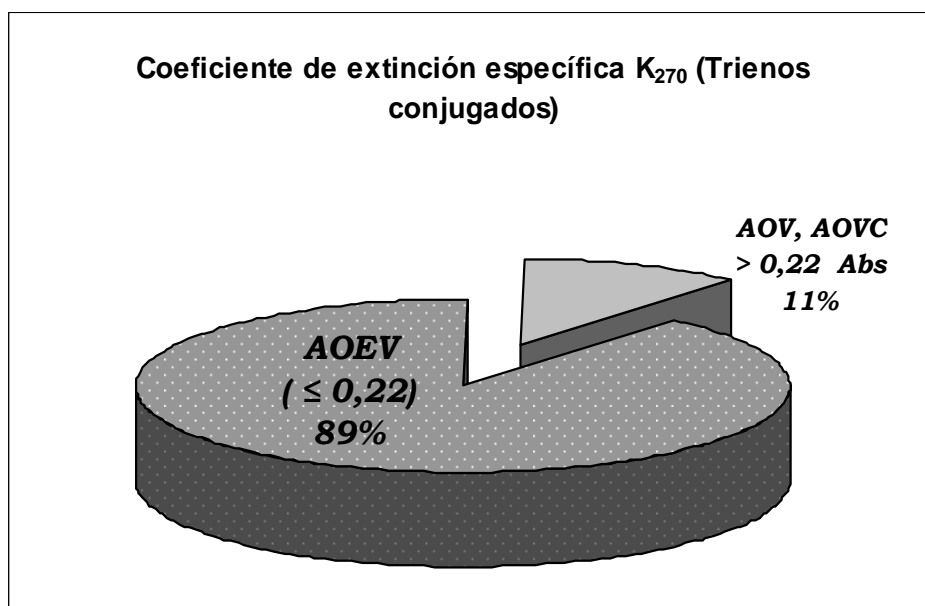
En este trabajo, se determinaron en algunas muestras de aceites el perfil sensorial mediante un panel de cata. En las Figuras 15 - 19 se observan los atributos positivos y negativos atribuidos por los panelistas a los aceites de *Frantoio*, *Arbequina* y un "blend" o mezcla. Tales muestras fueron clasificadas como *aceites de oliva virgen extra* de acuerdo a los parámetros físico-químicos ya mencionados. Sin embargo, como se observa las mismas presentaron defectos tales como atrojado, avinado, borras y rancio superando los límites reglamentados para dicha denominación de calidad de aceite de oliva.

Por otra parte, de acuerdo a los análisis sensorial y físico-químico realizados las muestras catadas pertenecientes a las variedades *Arbequina* y *Manzanilla* correspondieron a *aceites de oliva vírgenes extra* (Figuras 20 - 23). La var. *Arbequina* presentó un frutado medio importante, como así también un picante sobresaliente de características muy agradables (Figura 20).

La var. *Manzanilla* presentó valores muy similares de los descriptores amargo y picante evaluados, destacándose la nota de frutado.

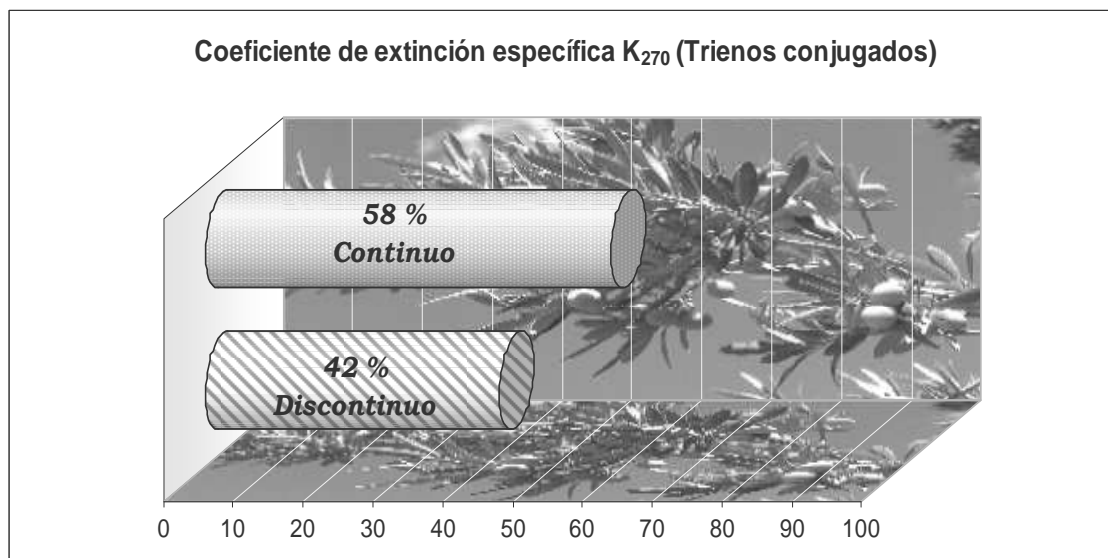
En base a lo expuesto, es importante resaltar que los productores deben tener en cuenta que el concepto de calidad comprende "*el conjunto de propiedades y características que proporcionan al producto la capacidad de satisfacer exigencias explícitas (requisitos organolépticos y técnicos-comerciales) o intrínsecas (requisitos nutricionales y pre-requisitos de seguridad)*". De esta manera, resulta menester realizar un exhaustivo análisis cualitativo de los aceites con la finalidad de mejorar la calidad del producto y con ella su valoración en el mercado nacional e internacional.

Figura 12: Categorización de los aceites, en base al coeficiente de extinción específica K_{270} (IOOC 2009), obtenidos a nivel industrial durante las campañas de producción 2001 – 2010 en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba, Argentina).



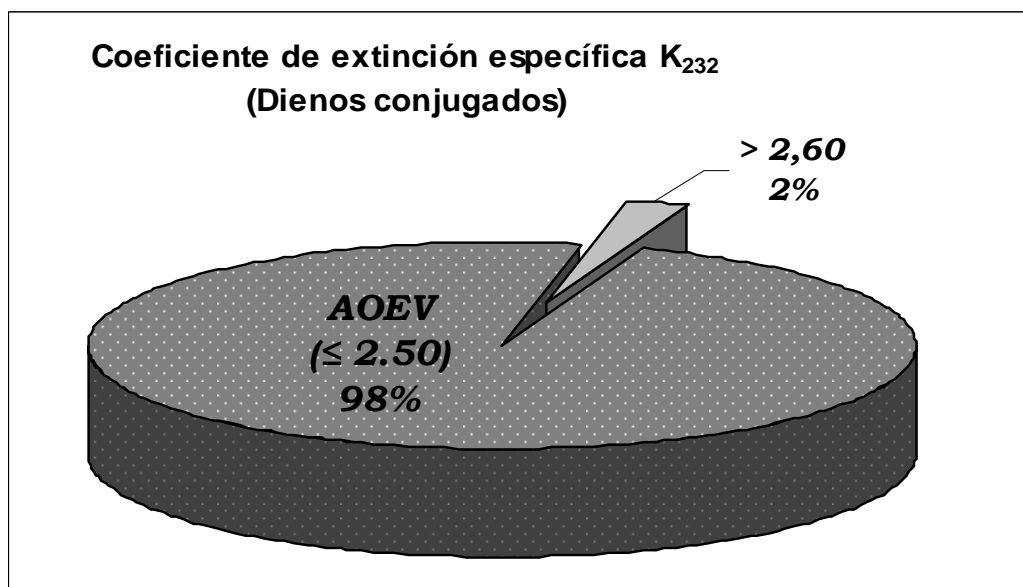
AOV: aceite de oliva virgen; AOEV: aceite de oliva virgen extra; AOVC: aceite de oliva virgen corriente.

Figura 13: Valores porcentuales de aceites de oliva vírgenes extra procedentes de dos sistemas extractivos durante las campañas de producción 2001 – 2010 en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba, Argentina).



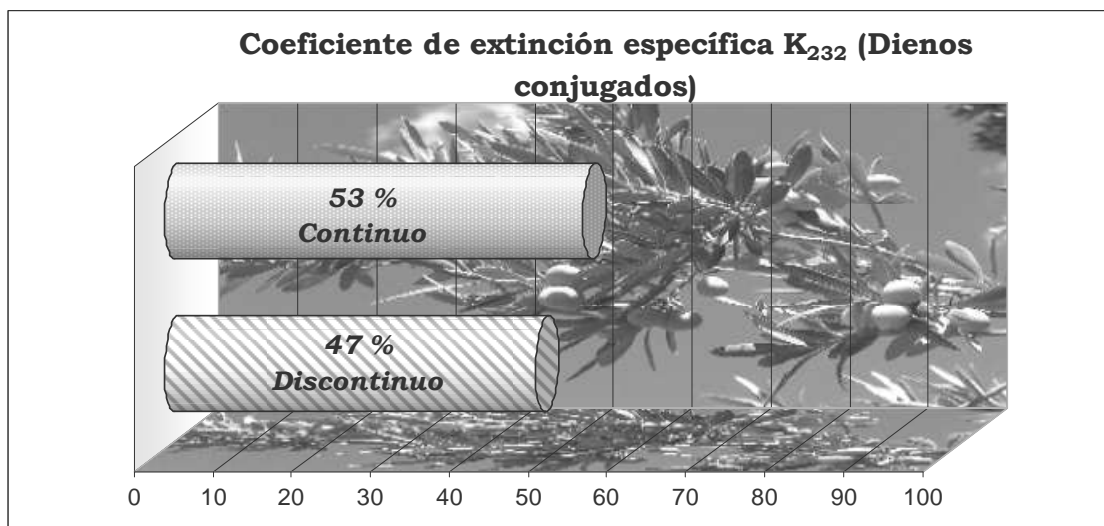
Sistema discontinuo: prensado; Sistema continuo: centrifugación de 2 y 3 fases.

Figura 14: Categorización de los aceites, en base al coeficiente de extinción específica K_{232} (IOOC 2009), obtenidos a nivel industrial durante las campañas de producción 2001 – 2010 en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba, Argentina).



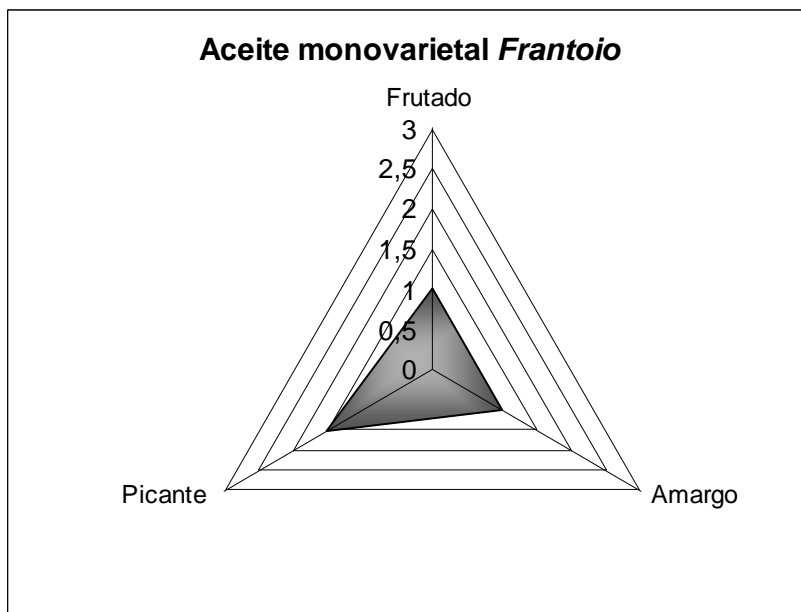
AOEV: aceite de oliva virgen extra.

Figura 15: Valores porcentuales de aceites de oliva vírgenes extra procedentes de dos sistemas extractivos durante las campañas de producción 2001 – 2010 en la localidad de Cruz del Eje (Córdoba, Argentina).



Sistema discontinuo: prensado; Sistema continuo: centrifugación de 2 y 3 fases.

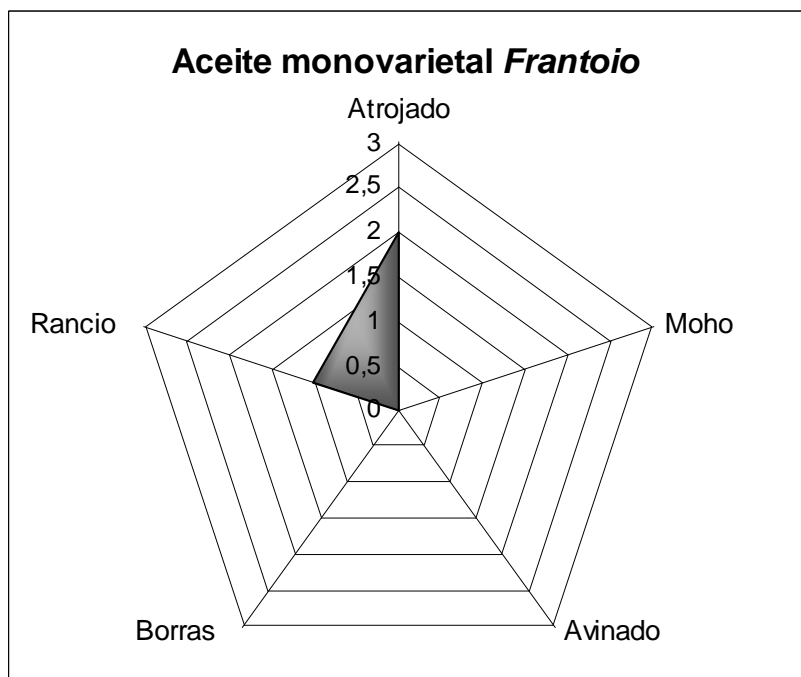
Figuras 14 y 15: Perfiles sensoriales del aceite monovarietal *Frantoio* de la provincia de Córdoba (Argentina).



Intensidad de los atributos positivos

- Amargo: 1
- Frutado: 1
- Picante: 1.5

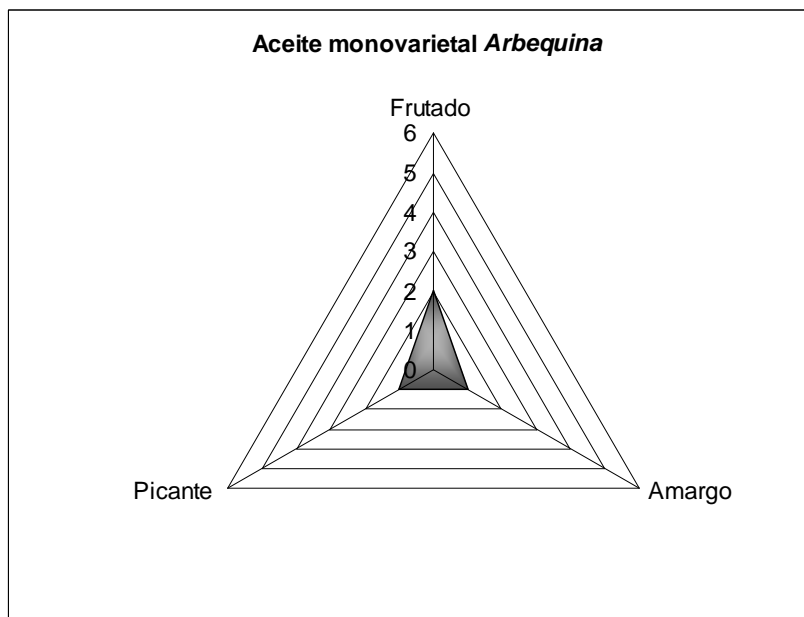
Figura 15.



Intensidad de los atributos negativos

- Atrojado: 2
- Avinado: 0
- Borrás: 0
- Moho: 0
- Rancio: 1

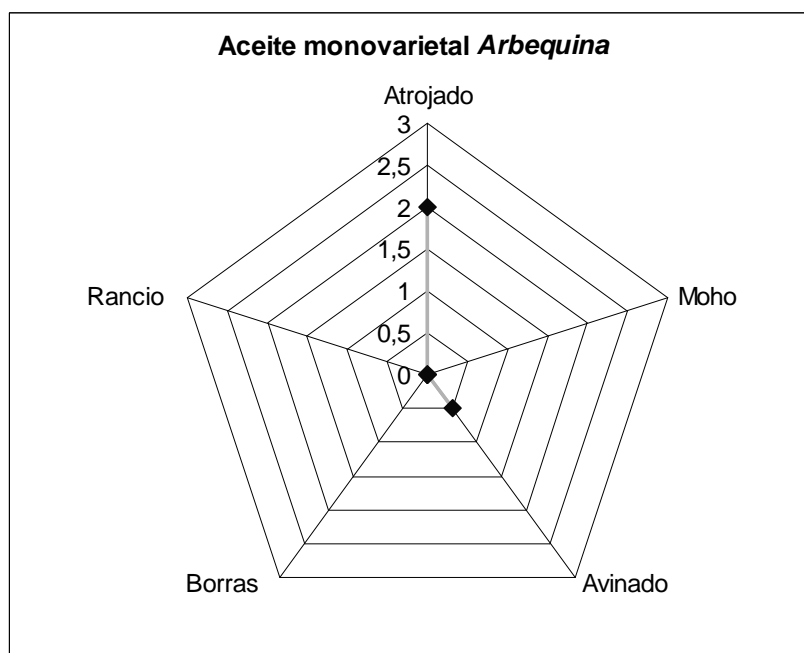
Figuras 16 y 17: Perfiles sensoriales del aceite monovarietal *Arbequina* de la provincia de Córdoba (Argentina).



Intensidad de los atributos positivos

- Amargo: 1
- Frutado: 2
- Picante: 1

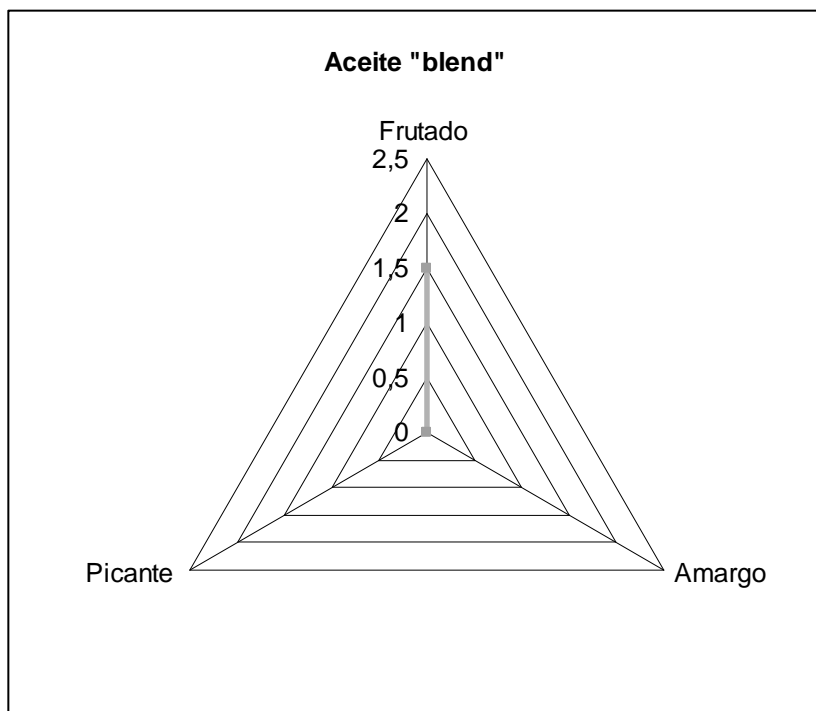
Figura 17.



Intensidad de los atributos negativos

- Atrojado: 2
- Avinado: 0.5
- Borrás: 0
- Moho: 0
- Rancio: 0

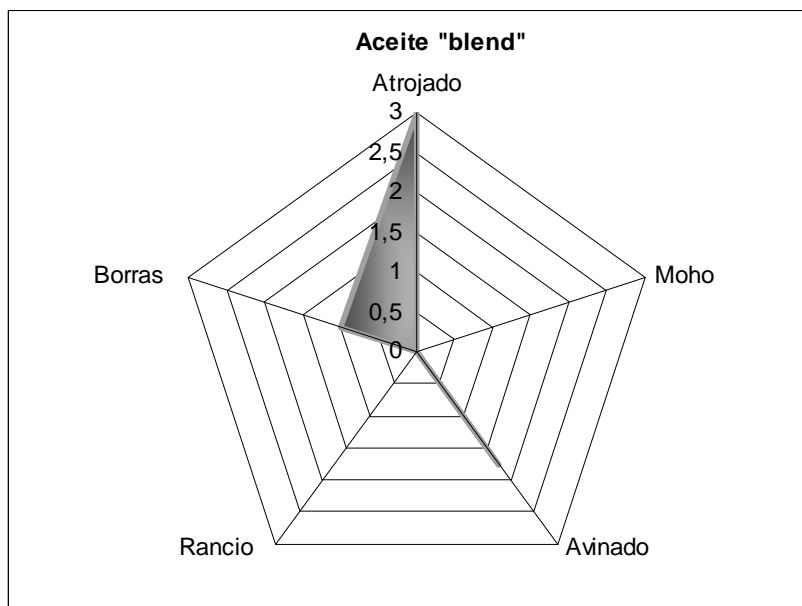
Figuras 18 y 19: Perfiles sensoriales de un aceite mezcla o "blend" de la provincia de Córdoba (Argentina).



Intensidad de los atributos positivos

- Amargo: 0
- Frutado: 1.5
- Picante: 0

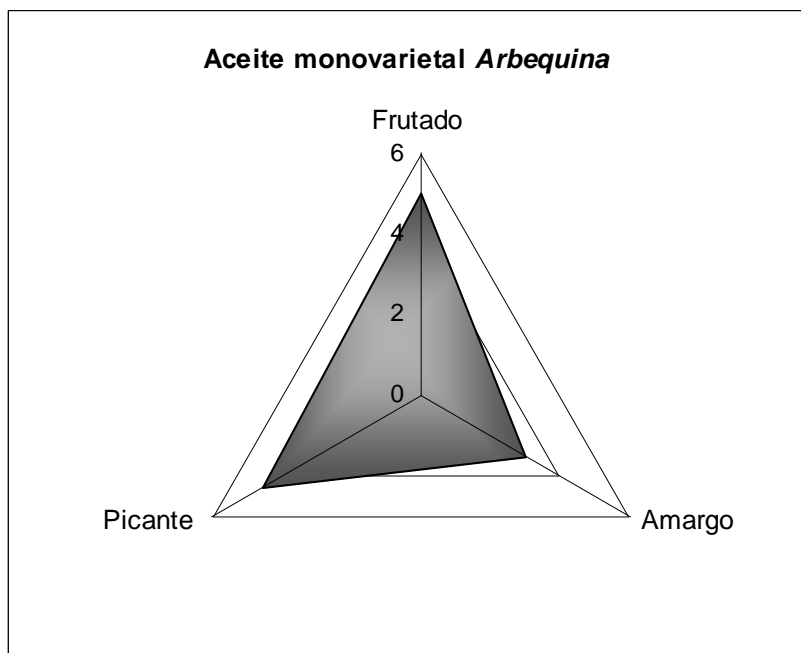
Figura 19.



Intensidad de los atributos negativos

- Atrojado: 3
- Avinado: 1.75
- Borras: 1
- Moho: 0
- Rancio: 0

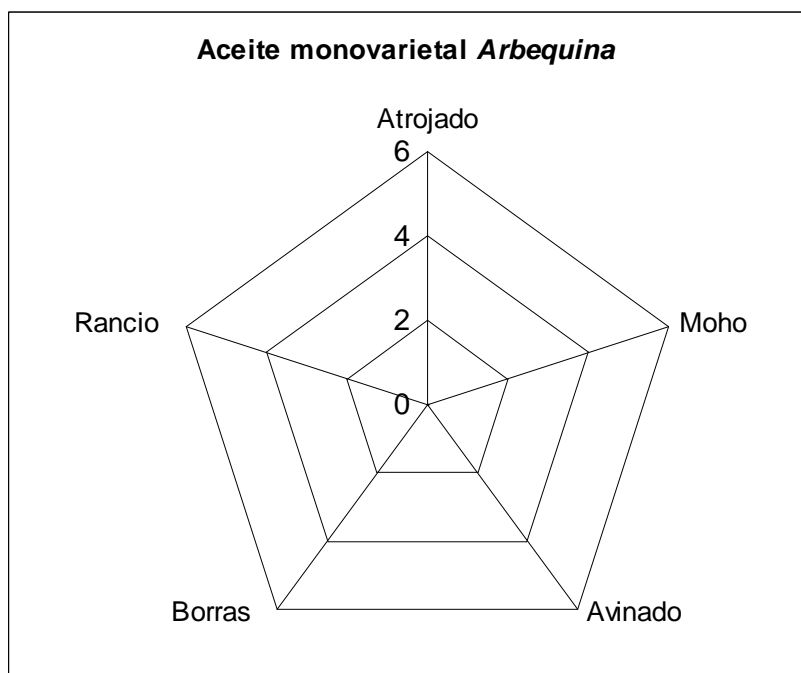
Figuras 20 y 21: Perfiles sensoriales del aceite monovarietal *Arbequina* de la provincia de Córdoba (Argentina).



Intensidad de los atributos positivos

- Amargo: 1.5
- Frutado: 5.5
- Picante: 3

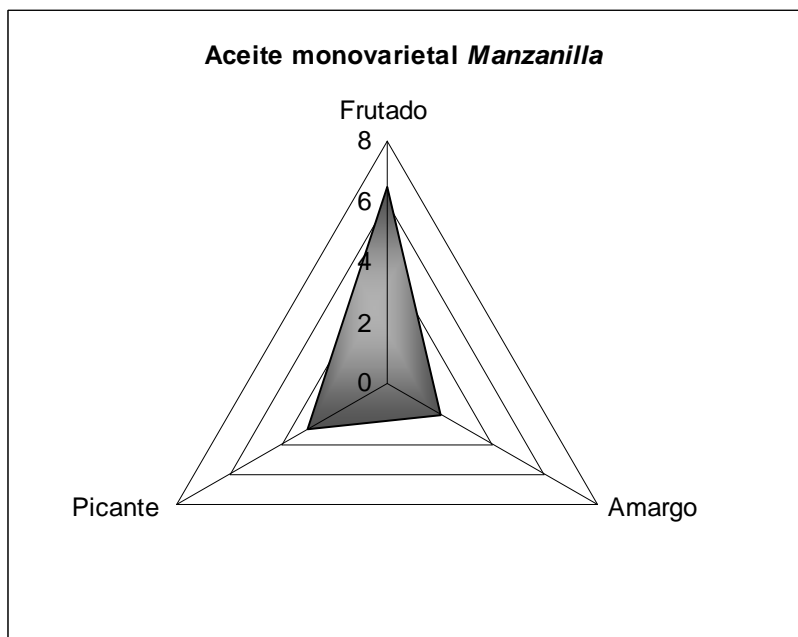
Figura 21.



Intensidad de los atributos negativos

- Atrojado: 0
- Avinado: 0
- Borrás: 0
- Moho: 0
- Rancio: 0

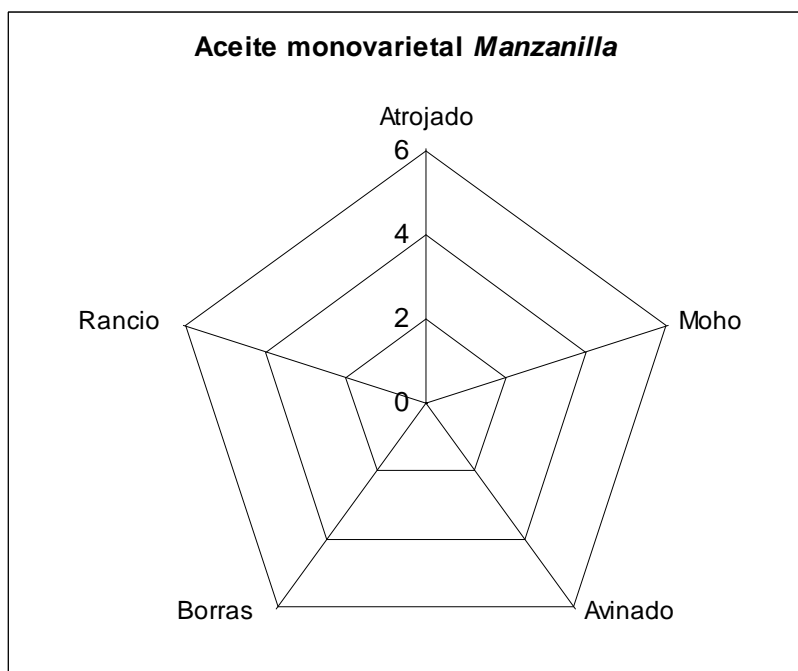
Figuras 22 y 23: Perfiles sensoriales del aceite monovarietal *Manzanilla* de la provincia de Córdoba (Argentina).



Intensidad de los atributos positivos

- Amargo: 2.0
- Frutado: 6.5
- Picante: 3.0

Figura 23.



Intensidad de los atributos negativos

- Arojado: 0
- Avinado: 0
- Borrás: 0
- Moho: 0
- Rancio: 0

Conclusiones

La mayor parte de los parámetros químicos evaluados en los aceites de oliva vírgenes de la var. *Arbequina* cultivada en la región noroeste de la provincia de Córdoba fueron influenciados por el año de cultivo, la fecha de cosecha y el sistema empleado para la obtención de los aceites.

La influencia del año de cultivo fue particularmente significativa sobre el rendimiento de aceite y aquellos parámetros relacionados con su estabilidad oxidativa (índice de peróxidos, coeficientes de extinción específica, contenido de fenoles y de ácidos grasos insaturados).

La fecha de cosecha afectó el índice de madurez de los frutos, observándose que con el retraso de la recolección y conforme avanza la maduración, se produce un incremento significativo en el grado de acidez y aunque menos notorio, en el contenido de ácido oleico de los aceites. No obstante estas diferencias en el grado de maduración, su influencia sobre la mayor parte de los parámetros químicos analizados fue, en general, menor que la debida al año de producción, lo que estaría indicando que para los índices de madurez considerados en este trabajo (2.35 – 4.79), los componentes principales del aceite de la var. *Arbequina* se encontrarían pre-formados y sus proporciones se mantienen más o menos constantes hasta la finalización del período de cosecha.

El efecto del sistema de extracción se vio reflejado en mayor medida en el grado de acidez y en el contenido de pigmentos, fenoles y ácidos grasos monoinsaturados de los aceites. En los aceites obtenidos por prensado, se observó un incremento significativo de la acidez y del contenido en ácido oleico, y las concentraciones de clorofilas y carotenoides duplicaron a las registradas en aceites provenientes del sistema de centrifugación. Las diferencias en la concentración de fenoles y *o*-difenoles fueron menores notorias; no obstante, estos componentes se obtuvieron en menor proporción en los aceites de centrifugación.

Independientemente de la fuente de variabilidad analizada, la mayor parte de los parámetros de calidad reglamentada de los aceites estudiados, se encuentran dentro del rango de valores observados para los aceites de la var. *Arbequina* cultivada en España. Sin embargo, los aceites de *Arbequina* de la provincia de Córdoba presentan cantidades de ácido oleico sustancialmente más bajas.

La caracterización llevada a cabo durante tres campañas sucesivas, permitió establecer que, con excepción de algunos valores de acidez libre, todos los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites fijados por el Consejo Oleícola Internacional para *aceites de oliva vírgenes extra*.

Finalmente, es importante destacar la potencialidad que posee la región no sólo en términos de características agroclimáticas aptas para el desarrollo del cultivo sino también para la industrialización del producto, siendo los aceites de oliva locales reconocidos y valorados tanto en el mercado nacional como internacional.

Estudio de la evolución de los índices de calidad de aceites de oliva vírgenes durante su conservación en diferentes envases y condiciones comerciales.

Antecedentes

Según la Organización Internacional de Normalización (*norma ISO 9000:2000*) el concepto de calidad implica “el conjunto de características de un producto, un proceso o un servicio que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades expresas o implícitas”.

Aplicada a los aceites de oliva y las aceitunas de mesa, esta amplia definición se refiere a las características químicas, organolépticas, nutricionales y culinarias, que confieren a estos productos un valor comercial capaz de satisfacer a productores, distribuidores y consumidores (IOOC, 2004). Esencialmente, la calidad del aceite de oliva virgen deriva de ser un zumo o jugo de fruta que puede consumirse directamente, pero precisamente por ser un producto natural, se deben tener en cuenta en su elaboración una serie de factores para conseguir y mantener la calidad.

Los principios de elaboración que hoy regulan esta calidad pueden resumirse en los siguientes puntos:

- ❖ La obtención de calidad comienza con el cultivo del olivo y finaliza con el consumidor;
- ❖ Es casi imposible obtener toda la producción de excelente calidad, siendo prioritario producir la máxima cantidad de aceite con buenas características, separándolo de los de mediana o inferior calidad;
- ❖ En las *operaciones previas a la elaboración*, esto es, recepción, limpieza y lavado de la aceituna, se ha de tender hacia la centralización y mecanización de las operaciones, separación de diferentes frutos y reducción del tiempo de atrojado;
- ❖ En la *preparación de la pasta* que engloba la molienda y el batido, son consideraciones de importancia: la naturaleza del molino, grado de molienda, tiempo y temperatura de batido, así como el agotamiento de los subproductos;
- ❖ Las condiciones utilizadas para la separación de fases sólidas y líquidas, presión y centrifugación, constituyen operaciones que hoy se rigen por nuevos parámetros, que tienen como resultado la obtención de aceite de alta calidad con separación ecocompatible del alpechín y alperujo;
- ❖ El almacenamiento, por el que se separan las diferentes calidades de aceite en determinados depósitos para su posterior envasado y comercialización, debe realizarse en condiciones adecuadas y con monitoreo “just in time” (De Panfilis, 1999).

Capítulo II: Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad del aceite de oliva monovarietal de *Arbequina*.

Las características de aroma, gusto y color lo distinguen al aceite de oliva virgen de los otros aceites vegetales comestibles, los cuales son consumidos después del proceso de refinación y son por lo tanto inodoros, insípidos y casi sin color. Sus excelentes propiedades organolépticas y nutritivas, junto con la actual tendencia de los consumidores a seleccionar alimentos menos procesados han apuntado a revalorizar su consumo en la dieta regular. Así, la industria olivarera tiene como uno de sus objetivos prioritarios asegurar la conservación del aceite de oliva virgen en sus condiciones originales, especialmente durante las actividades comerciales hasta su uso por los consumidores finales, cuando el producto pueda estar sujeto a factores que producen oxidaciones no controladas tales como largos períodos y altas temperaturas de almacenamiento y exposición a la luz (Pagliarini *et al.*, 2000).

Como se detalló en el Capítulo anterior, la oxidación de los lípidos ha sido clasificada como el principal proceso de deterioro que afecta tanto la calidad sensorial y nutricional de los alimentos. Los principales procesos que conducen a la alteración de los lípidos son la *rancidez hidrolítica o lipólisis* y la *rancidez oxidativa u oxidación*. La lipólisis comienza cuando el aceite está aún en el fruto, mientras que la oxidación o rancidez se produce después de la extracción y sobre todo durante el almacenamiento. El proceso de rancidez oxidativa se puede producir tanto en la oscuridad (*autooxidación*) como en presencia de luz (*fotooxidación*). Es importante recordar que la rancidez proviene de una gran variedad de sustancias químicas. Asimismo, muchos sistemas catalíticos como la luz, la temperatura, las enzimas, los metales o los pigmentos, pueden acelerar el proceso de oxidación del aceite.

La mayoría de los productores consideran de 12 a 18 meses como el máximo período de almacenamiento desde el envasado hasta el consumo. De todas maneras, el aceite de oliva producido en una estación de cosecha es usualmente consumido antes de la próxima estación de cosecha, es decir que es un producto que usualmente no genera stock (Salvador *et al.*, 1998; Vekari y Koutsaftakis, 2002; Del Nobile *et al.*, 2003; Morelló *et al.*, 2004).

En las dos últimas décadas se ha producido un desarrollo significativo en el diseño y presentación de los envases de los aceites de oliva, tanto en la forma como en los materiales, siendo uno de los elementos que se han establecido para diferenciar el aceite en el mercado. Sin embargo, poco se conoce sobre la importancia del envase y las condiciones de almacenamiento del aceite de oliva (Kiritsakis, 1984; Tsimis y Karakasides, 2002; Francesco *et al.*, 2005; Mailer, 2006; Mendez y Falque, 2005; Torres y Maestri, 2006). Así, por ejemplo, cuestiones como la forma, el material o el tamaño más adecuados siguen constituyendo interrogantes cotidianos para el sector.

En función de lo expuesto, en este capítulo se propone estudiar la influencia del tipo de envase y las condiciones de almacenamiento sobre diferentes parámetros químicos y sensoriales del aceite de oliva virgen var. *Arbequina* producido en la zona olivarera de Cruz de Eje (Córdoba).

Materiales y Métodos

Muestras

Se utilizaron aceites de oliva vírgenes elaborados en la zona de Cruz del Eje - Córdoba, que por sus características químicas y organolépticas pueden ser considerados representativos de nuestra provincia. Estos aceites fueron recolectados directamente de la línea de producción de dos molinos industriales, a saber: sistema de centrifugación en dos fases y sistema tradicional de prensado.

Envases

La conservación se realizó en botellas de medio litro, fabricadas con cada uno de los siguientes materiales: tereftalato de polietilén-glicol (PET), hojalata (interior revestido con barniz sanitario), vidrio ámbar y vidrio transparente. Estos tres últimos pueden ser clasificados como envases “impermeables” al oxígeno, mientras que el primer tipo puede ser considerado como “permeable” a dicho gas.

La selección de los distintos tipos de envase se realizó sobre la base de lo que se encuentra actualmente disponible en el mercado nacional.

Diseño experimental

Los aceites obtenidos en cada sistema de extracción, se colocaron en cada uno de los envases detallados anteriormente y se mantuvieron en condiciones equiparables a las existentes en los locales de venta al consumidor, en una cámara cuya temperatura fue de 25 ± 1 °C y con una iluminación ininterrumpida (1100 Lux). Otro lote de estos aceites se colocó en envases PET, vidrio ámbar y transparente y se almacenó en las mismas condiciones de temperatura pero en ausencia de luz.

Durante seis meses, se realizaron muestreos mensuales para cada tratamiento (sistema de extracción x tipo de envase x condición lumínica) con lo cual se creó paulatinamente una capa de oxígeno constante en la parte superior del envase similar a la producida por el uso periódico del consumidor. En cada muestreo se llevaron a cabo las determinaciones de los parámetros químicos enunciados en el siguiente punto.

Para cada tratamiento se realizaron los siguientes controles: uno al comienzo del ensayo y común para todos los tratamientos (muestra de aceite de oliva inicial) y uno al final del mismo (muestra de aceite de oliva sin remoción). Este último control fue también mantenido en la cámara bajo las mismas condiciones que sus respectivos tratamientos.

Capítulo II: Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad del aceite de oliva monovarietal de *Arbequina*. ***Determinaciones analíticas para la evaluación del estado de conservación del aceite de oliva***

Para la determinación de los índices generales de calidad de los aceites se siguieron los métodos recomendados por el IOOC (1992) en lo relativo al grado de acidez, índices de yodo y de peróxidos y prueba espectrofotométrica en el UV.

La composición en ácidos grasos de los aceites se analizó por cromatografía gaseosa (CG) en base a los métodos propuestos por la AOAC (1990) y Maestri *et al.* (1998).

El índice de *p*-anisidina (IA) se realizó de acuerdo al método propuesto por la EEC (1991). El test de anisidina es otro procedimiento para determinar la intensidad de la oxidación de los lípidos ya que permite valorar aldehídos saturados e insaturados de medio y alto peso molecular (derivados de la oxidación secundaria), mediante la determinación espectrofotométrica (350 nm) de una solución de la muestra de aceite a la que se agrega *p*-anisidina disuelta en ácido acético glacial. La absorbancia molar aumenta cuando el aldehído tiene un doble conjugado con el doble enlace del grupo carbonilo, por lo que el índice de anisidina es sobre todo una valoración de los 2-alquenos.

Análisis estadístico

En todos los análisis se trabajó por duplicado. Los datos se analizaron mediante el programa estadístico INFOSTAT versión 1.1.

Se realizó un análisis de componentes principales (análisis multivariado) con la finalidad de observar el comportamiento de los diferentes tratamientos (sistema de extracción x condición lumínica x tipo de envase).

Resultados y Discusión

Los datos experimentales fueron procesados mediante análisis multivariado con la finalidad de discriminar los tratamientos en función de aquellos parámetros que reflejan de manera significativa la estabilidad de los aceites de oliva almacenados.

A partir del mismo, se obtuvo un diagrama multidimensional (componentes principales, CP) de todas las muestras de aceites de oliva (sistema de extracción x condición lumínica x tipo de envase) en relación a los parámetros químicos analizados. Este procedimiento estadístico permitió excluir los parámetros menos significativos, los cuales se posicionaron cerca del origen del gráfico. Los ácidos grasos fueron las variables que menos contribuyeron a explicar la variabilidad observada. De esta manera, el análisis de CP fue realizado nuevamente luego de excluir estos últimos parámetros. El gráfico resultante (Figura 1) proporciona una visión completa de los tratamientos, reflejando un 78 % de varianza total observada. Este gráfico exhibe las diferencias entre los tratamientos y permite visualizar el patrón de asociación entre los parámetros químicos: aquellos que se encuentran en una misma dirección y lejos del origen estuvieron correlacionados

Capítulo II: Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad del aceite de oliva monovarietal de *Arbequina*.

positivamente. Se observa una clara separación entre los tratamientos sobre el primer componente principal (CP1), el cual explica el 46 % de la variabilidad total observada, indicando que las variaciones debidas al sistema de extracción fueron mayores que aquellas debidas a la condición lumínica y tipo de envase. Los aceites extraídos mediante el sistema de centrifugación estuvieron agrupados sobre la parte derecha del gráfico. En este grupo, los aceites almacenados en PET, vidrio transparente y ámbar y hojalata estuvieron agrupados estrechamente. En los aceites extraídos mediante el sistema tradicional de prensado se observó una clara separación entre los aceites almacenados bajo condiciones de luz y oscuridad. Los primeros estuvieron principalmente asociados altos valores de grado de acidez y productos de oxidación secundarios (índice de anisidina y K_{270} ; $P > 0.0001$). Los aceites mantenidos en oscuridad estuvieron relacionados a productos de oxidación primarios (peróxidos; $P = 0.0048$).

El análisis de cluster de los aceites a partir de cada sistema extractivo (Figuras 2 y 3) puso énfasis en la influencia de la condición de iluminación sobre la estabilidad oxidativa de los aceites de oliva, evidenciándose cantidades incrementadas de los productos de oxidación secundarios en los aceites expuestos a la luz (IA y K_{270} , $P < 0.0001$). Esto sugiere que la luz reduce el periodo de inducción de oxidación.

La influencia del tipo de envase es menos clara. Es conocido que el material del envase afecta la permeabilidad al oxígeno y, en este sentido, actúa como una barrera física contra la oxidación. Los efectos previamente reportados de varios materiales de envases sobre la estabilidad de almacenamiento del aceite de oliva mostraron que los valores de índice de peróxido de los aceites envasados en materiales plásticos incrementaron más rápido que los de aquellos aceites envasados en vidrio. Por otra parte, Mendez y Falqué (2002) encontraron que los envases de hojalata y Tetra-brick[®] (hecho de polietileno, aluminio y cartón) presentaron la mayor protección contra la oxidación. En concordancia con estos resultados, se encontró que los envases de vidrio y hojalata serían los envases más apropiados para mantener la calidad de los aceites de oliva, pero este supuesto es fuertemente dependiente del tipo de aceite (prensado o centrifugación) y de las propiedades químicas iniciales de los mismos. Los parámetros IA ($P = 0.0001$) y K_{270} ($P = 0.0414$) resultaron estadísticamente significativos a partir del análisis de la varianza a tres vías con interacción (sistema de extracción x tipo de envase x condición de iluminación).

Capítulo II: Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad del aceite de oliva monovarietal de *Arbequina*.

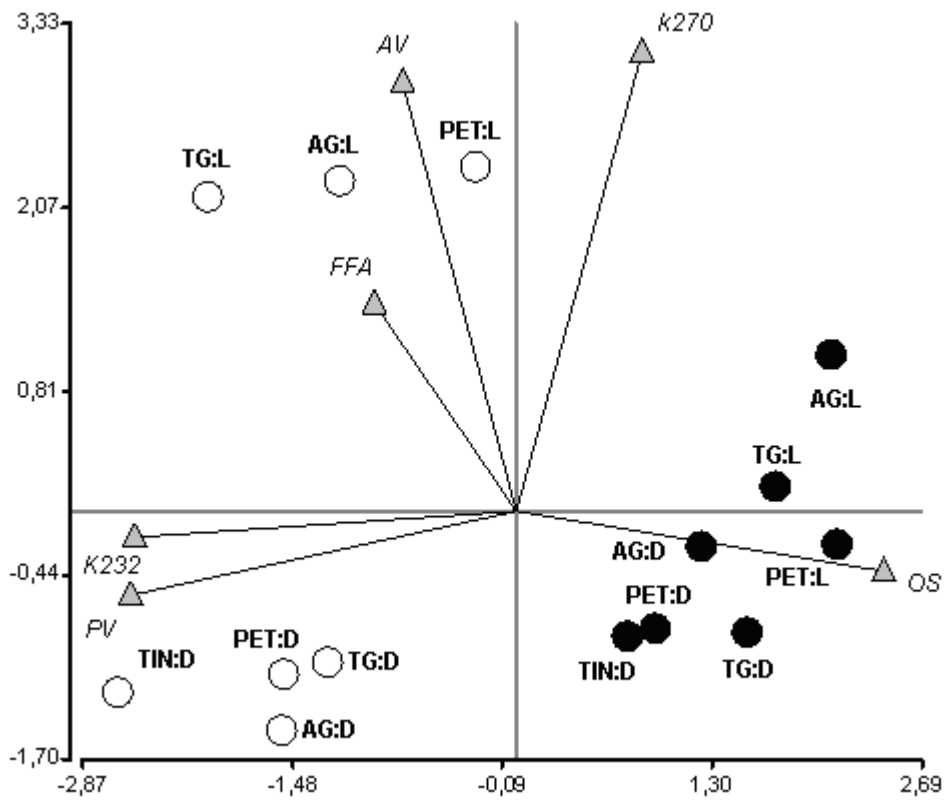


Figura 1: Análisis de componentes principales 1 y 2 para los datos químicos (Δ) a partir de aceites de oliva de *Arbequina* obtenidos por los sistemas de extracción centrifugación (●) o prensado (○), almacenados en luz (L) u oscuridad (D), y en diferentes tipos de envases (PET, tereftalato de polietilen-glicol; TG, vidrio transparente; AG, vidrio ámbar; TIN, hojalata).

Capítulo II: Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad del aceite de oliva monovarietal de *Arbequina*.

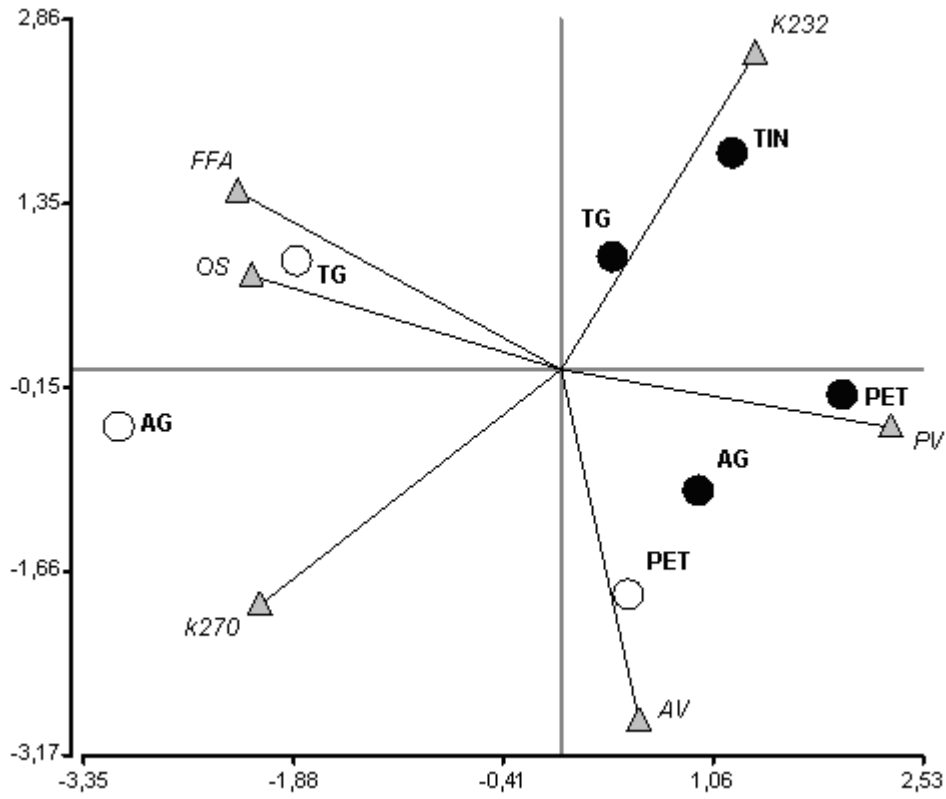


Figura 2: Análisis de componentes principales 1 y 2 para los datos químicos (Δ) a partir de aceites de oliva de *Arbequina* obtenidos por el sistema de centrifugación, almacenados en luz (\circ) u oscuridad (\bullet), y en diferentes tipos de envases (PET, tereftalato de polietilén-glicol; TG, vidrio transparente; AG, vidrio ámbar; TIN, hojalata).

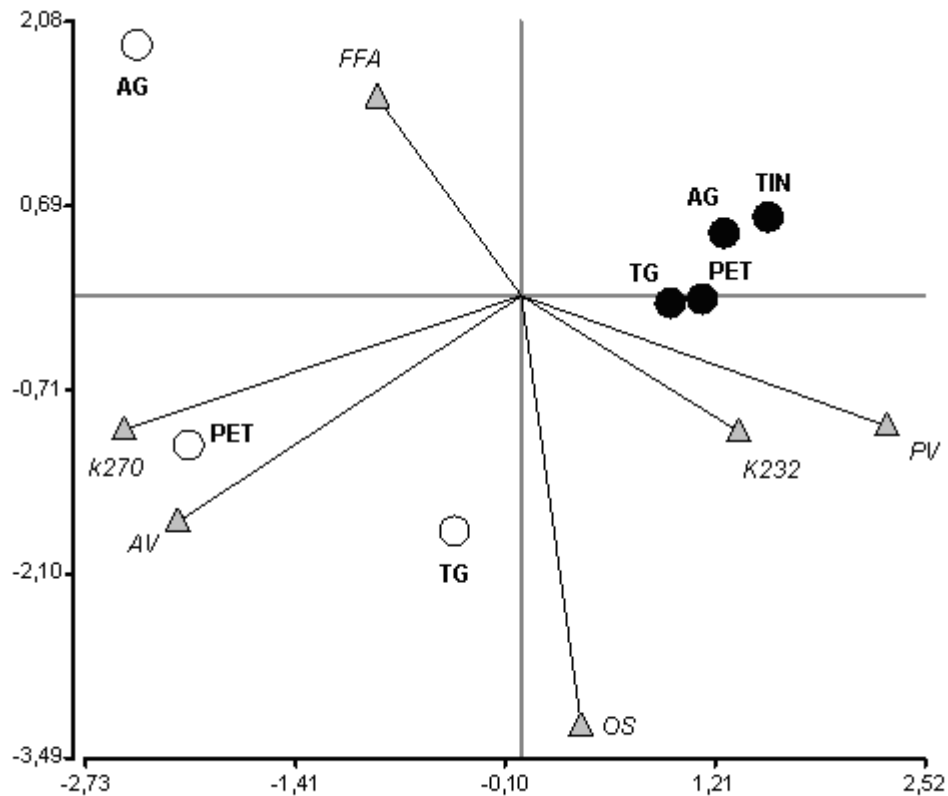


Figura 3: Análisis de componentes principales 1 y 2 para los datos químicos (Δ) a partir de aceites de oliva de *Arbequina* obtenidos por el sistema de prensado, almacenados en luz (\circ) u oscuridad (\bullet), y en diferentes tipos de envases (PET, tereftalato de polietilen-glicol; TG, vidrio transparente; AG, vidrio ámbar; TIN, hojalata).

Conclusiones

El estudio de la evolución de los índices de calidad en los aceites de oliva durante seis meses en condiciones de luz y oscuridad y en diferentes tipos de envases reflejó que, en todos ellos, ocurren incrementos significativos en los parámetros de grado de acidez, índice de peróxidos, anisidina y coeficientes de extinción específica (K_{232} y K_{270}). Asimismo, se demostró que el sistema de extracción tuvo más influencia que las condiciones de almacenamiento sobre la estabilidad oxidativa del aceite de la var. *Arbequina*. Además, se observó que existieron diferencias estadísticamente significativas en la estabilidad del aceite en base a las condiciones de iluminación en todos los tipos de envases.

Estos resultados sugieren que la estabilidad del aceite de *Arbequina* es afectada por los efectos combinados del sistema de extracción, tipo de envase y condiciones de almacenamiento (luz y oscuridad).

Estudio comparativo de parámetros biométricos, químicos y organolépticos de variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba)

Antecedentes

En función de su importancia y difusión, las variedades de olivo pueden ser clasificadas en cuatro categorías: principales, secundarias, difundidas y locales (Barranco, 1999). Las variedades principales son aquellas que presentan una amplia superficie cultivada o son dominantes en, al menos, una zona, tal es el caso de la var. *Arbequina*. Las variedades secundarias no llegan a dominar en ninguna región, pero son base de plantaciones regulares, como lo constituye la var. italiana *Frantoio*, y las españolas *Manzanilla* y *Nevadillo*. Todas estas variedades se destinan principalmente a la industria aceitera y son las de mayor difusión en el Valle de Traslasierra. Esta región cuenta con alrededor de 1.000 ha dedicadas al cultivo del olivo, destacándose por la calidad de sus aceites y la tendencia a la producción de varietales (Torres y Maestri, 2006). Tal como ocurre en la zona de producción de Cruz del Eje, la principal variedad implantada en Traslasierra es *Arbequina*.

La var. *Arbequina* es de floración abundante y prolongada y es considerada autocompatible. Sus hojas son de tamaño medio, finas y alargadas, de unos 6 mm por 50 mm, con 5 mm de pecíolo. Los bordes son parcialmente arqueados hacia adentro. Los frutos son pequeños, elípticos, simétricos, ligeramente alargados. El ápice es redondeado y no presenta pezón. La sección transversal máxima de los frutos es circular y está ligeramente desplazada hacia la base. El hueso o carozo presenta forma ovoide y simétrica, su superficie es rugosa, con 7 a 10 surcos fibrovasculares agrupados junto a la sutura. La base y el ápice son redondeados. La sección transversal máxima es circular y esta centrada. La relación pulpa/hueso es media. La maduración del fruto es escalonada, alcanzando un color negro al final de la misma. Los frutos se ubican en todo el largo de la rama fructífera, raramente de a uno; lo normal son dos o tres.

En cuanto a enfermedades, se le atribuye cierta sensibilidad a la mosca del olivo y a la verticilosis. Resulta tolerante a la tuberculosis.

La var. *Nevadillo* se considera una variedad rústica por su capacidad de adaptación a diversas condiciones de clima y suelo; en particular es resistente al frío, a la salinidad, al exceso de humedad del suelo y a la tuberculosis, pero resulta sensible a condiciones áridas y a terrenos calcáreos como así también a verticilosis. Esta variedad es de fácil propagación vegetativa por estaca y estaca semileñosa. Presenta una época de floración media y es considerado un cultivar autocompatible. La maduración de los frutos es temprana y posee una reducida resistencia al

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

desprendimiento que facilita su recolección mecanizada. Es muy apreciada por su precoz entrada en producción, alta y constante productividad, rendimiento graso elevado y facilidad de cultivo. Su aceite es de calidad media, aunque destaca por un alto índice de estabilidad y por un elevado contenido en ácido oleico (Barranco, 1999; Barranco Navero *et al.*, 2000).

La var. *Manzanilla* se considera poco vigorosa, de gran capacidad de adaptación a suelos pobres y zonas secas y frías. Posee una capacidad rizógena muy elevada. Es una variedad sensible a la verticilosis y tolerante a la mosca y a la tuberculosis. Es autocompatible y presenta un bajo porcentaje de aborto ovárico. La época de floración y la entrada en producción son precoces, siendo una variedad apreciada por su elevada y constante productividad. La maduración de las drupas es precoz y éstas presentan una baja resistencia al desprendimiento, lo cual resulta conveniente para la recolección mecánica. Por la calidad de su pulpa es muy valorada, tanto en verde como en negro, para aderezo. Si bien su rendimiento lipídico es bajo, su aceite es considerado de buena calidad (Barranco, 1999; Barranco Navero *et al.*, 2000).

La var. *Frantoio* es muy apreciada por su precoz entrada en producción, su elevada y constante productividad y por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones medioambientales, aunque es sensible al frío invernal. Asimismo, resulta sensible a la tuberculosis y a la mosca y tolerante a verticilosis. Además, presenta una alta capacidad de enraizamiento. La época de floración es intermedia y las flores presentan un bajo porcentaje de aborto ovárico. Si bien es considerada autocompatible, su productividad mejora con la presencia de polinizadores idóneos. La época de maduración de sus frutos es escalonada y tardía. A pesar de su rendimiento lipídico medio, su aceite es muy valorado por sus excelentes características organolépticas y por su estabilidad (Barranco, 1999; Barranco Navero *et al.*, 2000).

La gran diversidad de cultivares de olivo es el resultado de un proceso de hibridación - selección de descendencia - clonación ocurrido en las distintas zonas de cultivo. Si bien la influencia del genoma es un factor determinante de las cualidades intrínsecas del aceite de oliva, los factores medioambientales pueden tener un efecto más o menos marcado sobre las características químicas y organolépticas de los aceites obtenidos de las diferentes variedades. La caracterización de los aceites es necesaria, por lo tanto, para la autenticación y puede constituir una herramienta valiosa para garantizar el origen. Interesan, en este sentido, parámetros clásicos de calidad, como la composición acídica, y nuevos criterios de calidad tales como el contenido de compuestos fenólicos, tocoferoles, pigmentos y sustancias volátiles.

En función de lo expuesto y teniendo en cuenta la carencia de antecedentes relativos al conocimiento de los genotipos locales de olivo, se propone en este capítulo tipificar las principales variedades aceiteras cultivadas en la provincia de Córdoba, comparándolas con las de otras regiones de Argentina y Europa.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Las variedades estudiadas en este Capítulo se encuentran implantadas en todo el Valle de Traslasierra y son comunes también a la región noroeste de la provincia. La zona de Traslasierra presenta características climáticas y pedológicas similares a la ya reseñadas para la región de Cruz del Eje.

Las plantas seleccionadas para realizar el estudio se encuentran en la Finca Corralito, localizada en las proximidades del paraje Loma Bola, aproximadamente a 44 km al sur de la ciudad de Villa Dolores. La elección de este sitio de estudio se realizó en función del buen estado fitosanitario de las plantaciones y de una adecuada distribución parcelaria de las variedades.

Material Vegetal

Durante las campañas 2002 y 2003 se recolectaron muestras de frutos de las siguientes variedades de olivo: *Arbequina*, *Manzanilla*, *Nevadillo* y *Frantoio*. La toma de muestras se realizó según un diseño aleatorizado, sobre seis plantas de cada una de las variedades, ubicadas en un marco de plantación de 10 x 10 metros. La recolección se llevó a cabo en forma manual, a intervalos semanales, durante el período de cosecha (principios de mayo a principios de junio). En cada uno de los lotes de frutos recolectados (variedad x fecha de cosecha x año) se determinaron el índice de madurez (Hermoso *et al.*, 1999) y diferentes índices biométricos de acuerdo a la metodología propuesta por Bartolini y Petruccelli (1994).

Extracción de los aceites

Para la extracción de los aceites se utilizó el sistema de prensado bajo las condiciones ya señaladas en el primer capítulo. Los rendimientos de aceite (según base seca) se determinaron por extracción con aparato de Soxhlet, de acuerdo a la metodología ya descrita.

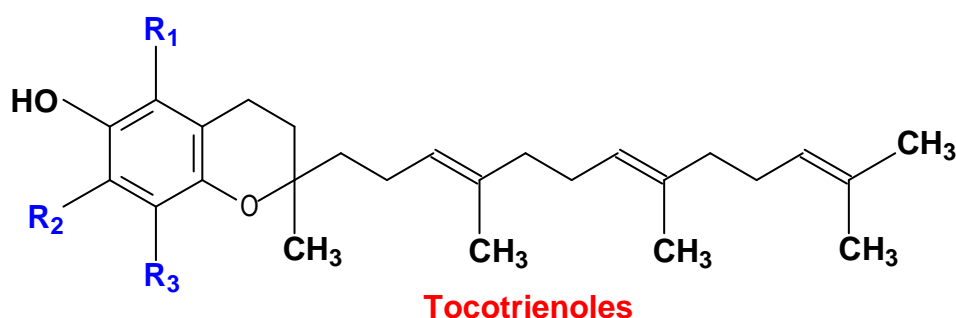
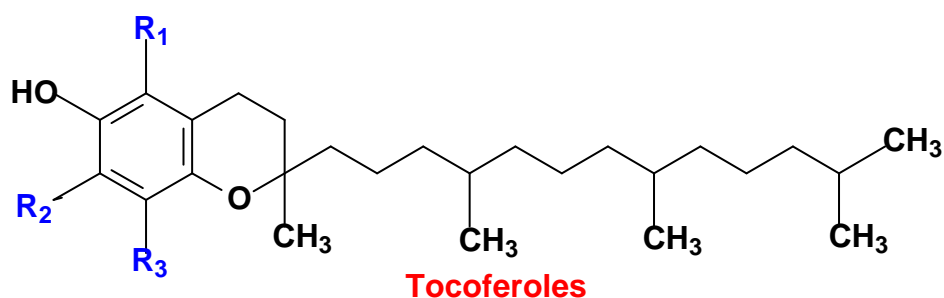
Análisis químico de los aceites

Se utilizó la metodología reseñada en el Cap. I para la determinación de los siguientes parámetros: grado de acidez, índice de peróxidos, coeficientes de extinción específica (K_{232} y K_{270}), composición ácida, susceptibilidad oxidativa, índice de yodo, fenoles y orto-difenoles totales y contenido total de clorofilas y carotenoides.

A continuación se detalla la metodología empleada para la determinación de los tocoferoles, compuestos volátiles y de la estabilidad oxidativa.

Tocoferoles

Esta vitamina liposoluble se encuentra en la naturaleza en una serie de tocoferoles y tocotrienoles. Esta formada por un anillo de cromano provisto de una cadena lateral isoprenoide de 16 átomos de carbono saturada (tocoferoles) o insaturada (tocotrienoles). Dependiendo de la posición de los grupos metilo en el anillo de cromano, los compuestos resultantes se conocen con la denominación alfa, beta, gama y delta.



Posición del grupo metilo (CH ₃) sobre el anillo aromático	Tocoferoles	Tocotrienoles
R ₁ , R ₂ , R ₃	α-tocoferol	α-tocotrienol
R ₁ , R ₃	β-tocoferol	β-tocotrienol
R ₂ , R ₃	γ-tocoferol	γ-tocotrienol
R ₃	δ-tocoferol	δ-tocotrienol

La vitamina E está ampliamente difundida en diversos grupos de alimentos: semillas, aceites vegetales, granos de cereales, frutas, hortalizas y productos de origen animal. Aunque el α-tocoferol es el más importante en relación con la actividad biológica, los otros isómeros naturales pueden estar presentes en concentraciones significativas y contribuyen tanto a la actividad vitamínica como a la antioxidante. En general, los tocoferoles con elevada actividad como vitamina E son antioxidantes menos eficaces que los que tienen una actividad vitamínica más baja. La actividad relativa de estos compuestos es afectada significativamente por la luz, la temperatura, la concentración, las características físicas y químicas del sustrato, etc.

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Una proporción relativamente elevada de los tocoferoles presentes en los aceites vegetales crudos sobrevive a las distintas etapas del procesado y permanece en cantidad suficiente para proporcionar cierta estabilidad frente a la oxidación en el producto acabado.

El isómero alfa del tocoferol es el mayor antioxidante endógeno presente en el aceite de oliva. Este compuesto comprende aproximadamente el 90 % de los tocoferoles totales del aceite y sus concentraciones varían desde unos pocos ppm hasta aproximadamente 500 ppm (Hidalgo Casado *et al.*, 1993; Blekas *et al.*, 1995; Cinquanta *et al.*, 2001; Beltrán *et al.*, 2004; Torres *et al.*, 2005).

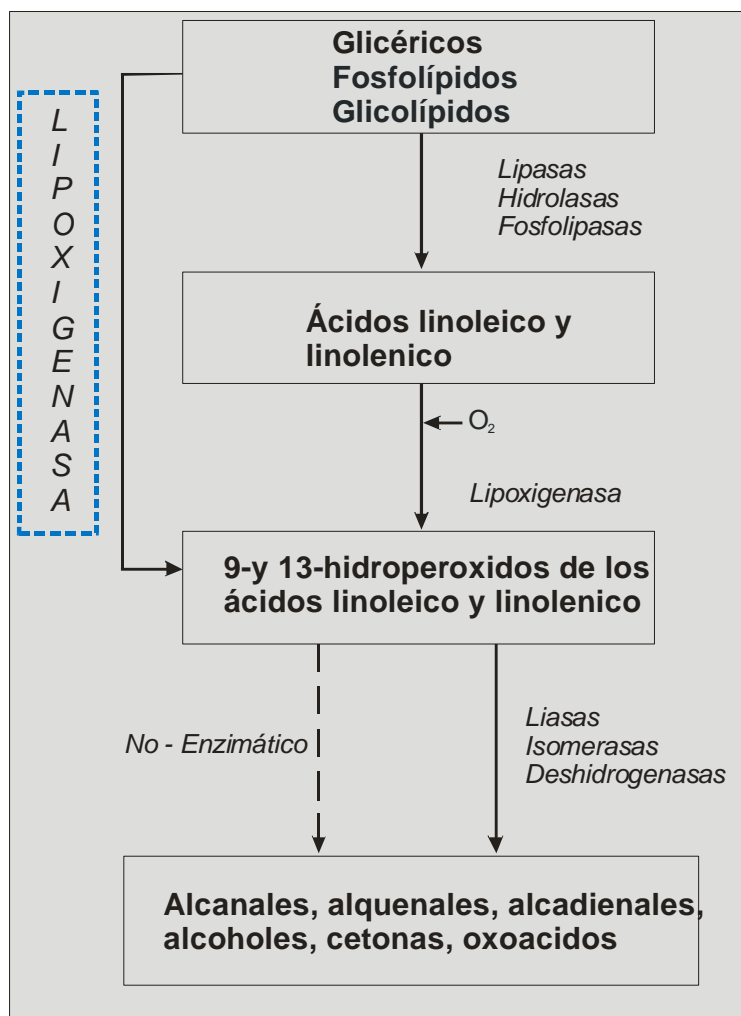
Los tocoferoles se analizaron por cromatografía líquida de alta presión (HPLC) de acuerdo al procedimiento indicado en el método oficial Ce 8-89 de la AOCS (1998). Los componentes de la mezcla (α -, β -, γ -, y δ -tocoferol) se identificaron por comparación de sus tiempos de retención relativos con respecto a patrones corridos bajo idénticas condiciones. Para la cuantificación de los componentes individuales se valoró la respuesta del detector (como porcentaje de área) a diferentes diluciones de cada uno de los patrones puros. La concentración se expresó como mg tocoferol/kg de aceite.

Compuestos volátiles

Como ya se mencionó en el Capítulo anterior, la degradación de los lípidos de los tejidos vegetales se produce a través de un proceso a menudo llamado la cascada de los ácidos grasos poliinsaturados. Para descomponer los ácidos grasos insaturados se requieren normalmente una serie de diferentes acciones enzimáticas. La secuencia comienza con la hidrólisis de varios glicéridos por lipasas, acilhidrolasas lipolíticas y fosfolipasas, durante la cual se liberan los ácidos grasos poliinsaturados (Figura 1). Las lipoxigenasas (LOX) convierten entonces los ácidos grasos insaturados en hidroperóxidos, principalmente isómeros 9 y 13, los cuales son inestables. En el último paso de la cascada, las liasas, isomerasas y deshidrogenadas transforman los hidroperóxidos en una gran variedad de productos volátiles y no volátiles. Los componentes del sabor o "flavor" formados, tales como aldehídos y alcoholes, pueden ser directamente responsables de la génesis del flavor desagradable o "off - flavor".

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Figura 1: Oxidación enzimática de los ácidos grasos insaturados.



El aceite de oliva virgen es un caso especial porque esta ruta enzimática es también responsable de la génesis de su genuino y apreciado flavor. Los ácidos grasos insaturados libres, particularmente los ácidos linoleico y linolénico de las plantas, son los sustratos preferidos para la oxidación de las LOX. Ciertas isoenzimas de las LOX (variantes enzimáticas) pueden también catalizar la oxidación de ácidos grasos insaturados cuando están esterificadas en los lípidos. Las condiciones ideales para la oxidación enzimática se dan cuando el oxígeno está presente, es entonces cuando se alcanzan los niveles de oxidación más altos. La ausencia de oxígeno no interrumpe la oxidación porque algunas formas de las LOX pueden oxidar a los ácidos grasos sin la presencia de oxígeno, formando así radicales libres. La presencia de cantidades traza de hidroperóxidos acelera la oxidación de los ácidos grasos insaturados por la LOX.

En el aceite de oliva virgen, esta ruta enzimática actúa durante el proceso de extracción del aceite ya que los compuestos volátiles se forman inmediatamente cuando se cortan las aceitunas. El perfil volátil de las aceitunas cortadas muestra un cambio considerable, como resultado de la producción de compuestos volátiles verdes (responsables de la percepción sensorial verde) que provienen tanto del ácido linoleico como linolénico.

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Las enzimas de rotura pueden ser naturales de las aceitunas y las plantas, en tanto que las enzimas microbianas no se pueden excluir como un factor del deterioro adicional. Los radicales libres formados por la descomposición de hidroperóxidos (aún en pequeñas cantidades) pueden intensificar aún más la oxidación, lo cual produce la formación del flavor desagradable en un período de tiempo más corto, lo que se traduce en una menor estabilidad del aceite durante su almacenamiento.

Los productos de oxidación no volátiles, particularmente los ácidos grasos hidroxilados, son los responsables de la formación del sabor amargo de los aceites.

Se han examinado varias rutas de reacción para el desarrollo de los productos volátiles. La predominancia de una ruta particular depende del estado de oxidación del aceite, así como de otros factores como la presión de oxígeno, la temperatura y la presencia de prooxidantes y antioxidantes.

Para la determinación de tales compuestos en los aceites se siguió la metodología propuesta por Torres *et al.* (2005): Las muestras de aceites frescos (5 ml) de cada una de las variedades, se colocaron en viales de vidrio de 15 ml de capacidad y se cerraron inmediatamente con tapones de silicona. Los viales se sometieron a calentamiento (50 °C) y los compuestos volátiles desprendidos se adsorbieron con una microfibra recubierta con divinilbenceno/carboxeno sobre polidimetilsiloxano. Transcurridos 30 minutos de calentamiento la fibra se insertó inmediatamente en el puerto de inyección de un cromatógrafo gaseoso acoplado a un espectrofotómetro de masa. La separación de los componentes de la mezcla se realizó en una columna capilar HP 5 (30 m longitud x 0.25 mm de diámetro interno x 0.25 µm de espesor de fase). Se empleó helio como gas portador (1ml/min.). La temperatura del inyector se mantuvo a 250 °C y la temperatura del horno se incrementó desde 50 °C (2 min) hasta 250 °C a razón de 5 °C/min. Los compuestos volátiles se identificaron por comparación de los patrones de fragmentación obtenidos con aquellos de compuestos estándares de referencia y por medio de la biblioteca Wiley de espectros de masa.

Prueba de resistencia a la estabilidad oxidativa

El aceite de oliva se considera resistente a la oxidación debido a su bajo contenido en ácidos grasos poliinsaturados y por la presencia de antioxidantes naturales tales como el α -tocoferol y los compuestos fenólicos. Sin embargo, el aceite de oliva es susceptible de oxidarse como ocurre con otros aceites vegetales.

Se ha puesto a punto numerosas pruebas, basadas en la oxidación acelerada, para evaluar la resistencia del aceite a la oxidación. Las pruebas más usadas son: método del oxígeno activo, prueba de absorción del oxígeno, pruebas de conductividad (ej. Rancimat, OSI), pruebas de almacenamiento a temperatura ambiente y de almacenamiento acelerado. En el presente trabajo se empleó esta última prueba para evaluar la estabilidad oxidativa de los aceites monovarietales (Nissiotis y Tasioula-Margari, 2002). Las muestras de aceites (50 ml) fueron

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

colocadas en vasos de precipitado (100 ml) y mantenidas en estufa a 100 °C. A intervalos de 12 horas las muestras fueron retiradas de la estufa y se les determinó el índice de peróxidos según la metodología ya explicitada. La estabilidad oxidativa se expresó como tiempo de inducción, considerado como el número de horas necesarias para que el índice de peróxido alcance el valor de 70 meq/kg de aceite (Cinquanta *et al.* , 2001).

Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó según la metodología propuesta por el IOOC (1996).

Análisis estadístico

La base informática utilizada fue el programa INFOSTAT versión 1.1. En cada una de las variables estudiadas se realizó en forma independiente el Análisis de varianza (ANOVA) entre variedades. En aquellos casos en donde se observaron diferencias estadísticamente significativas (DES) ($p \leq 0.05$), se utilizó un test a posteriori de comparaciones múltiples (LSD). Para establecer correlaciones entre las variables analizadas se utilizó el test de correlación de Pearson.

Resultados y Discusión

Los índices de madurez de los frutos de las distintas variedades estuvieron comprendidos entre 2.48 y 4.23 (Tabla 1). Los parámetros biométricos estudiados mostraron que las variedades *Arbequina* y *Frantoio* presentaron frutos más pequeños que las restantes variedades (Tabla 1). *Arbequina* es una de las variedades aceiteras que presenta frutos de tamaño medio-bajo mientras que los restantes cultivares muestran tamaño de fruto medio (Barranco, 1999; Barranco Navero *et al.*, 2000). Los valores biométricos encontrados en este trabajo concordaron con los datos publicados por Ravetti (1999) para estas variedades cultivadas en la provincia de Catamarca.

Los valores medios de rendimiento de aceite no presentaron diferencias significativas entre las variedades. No obstante, otros estudios llevados a cabo en estos cultivares (Hidalgo Casado *et al.*, 1993; Barranco, 1999; Ravetti, 1999; Rodríguez *et al.*, 2003) muestran que las variedades *Arbequina*, *Frantoio* y *Nevadillo* presentan porcentajes de aceite (base fresca) más altos que los de la var. *Manzanilla*. El índice de madurez de los frutos constituye un factor crítico cuando se pretende determinar el momento oportuno de cosecha en base al rendimiento de aceite (Gutiérrez y González-Quijano, 1989; Hidalgo Casado *et al.*, 1993; Lavee *et al.*, 1996; Stefanoudaki *et al.*, 1999; Rodríguez *et al.*, 2003). Con excepción de la var. *Frantoio*, este índice resultó semejante en las restantes variedades, por lo que su influencia sobre el contenido graso no fue significativa en este trabajo.

Los índices generales de calidad (grado de acidez, índice de peróxidos y el coeficiente de extinción específica K_{232}) de los aceites estudiados revelaron diferencias estadísticamente

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

significativas entre las variedades. Los valores obtenidos estuvieron comprendidos dentro de los valores reglamentados para AOEV (Tabla 2). El grado de acidez (% ácido oleico) de todas las muestras analizadas estuvo comprendido entre 0.22 (*Nevadillo*) y 0.44 (*Frantoio*); el índice de peróxidos (meq/kg) entre 9.61 (*Manzanilla*) y 12.81 (*Frantoio*) y el coeficiente de extinción K_{232} entre 0.16 (*Frantoio*) y 0.23 (*Arbequina*). Este último parámetro presentó una correlación positiva con el índice de madurez de los frutos ($r = 0.77$, $p = 0.01$). Para el coeficiente de extinción K_{270} no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las variedades.

El contenido total de clorofilas (mg/kg) varió entre 2.38 (*Manzanilla*) y 3.65 (*Frantoio*) mientras que los valores de carotenoides (mg/kg) estuvieron comprendidos entre 1.53 (*Manzanilla*) y 3.32 (*Frantoio*) (Tabla 2). Los valores medios en los contenidos de clorofilas y carotenoides coincidieron con aquellos registrados por Criado *et al.* (2007) y Motilva *et al.* (1998) para la var. *Arbequina* y fueron superiores a los encontrados en *Farga*, ambas cultivadas en España (Criado *et al.*, 2005). Por otra parte, las concentraciones de estos pigmentos en los aceites varietales de Traslasierra resultaron inferiores a las de las variedades *Cornicabra* (Salvador *et al.*, 1998, 2001, 2003), *Cerasuola*, *Nocellara* y *Biancolilla* (Giuffrida *et al.*, 2007) cultivadas en Europa.

Con respecto al contenido total de compuestos fenólicos se observaron diferencias estadísticamente significativas entre *Manzanilla* (659.11 mg/kg) y el resto de las variedades (Tabla 4 y Figura 6). La var. *Nevadillo* presentó el contenido más bajo (274.80 mg/kg). La concentración de *o*-difenoles no mostró diferencias significativas entre las variedades. Los valores medios de compuestos fenólicos totales resultaron superiores a los señalados por otros autores para las mismas variedades cultivadas en la cuenca del mediterráneo (Tous *et al.*, 1997; Uceda y Hermoso, 1999; Pérez-Arquillué *et al.*, 2003; Pardo *et al.*, 2005) y en las provincias argentinas de Catamarca (Ravetti, 1999; Alderete Salas *et al.*, 2004, 2005) y San Juan (Mattar y Turcato, 2005). No obstante, Aguilera *et al.* (2005) han citado contenidos medios de fenoles significativamente mayores para la var. *Frantoio* cultivada en las zonas españolas de Jaén y Caba.

El genotipo, el grado de maduración de los frutos y el ambiente son los factores principales que afectan la concentración de fenoles del aceite de oliva (Amiot *et al.*, 1986; Esti *et al.*, 1998; Romani *et al.*, 1999; Botía *et al.*, 2001; Aguilera *et al.*, 2004; Vinha *et al.*, 2005). A los fines de explicar las diferencias observadas entre los cultivares locales y sus homólogos cultivados en otras regiones de Argentina y del mundo, deben descartarse en principio, factores genéticos como así también los relacionados a la maduración, puesto que las comparaciones se realizaron con materiales que presentan índices de madurez semejantes. En consecuencia, puede asumirse que el medio agroecológico, entendido este en su más amplia concepción, es el factor de mayor importancia que influye sobre la concentración de compuestos fenólicos. No deben descartarse, sin embargo, aspectos tecnológicos ligados al sistema de extracción de los aceites, cuya influencia fue discutida en el primer capítulo.

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

El α -tocoferol ha sido tradicionalmente considerado como el principal antioxidante del aceite de oliva (Sherwin, 1976). En este trabajo, la var. *Nevadillo* mostró el mayor contenido de α -tocoferol (442 mg/kg) mientras que *Arbequina* presentó el valor más bajo (230.85 mg/kg) (Tabla 4 y Figura 6). Este último registro es semejante a aquellos de *Arbequina* cultivada en el hemisferio norte (Pardo *et al.*; 2005) y en las provincias argentinas de Catamarca y La Rioja (Carelli *et al.*, 2005). En la var. *Frantoio* se obtuvieron valores de α -tocoferol semejantes a los encontrados por Carelli *et al.* (2005) para aceites de la provincia de La Rioja, pero superiores a los registros publicados por Aguilera *et al.* (2004) y Uceda y Hermoso (1999) para aceites de esta variedad cultivada en Europa. Por su parte, la var. *Manzanilla* presentó contenidos medios de tocoferoles totales significativamente superiores, entre un 57 % y un 64 %, a los señalados por Pardo *et al.* (2005) y Carelli *et al.* (2005), respectivamente. Los restantes tocoferoles asumieron porcentajes comprendidos entre 2.14 – 6.84 % (β -tocoferol), 1.83 – 5.01 % (γ -tocoferol) y 5.14 – 5.60 % (δ -tocoferol) (Tabla 4).

Las concentraciones de los diferentes ácidos grasos encontrados en los aceites analizados estuvieron comprendidas dentro del rango observado para aceites de oliva vírgenes de distintas procedencias (Tous *et al.*, 1997; Ravetti, 1999; Uceda y Hermoso, 1999; Aguilera *et al.*, 2004; Salas Alderete *et al.*, 2004; Mattar y Turcato, 2005; Pardo *et al.*, 2005). Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre variedades para todos los ácidos grasos, a excepción del linolénico (Tabla 3).

Las variedades *Manzanilla* y *Nevadillo* presentaron los mayores valores de ácido oleico (72.36 y 72.92, respectivamente) y, consecuentemente, las menores concentraciones en ácido linoleico (< 10 %). En *Arbequina* se observó un comportamiento opuesto. Esta variedad presentó además, el mayor porcentaje de ácidos grasos saturados y menor de insaturados (Figuras 7 y 8).

En general, las variedades estudiadas en este trabajo presentaron valores de ácido oleico similares a los señalados para sus homólogas cultivadas en la Cuenca Mediterránea (Uceda y Hermoso, 1999; Pinelli *et al.*, 2003; Aguilera *et al.*, 2004; Pardo *et al.*, 2005) y en la zona olivícola de Catamarca (Alderete Salas *et al.*, 2004, 2005). Sin embargo, en coincidencia con lo observado en las plantaciones del Departamento Cruz del Eje, el contenido de este ácido graso en la var. *Arbequina* resultó marcadamente inferior al obtenido de esta variedad cultivada en España. Estos resultados coinciden con estudios que demuestran que cuando la var. *Arbequina* es cultivada en el hemisferio sur, sus aceites poseen una menor cantidad de ácido oleico, incrementándose las proporciones de ácidos saturados y de ácido linoleico (Fedeli *et al.*, 1996).

Tanto el índice de yodo como el de susceptibilidad oxidativa presentaron sus menores valores en la var. *Manzanilla* (83.81 y 515.49, respectivamente); *Arbequina* registró los índices más elevados (88.16 y 788.06, respectivamente) (Tabla 3). La susceptibilidad oxidativa de los aceites se correlacionó negativamente con el contenido de ácido oleico ($r = -0.95$, $p < 0.05$).

La var. *Manzanilla* también presentó el valor más alto de estabilidad oxidativa (99.45 h); *Nevadillo* (39.42 h) y *Arbequina* (53.38 h) tuvieron los registros más bajos (Tabla 4 y Figura 6).

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Este índice se correlacionó positivamente con el contenido de compuestos fenólicos ($r = 0.82$, $p = 0.01$).

En general, los valores de estabilidad oxidativa de los aceites analizados se encuentran dentro del rango usual para aceites de oliva virgen. La var. *Manzanilla* presentó registros próximos al de las variedades *Coratina*, *Picholine Marrochine*, *Megaritiki* y *Caninnesse*, las cuales exhiben valores comprendidos entre 70 y 100 horas (Uceda y Hermoso, 1999). La var. *Frantoio* mostró una estabilidad media semejante a la de las variedades *Genovesa*, *Leccino*, *Empeltre* y *Lechín de Sevilla* (40 – 70 horas) (Uceda y Hermoso, 1999). Los mayores registros de estabilidad oxidativa han sido citados para las variedades *Picual* y *Cornicabra* (Salvador *et al.*, 1998, 2001, 2003; Beltrán *et al.*, 2004;) y *Koroneiki* (Uceda y Hermoso, 1999) las cuales presentan valores promedios superiores a 100 horas.

Las sustancias volátiles están presentes en pequeñas cantidades en el aceite de oliva y son responsables en gran medida del aroma y sabor (“flavor”) del mismo (Kiritsakis, 1998; Caja *et al.*, 2000; Mildner-Szkudlarz *et al.*, 2003; Angerosa *et al.*, 2004; Cavalli *et al.*, 2004; Tura *et al.*, 2004; Zunin *et al.*, 2004). En las variedades estudiadas en este trabajo, se identificaron un total de 22 componentes de la fracción volátil de los aceites; los mismos incluyeron a hidrocarburos, alcoholes, aldehídos y derivados del furano (Tabla 5). En todas las variedades, los compuestos mayoritarios fueron aldehídos saturados e insaturados, los cuales representaron entre el 57.68 (var. *Nevadillo*) hasta el 70.58 % (var. *Manzanilla*) del total; los porcentajes más altos correspondieron a nonanal, 2-decenal y 2-undecenal. Le siguieron, en orden de abundancia, hidrocarburos saturados ($C_4 - C_8$) entre los cuales n-heptano y n-octano asumieron las mayores concentraciones. Los alcoholes alifáticos se encontraron en pequeñas cantidades, mientras que los derivados del furano sólo se observaron en las variedades *Manzanilla* y *Nevadillo*.

La composición de sustancias volátiles de los aceites analizados difiere sustancialmente de la de los aceites de oliva de origen europeo. En estos últimos, se ha observado el predominio de aldehídos y alcoholes de 5 y 6 átomos de carbono, generados principalmente a través de mecanismos bioquímicos iniciados por la enzima Lipoxigenasa (Olías *et al.*, 1993; Angerosa *et al.*, 1999; 2004; Servili *et al.*, 2003, 2007, 2008). En los aceites de Córdoba, por el contrario, estos componentes de cadena corta asumen porcentajes minoritarios, siendo reemplazados por hidrocarburos y aldehídos de mayor peso molecular, generados mediante mecanismos que involucran la oxidación de los ácidos grasos insaturados (Frankel, 1985). De esta manera, las evidencias indicarían que los principales componentes del “flavor” de los aceites estudiados, serían derivados de diferentes hidroperóxidos del ácido oleico, tal como se ilustra en la Figura 9.

De acuerdo al análisis sensorial realizado, las muestras catadas pertenecientes a las variedades *Arbequina*, *Manzanilla*, *Nevadillo* y *Frantoio* correspondieron a aceites de oliva extra vírgenes, ya que la mediana de los defectos fue igual a cero y la mediana del frutado mayor que cero (Tabla 2).

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

La var. *Arbequina* presentó un frutado medio importante, como así también un picante sobresaliente de características muy agradables (Figura 10). En este aceite monovarietal no se destacaron notas de otros atributos. Asimismo, se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre algunos descriptores, a saber: frutado y amargo ($r = -0.5292$, $p = 0.0038$) y frutado y picante ($r = 0.4465$, $p = 0.0172$).

La var. *Manzanilla* presentó valores muy similares de los tres descriptores evaluados, destacándose en el sabor algunas notas a chocolate y a verde (Figura 10). También se observaron correlaciones positivas entre los descriptores amargo y frutado ($r = 0.4559$, $p = 0.0378$) y amargo y picante ($r = 0.8143$, $p = 0.00001$).

La var. *Nevadillo* presentó un valor de frutado superior al de las restantes variedades, (Figura 10); constituyendo un aceite de características muy armoniosas en su conjunto. Además, evidenció ciertos descriptores particulares tales como hoja, alcachofa, almendras, dulce. Se registró, al igual que en la variedad anterior, una correlación significativa entre los descriptores amargo y picante ($r = 0.5769$, $p = 0.0062$).

La var. *Frantoio* presentó notas de frutado, amargo y picante de intensidad media, de muy buenas características sensoriales (Figura 10). Asimismo se destacaron notas de almendras, banana y frutado maduro. Se registraron correlaciones estadísticamente significativas entre los descriptores picante y amargo ($r = 0.4981$, $p = 0.0070$) y picante y frutado ($r = -0.4293$, $p = 0.0226$).

Por otra parte, se encontró una correlación significativa entre el contenido de fenoles totales y los descriptores amargo ($r = 0.64$, $p = 0.01$) y picante ($r = 0.69$, $p = 0.003$), lo cual concuerda con lo observado para las variedades *Manzanilla* y *Frantoio*. Las propiedades sensoriales del aceite de oliva virgen son fuertemente afectadas por la composición fenólica. En particular, estos compuestos han sido asociados a los descriptores sensoriales de amargo y picante del aceite. Recientemente, Andrewes *et al.* (2003) y Gutiérrez-Rosales *et al.* (2003) han encontrado una buena correlación entre las notas de amargo presentes en el aceite de oliva y la oleuropeína y sus derivados secoiridoideos, principales fenoles presentes en los aceites de oliva vírgenes.

Conclusiones

Los principales atributos biométricos, químicos y organolépticos analizados permitieron observar diferencias entre las variedades *Arbequina*, *Frantoio*, *Nevadillo* y *Manzanilla* estudiadas en este trabajo. Aunque estas diferencias deben atribuirse al genotipo, no se debe soslayar el efecto del ambiente el cual se hace notorio cuando se comparan las características de estas variedades con aquellas cultivadas en distintas regiones de Argentina y Europa.

La variedad tuvo un efecto particularmente significativo sobre el contenido de fenoles, tocoferoles y ácidos grasos mayoritarios de los aceites. Estos parámetros repercutieron, a su vez,

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

sobre la estabilidad oxidativa de los mismos. El aceite de la var. *Manzanilla* presentó el valor más alto de estabilidad lo que se relacionó con su mayor contenido en ácido oleico y en fenoles totales.

El análisis de los componentes volátiles de los aceites no reflejó diferencias entre las variedades. Sin embargo, se encontraron importantes variaciones con los aceites de origen español. Se postula que las mismas son el resultado de diferentes vías de generación del aroma: en los aceites españoles predominan mecanismos enzimáticos, mientras que en los aceites analizados en este trabajo los compuestos volátiles son generados fundamentalmente por mecanismos de autooxidación del ácido oleico.

El análisis sensorial de los aceites evidenció algunas diferencias ya observadas a nivel de composición química, en particular en la var. *Manzanilla* cuyos atributos de amargo y picante pueden ser atribuidos al mayor porcentaje de fenoles encontrado en este aceite.

Finalmente, es importante destacar que todos los atributos químicos y organolépticos de los aceites analizados estuvieron comprendidos dentro de los valores establecidos por el Consejo Olivícola Internacional para la categoría de aceite de oliva virgen extra.

En función de lo expuesto, se concluye que entre las variedades presentes en la provincia de Córdoba, *Manzanilla* posee características químicas y organolépticas peculiares superiores a las restantes variedades estudiadas en este trabajo. Esta variedad debería ser considerada en los programas de renovación de cultivares de olivo a nivel regional, teniendo en cuenta además su adaptación a las condiciones agroecológicas de la región.

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Tabla 1: Índice de madurez, peso de la pulpa, peso del hueso, relación pulpa/hueso y rendimiento de aceite de frutos pertenecientes a las variedades aceiteras cultivadas en el Valle de Traslasierra (Finca Corralito, Córdoba). Valores medios \pm error estándar ($n = 6$). Valores medios para cada parámetro seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre variedades.

Parámetros	ARBEQUINA	MANZANILLA	NEVADILLO	FRANTOIO
Índice de madurez*	3.70 \pm 0.51 ^b	3.69 \pm 0.70 ^b	4.23 \pm 0.71 ^b	2.48 \pm 0.09 ^a
Peso pulpa* (g)	1.53 \pm 0.19 ^a	3.30 \pm 0.43 ^c	3.11 \pm 0.52 ^c	2.07 \pm 0.16 ^b
Peso hueso* (g)	0.54 \pm 0.15 ^a	0.70 \pm 0.03 ^{ab}	0.73 \pm 0.11 ^b	0.62 \pm 0.05 ^{ab}
Relación pulpa/hueso*	2.94 \pm 0.55 ^a	4.75 \pm 0.63 ^b	4.24 \pm 0.11 ^b	3.36 \pm 0.27 ^a
Rendimiento de aceite (% base seca)	40.05 \pm 2.70 ^a	43.07 \pm 2.30 ^a	42.67 \pm 0.69 ^a	49.64 \pm 12.71 ^a

* Estimado en base a 100 frutos.

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Tabla 2: Grado de acidez, índice de peróxidos, coeficientes de extinción específica (K_{232} y K_{270}), contenido de clorofilas y carotenoides y parámetros sensoriales de los aceites pertenecientes a las variedades cultivadas en el Valle de Traslasierra (Finca Corralito, Córdoba).

<i>Parámetros químicos[‡]</i>	<i>Arbequina</i>	<i>Manzanilla</i>	<i>Nevadillo</i>	<i>Frantoio</i>
Grado de acidez (% ácido oleico)	0.26 ± 0.04 ^{ab}	0.33 ± 0.02 ^b	0.22 ± 0.11 ^a	0.44 ± 0.04 ^c
Índice de peróxidos (meq oxígeno/kg)	10.80 ± 1.26 ^a	9.61 ± 0.53 ^a	10.45 ± 1.04 ^a	12.81 ± 0.81 ^b
K_{232}	0.23 ± 0.01 ^c	0.20 ± 0.01 ^b	0.21 ± 0.005 ^{bc}	0.16 ± 0.02 ^a
K_{270}	0.12 ± 0.03 ^a	0.10 ± 0.02 ^a	0.08 ± 0.03 ^a	0.10 ± 0.01 ^a
Clorofilas (mg/kg)	2.75 ± 0.14 ^a	2.38 ± 0.47 ^a	3.48 ± 0.17 ^b	3.65 ± 0.27 ^b
Carotenoides (mg/kg)	2.45 ± 0.34 ^b	1.53 ± 0.17 ^a	2.99 ± 0.57 ^{bc}	3.32 ± 0.26 ^c
Carotenoides/clorofilas	0.89 ± 0.14 ^b	0.65 ± 0.06 ^a	0.86 ± 0.17 ^b	0.91 ± 0.04 ^b
<i>Parámetros sensoriales[†]</i>				
Defectos	0	0	0	0
Frutado	4.50	4.00	5.00	4.00
Amargo	1.50	3.00	2.00	3.00
Picante	3.00	4.00	3.00	3.50
Clasificación del panel de cata	Extra virgen	Extra virgen	Extra virgen	Extra virgen

[‡] Valores medios ± error estándar (n = 6).

Valores medios para cada parámetro seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre variedades.

[†] Mediana de los atributos (n = 2).

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Tabla 3: Composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos), ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, relación monoinsaturados/poliinsaturados (AM/AP), índice de yodo y susceptibilidad oxidativa de los aceites monovarietales pertenecientes al Valle de Traslasierra (Finca Corralito, Córdoba). Valores medios \pm error estándar (n = 6). Valores medios para cada parámetro seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre variedades.

Parámetros	<i>Arbequina</i>	<i>Manzanilla</i>	<i>Nevadillo</i>	<i>Frantoio</i>
Palmítico	16.8 \pm 0.30 ^c	15.7 \pm 0.35 ^b	14.0 ^a \pm 0.29	14.4 \pm 0.19 ^a
Palmitoleico	2.19 \pm 0.11 ^b	2.12 \pm 0.07 ^b	1.56 \pm 0.04 ^a	1.30 \pm 0.02 ^a
Esteárico	1.54 \pm 0.01 ^a	1.46 \pm 0.02 ^a	2.17 \pm 0.30 ^b	1.71 \pm 0.02 ^a
Oleico	64.3 \pm 0.61 ^a	72.4 \pm 0.20 ^c	72.9 \pm 0.31 ^c	70.6 \pm 0.52 ^b
Linoleico	14.4 \pm 0.25 ^a	9.08 \pm 1.17 ^a	8.87 \pm 0.21 ^a	11.2 \pm 0.36 ^b
Linolénico	0.71 \pm 0.03 ^a	0.80 \pm 0.04 ^a	0.75 \pm 0.09 ^a	0.80 \pm 0.03 ^a
Índice de yodo	88.2 \pm 0.19	83.8 \pm 0.42	85.2 \pm 0.50	87.3 \pm 0.28
Ácidos monoinsaturados (AM)	66.5 \pm 0.52 ^a	74.4 \pm 0.22 ^c	74.5 \pm 0.27 ^c	71.9 \pm 0.54 ^b
Ácidos poliinsaturados (AP)	15.2 \pm 0.26 ^a	9.89 \pm 1.14 ^a	9.61 \pm 0.25 ^a	12.0 \pm 0.39 ^b
AM/AP	4.39 \pm 0.11 ^a	8.53 \pm 0.38 ^c	7.77 \pm 0.22 ^b	6.01 \pm 0.24 ^c
Susceptibilidad oxidativa	788.1 \pm 12.0 ^c	515.5 \pm 14.3 ^a	548.0 \pm 14.7 ^a	656.2 \pm 18.8 ^b

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Tabla 4: Valores medios de fenoles totales, o-difenoles totales, tocoferoles y estabilidad oxidativa de los aceites pertenecientes a las variedades cultivadas en el Valle de Traslasierra (Finca Corralito, Córdoba). Valores medios \pm error estándar (n = 6). Valores medios para cada parámetro seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre variedades.

Parámetros	Arbequina	Manzanilla	Nevadillo	Frantoio
Fenoles (mg/kg)	311.5 \pm 40.0 ^a	659.1 \pm 52.1 ^b	274.8 \pm 51.8 ^a	401.0 \pm 21.8 ^a
o-Difenoles (mg/kg)	14.5 \pm 0.54 ^a	13.4 \pm 1.20 ^a	11.05 \pm 4.02 ^a	13.4 \pm 1.00 ^a
α-Tocoferol (mg/kg)	230.8 \pm 2.85 ^a	328.5 \pm 46.5 ^{ab}	442.0 \pm 17.0 ^c	352.0 \pm 12.0 ^{bc}
β-Tocoferol (mg/kg)	16.9 \pm 2.05 ^b	13.8 \pm 2.20 ^{ab}	10.2 \pm 0.20 ^a	11.8 \pm 0.15 ^{ab}
γ-Tocoferol (mg/kg)	Tr ^a	6.75 \pm 2.15 ^b	23.9 \pm 0.90 ^c	7.20 \pm 0.20 ^b
δ-Tocoferol (mg/kg)	Tr ^a	18.9 \pm 3.10 ^b	Tr ^a	22.0 \pm 1.00 ^b
Estabilidad Oxidativa (horas, 100 °C)	53.4 \pm 3.38 ^{ab}	99.4 \pm 7.65 ^c	39.42 \pm 9.42 ^a	76.7 \pm 4.75 ^{bc}

Tr: Traza (< 0.3 %).

Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Tabla 5: Componentes volátiles (% áreas normalizadas) de los aceites pertenecientes a las variedades cultivadas en el Valle de Traslasierra (Finca Corralito, Córdoba). Valores medios \pm error estándar (n = 6). Valores medios para cada parámetro seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre variedades.

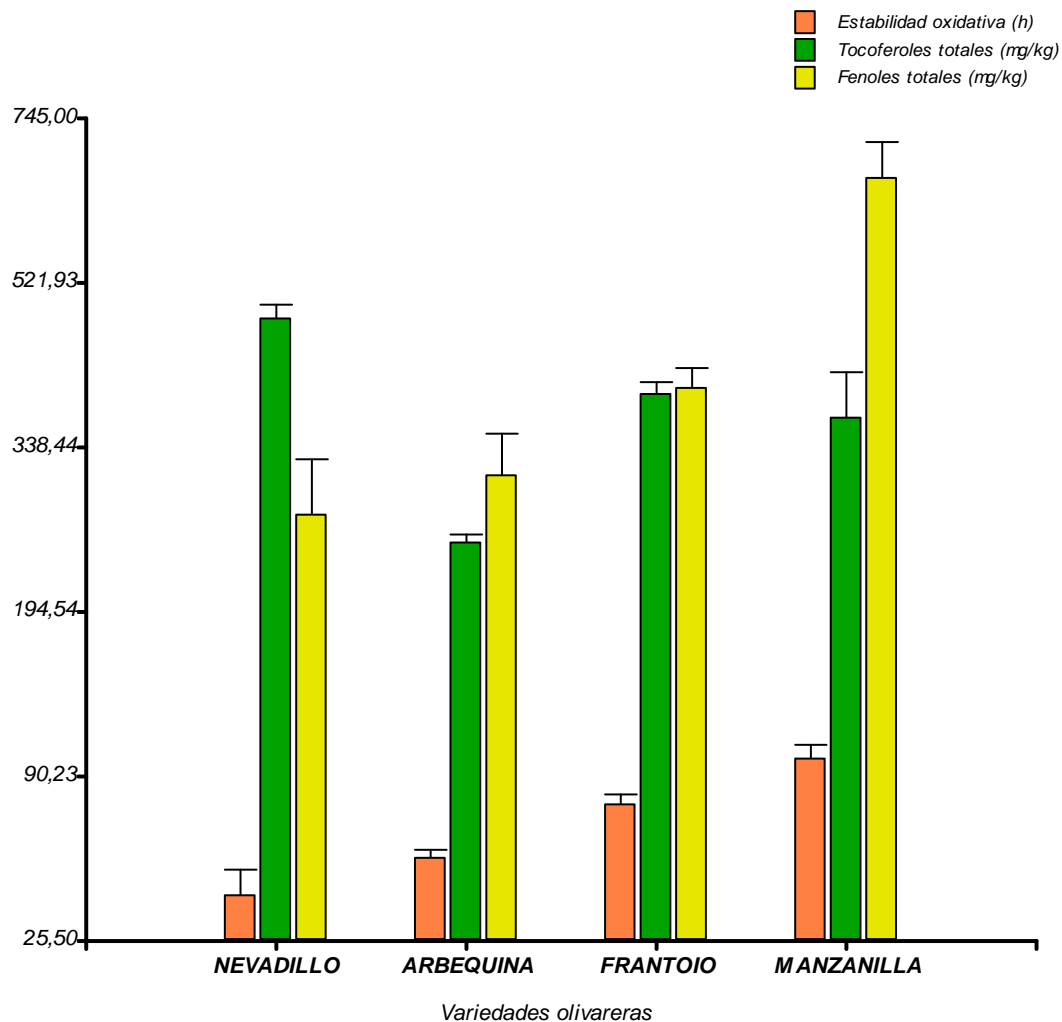
Componentes	Variedad			
	Arbequina	Manzanilla	Nevadillo	Frantoio
Hidrocarburos				
n-Butano	Tr ^a	1.24 \pm 0.94 ^a	Tr ^a	Tr ^a
n-Pentano	4.33 \pm 0.22 ^a	3.21 \pm 2.91 ^a	5.19 \pm 0.82 ^a	4.98 \pm 2.04 ^a
n-Hexano	1.53 \pm 0.02 ^a	1.89 \pm 0.34 ^a	2.62 \pm 0.69 ^a	3.13 \pm 0.18 ^a
n-Heptano	6.02 \pm 2.15 ^a	4.70 \pm 1.88 ^a	9.05 \pm 1.17 ^a	7.13 \pm 3.33 ^a
n-Octano	7.73 \pm 0.51 ^a	1.89 \pm 0.01 ^a	11.6 \pm 5.01 ^a	7.01 \pm 3.48 ^a
Alcoholes				
Etanol	3.51 \pm 0.51 ^b	Tr ^a	3.36 \pm 0.56 ^b	Tr ^a
Ciclobutanol	0.72 \pm 0.42 ^a	Tr ^a	Tr ^a	Tr ^a
1-Octanol	Tr ^a	Tr ^a	Tr ^a	Tr ^a
Aldehídos				
Butanal	Tr ^a	0.86 \pm 0.56 ^a	Tr ^a	Tr ^a
Hexanal	Tr ^a	0.46 \pm 0.16 ^b	Tr ^a	Tr ^a
2-Hexenal	0.90 \pm 0.60 ^a	0.76 \pm 0.46 ^a	Tr ^a	1.67 \pm 0.06 ^a
Heptanal	2.72 \pm 0.001 ^a	2.19 \pm 0.03 ^a	1.84 \pm 1.54 ^a	2.53 \pm 0.20 ^a
Octanal	6.62 \pm 2.13 ^a	2.83 \pm 0.07 ^a	5.98 \pm 0.91 ^a	2.28 \pm 0.28 ^a
Nonanal	10.4 \pm 0.77 ^a	6.73 \pm 5.30 ^a	13.3 \pm 1.38 ^a	15.1 \pm 0.76 ^a
2-Nonenal	1.15 \pm 0.85 ^a	1.69 \pm 0.07 ^a	1.00 \pm 0.70 ^a	1.52 \pm 0.44 ^a
Decanal	Tr ^a	0.87 \pm 0.11 ^a	0.65 \pm 0.35 ^a	Tr ^a
2-Decenal	5.99 \pm 1.89 ^a	11.9 \pm 2.36 ^a	11.6 \pm 0.77 ^a	12.7 \pm 2.64 ^a
2, 4-Decadienal	Tr ^a	Tr ^a	Tr ^a	Tr ^a
2-Undecenal	5.84 \pm 1.66 ^a	9.23 \pm 3.36 ^a	10.3 \pm 0.51 ^a	11.3 \pm 0.88 ^a
Derivados del furano				
2-Pentilfurano	Nd	Nd	0.99 \pm 0.69	Nd
2-Octilfurano	Nd	0.51 \pm 0.21	Nd	Nd
Total	47.06 \pm 3.33	44.16 \pm 5.08	64.13 \pm 2.86	54.27 \pm 1.54

Tr: Traza (< 0.3 %).

Nd: No detectado.

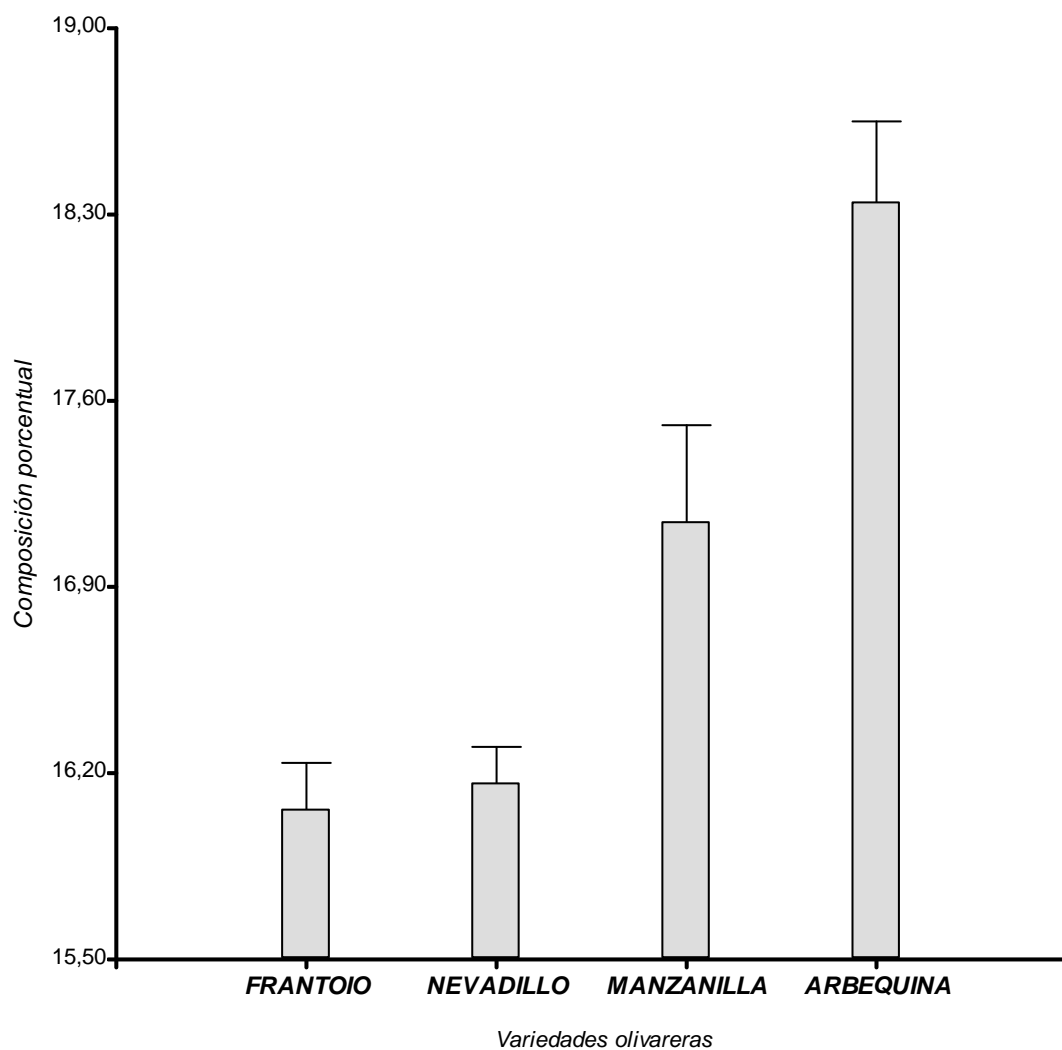
Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Figura 6: Valores de estabilidad oxidativa (h); contenidos de tocoferoles totales (mg/kg) y de fenoles totales (mg/kg) de los aceites pertenecientes a las variedades cultivadas en el Valle de Traslasierra (Finca Corralito, Córdoba). Valores medios \pm error estándar (n = 6).



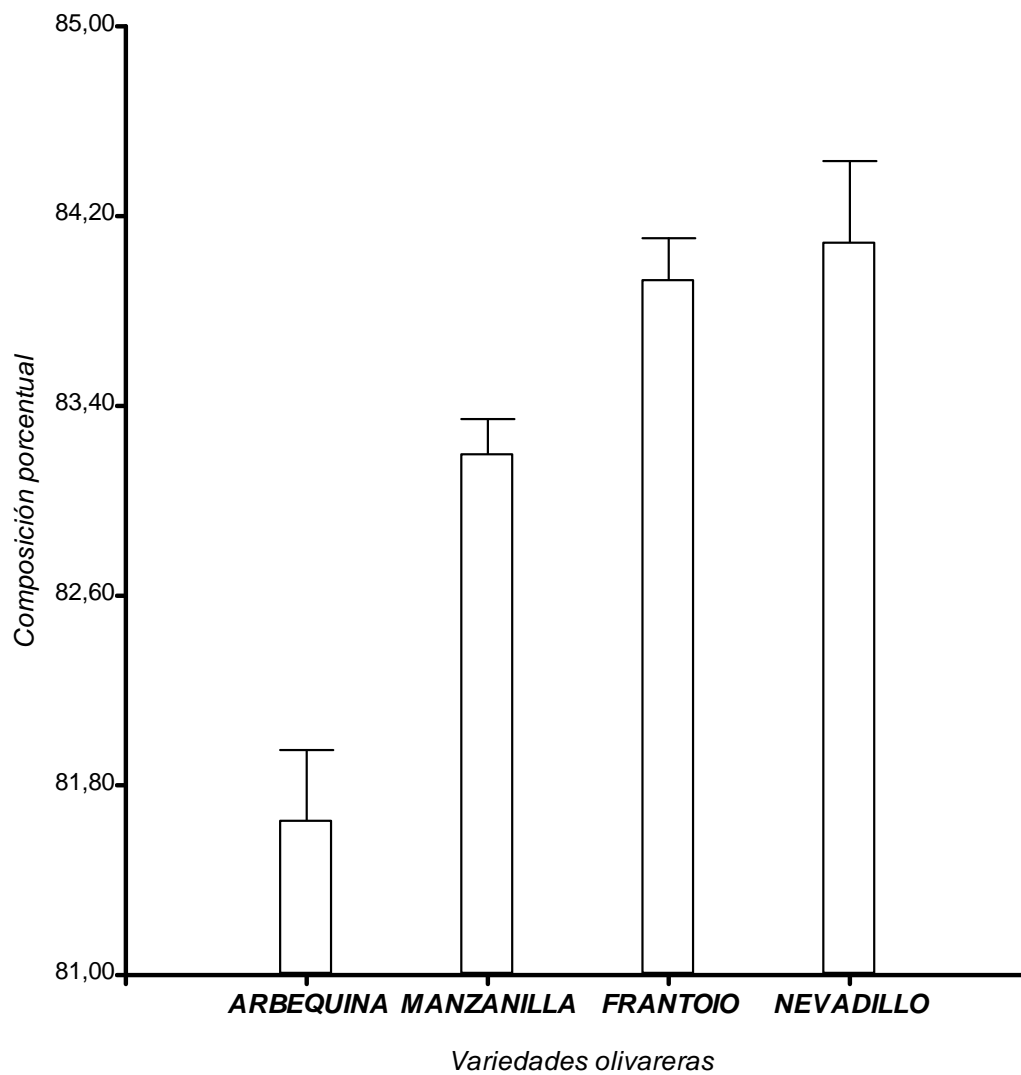
Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Figura 7: Valores porcentuales de ácidos grasos saturados de los aceites pertenecientes a las variedades cultivadas en el Valle de Traslasierra (Finca Corralito, Córdoba). Valores medios \pm error estándar (n = 6).



Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Figura 8: Valores porcentuales de ácidos grasos insaturados de los aceites pertenecientes a las variedades cultivadas en el Valle de Traslasierra (Finca Corralito, Córdoba). Valores medios \pm error estándar (n = 6).



Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).

Figura 9: Reacciones de autooxidación del ácido oleico y formación de los principales compuestos volátiles encontrados en los aceites de oliva estudiados.

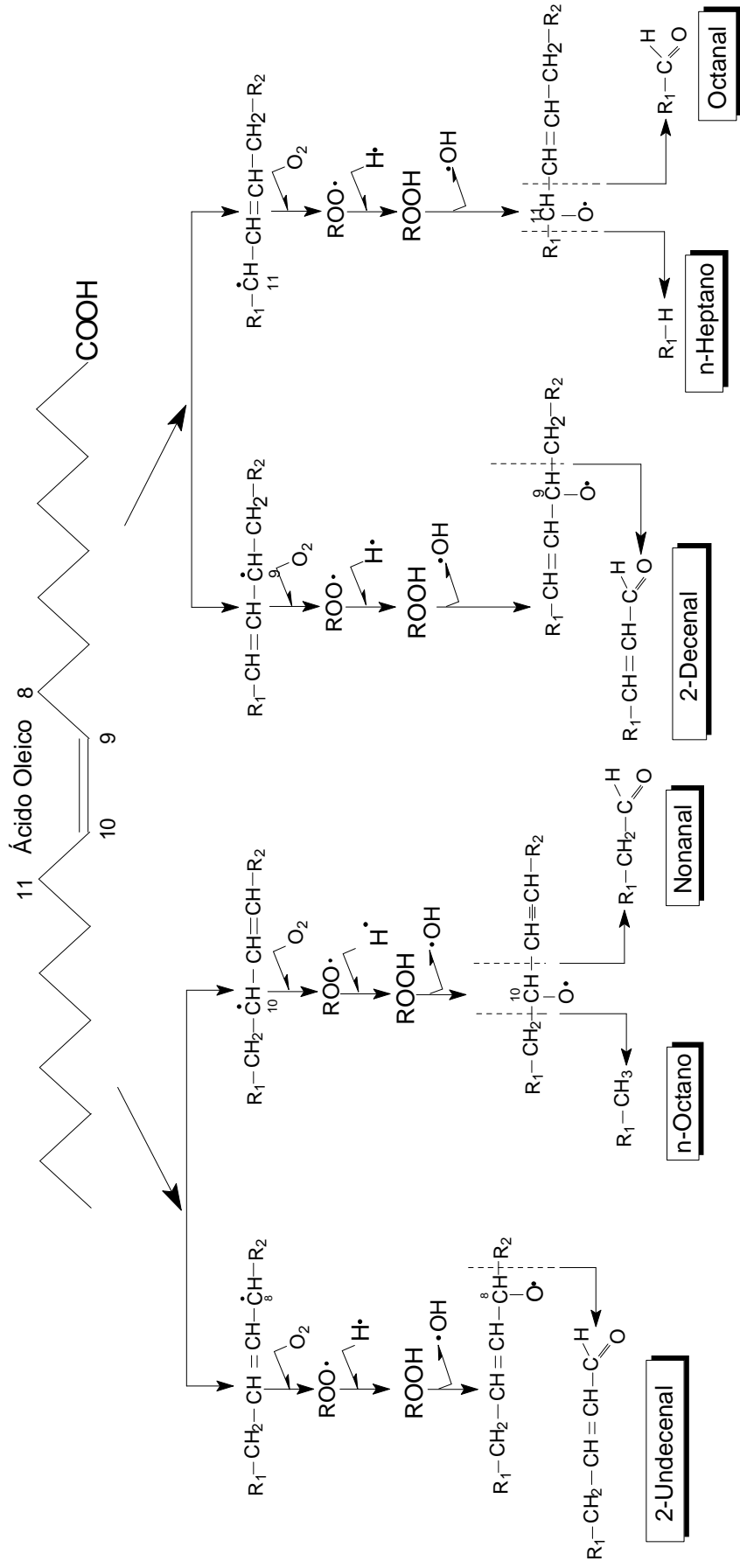
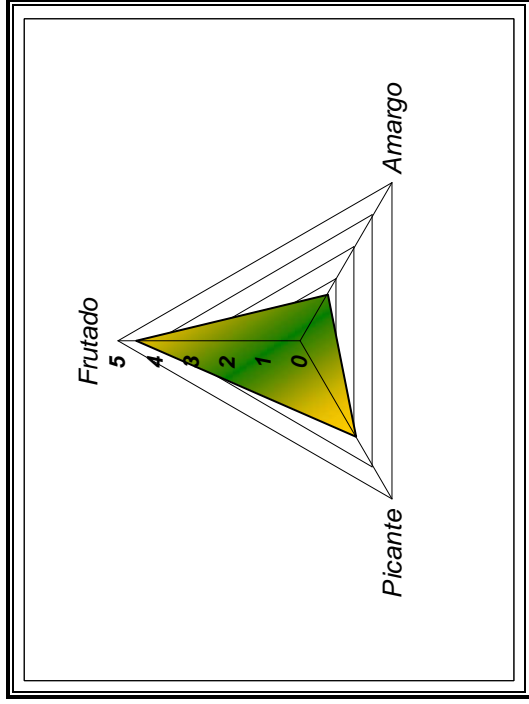
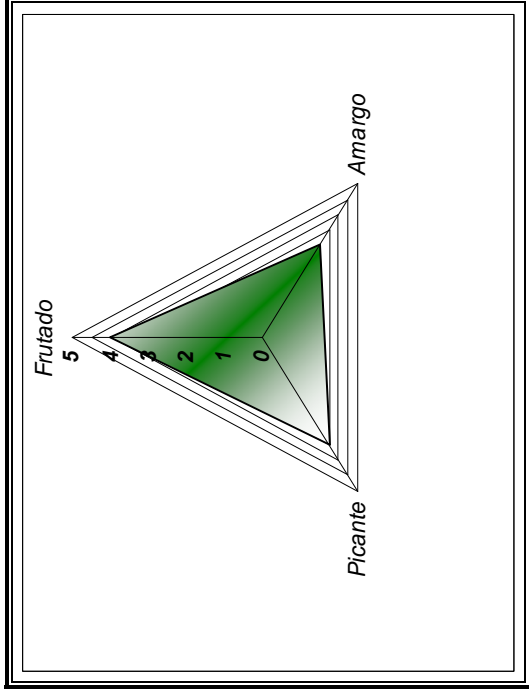


Figura 10: Perfiles sensoriales de los aceites pertenecientes a las variedades cultivadas en el Valle de Traslasierra (Finca Corralito, Córdoba).

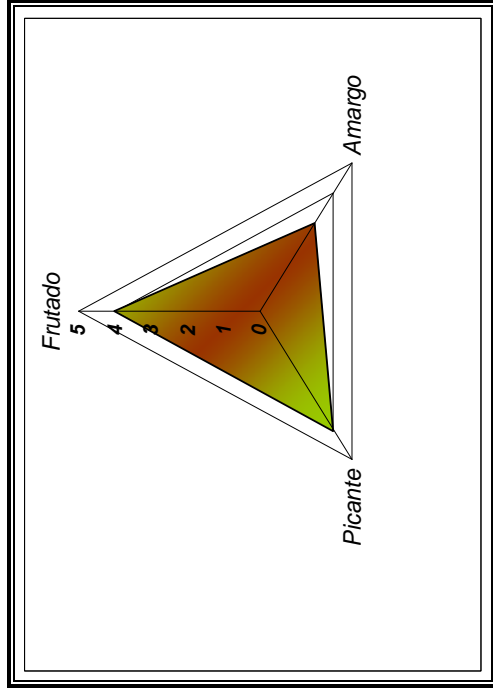
Capítulo III: Estudio comparativo de algunas variedades de olivo cultivadas en el Valle de Traslasierra (Córdoba).



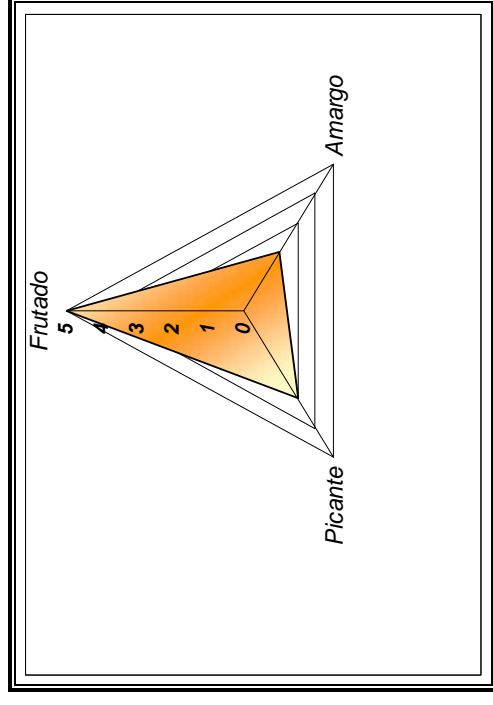
Olea europaea L. cv. Arbequina



Olea europaea L. cv. Frantoio



Olea europaea L. cv. Manzanilla



Olea europaea L. cv. Nevadillo

Caracterización molecular de *Olea europaea* L. cv. *Arbequina* cultivada en la provincia de Córdoba (Argentina) mediante marcadores AFLP

Antecedentes

En Argentina la mayoría de las variedades de olivo cultivadas son procedentes de España e Italia. En sus comienzos, la multiplicación del material vegetal se realizó a través de injertos sobre seedlings (plantas originadas a partir de semillas) de Arbequina u otras variedades no identificadas. La difusión masiva de seedlings sin injertar dio origen, por segregación genética, a individuos diferentes. Posteriormente se llevó a cabo una selección y clonación de ciertos ejemplares y finalmente este último material fue reproducido en forma asexual.

A partir de la promulgación de la Ley Nacional 22.021 de Promoción Agrícola, la superficie cultivada con olivos prácticamente se triplicó, implantándose ejemplares provenientes de viveros locales y de importación. Estas nuevas plantaciones ampliaron el germoplasma olivícola argentino, al incorporar un amplio espectro de variedades procedentes de Italia, España, Israel y Estados Unidos. Cabe destacar, que los viveros locales realizan la propagación de su material, en forma de estacas, a partir de plantas de montes olivareros establecidos desde hace más de sesenta años en la región. Así, la creación de los plantales “iniciales o cabeza de variedad” se realiza según criterios adoptados por el viverista, no acompañándose esta práctica con la implementación de la Resolución de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) sobre Producción, Comercialización e Introducción de plantas de vivero de olivo o sus partes (Res. 811/2000). La convergencia de tales situaciones en el tiempo ha conducido a la existencia de un gran polimorfismo varietal, considerándose en muchos casos un marcado predominio de poblaciones varietales, con un comportamiento promedio y una dispersión en los parámetros que las caracterizan.

Si bien estos procedimientos han sido útiles y necesarios para difundir el cultivo, en Argentina, la falta de planificación para su desarrollo ha generado problemas de homonimia y sinonimia de variedades.

Tradicionalmente la identificación varietal se ha basado en el empleo de métodos taxonómicos clásicos que comprenden caracteres morfológicos y/o agronómicos. La dificultad que plantea la clasificación varietal basada exclusivamente en tales caracteres es que los mismos se ven afectados por factores ambientales, la edad de los árboles, el estado fenológico de las plantas como así también por las prácticas de cultivo (Vergari *et al.* , 1996), lo cual también ha contribuido a denominaciones confusas de los cultivares.

No obstante, durante un largo período de tiempo el esquema pomológico empleado por Barranco y Rallo (1984), el cual incluye caracteres de árbol, hoja, inflorescencia, fruto y

Capítulo IV: Caracterización de la variedad *Arbequina* mediante marcadores moleculares AFLP

endocarpo, ha sido muy eficaz para trabajos de prospección e inventario de variedades de olivo (Barranco, 1999).

En la actualidad, además de los caracteres mencionados, se han comenzado a utilizar marcadores bioquímicos y moleculares para caracterizar y distinguir cultivares de olivo. De acuerdo a la técnica por la cual son evidenciados, los marcadores moleculares, se pueden clasificar en:

- ❖ *Técnicas basadas en la hibridización*: entre las mismas se encuentran: polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción (RFLP), número variable de secuencias repetidas en tandem o minisatélites (VNTR);
- ❖ *Técnicas basadas en la PCR utilizando primers o cebadores arbitrarios*: ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD), polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados (AFLP), región amplificada de secuencias caracterizadas (SCAR);
- ❖ *Técnicas basadas en la PCR de sitios específicos*: secuencias simples repetidas o microsatélites (SSR).

La técnica de AFLP combina el procedimiento de RAPD y RFLP y se basa en la amplificación selectiva mediante PCR de fragmentos derivados de la digestión del ADN genómico con enzimas de restricción. Usualmente comprende las siguientes etapas:

- La restricción o digestión del ADN con enzimas de restricción, preferentemente hexa o tetra "cutters".
- La ligazón de los adaptadores de doble cadena a los extremos terminales de los fragmentos de restricción.
- La amplificación de un subgrupo de los fragmentos de restricción usando dos primers complementarios a las secuencias de los adaptadores y a los sitios de restricción, y la extensión a sus extremos terminales '3 por nucleótidos "selectivos".
- Electroforesis en gel de los fragmentos de restricción amplificados.
- La visualización de los *fingerprints* de ADN por medio de auto radiografía, imágenes digitales u otros métodos similares.

Los marcadores AFLP son un método fiable de *fingerprinting* genético y han sido empleados exitosamente para la caracterización y evaluación de relaciones genéticas en muchos cultivos (Cervera *et al.*, 1998; Angiolillo *et al.*, 1999, Hansen *et al.*, 1999; Rotonda *et al.*, 2003; Sanz-Cortéz *et al.*, 2003; Sensi *et al.*, 2003).

Una aplicación potencial del *fingerprinting* del olivo es la certificación varietal de las plantas destinadas para la producción de aceites de oliva típicos de áreas geográficas.

En función de lo expuesto, el objetivo de este capítulo es caracterizar la variedad aceitera *Arbequina* cultivada en la provincia de Córdoba (Cruz del Eje y Valle de Traslasierra) mediante marcadores AFLP (polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados) e investigar las

Capítulo IV: Caracterización de la variedad *Arbequina* mediante marcadores moleculares AFLP

similitudes genéticas entre las distintas muestras estudiadas con la finalidad de evidenciar si existe alguna diversidad genética dentro del cultivar.

Materiales y Métodos

Descripción de las zonas de estudio

La zona de producción de Cruz del Eje se encuentra ubicada en el ángulo noroeste de la Provincia de Córdoba, entre los 30° y 31° de latitud sur y entre los 64° y 65° de longitud oeste. La misma limita al norte las provincias de Catamarca y La Rioja.

El Valle de Traslasierra es una planicie que alcanza unos 1000 m.s.n.m., limitada al este por las Sierras Grandes y al oeste por las sierras de Altautina y de Pocho.

El clima imperante en ambas zonas es templado seco, con vientos cálidos si corren del norte y frescos si vienen del sur. El mes de enero es el más cálido, mientras que julio es el más frío. El invierno normalmente no es riguroso presentando pocos días de heladas.

En el verano se registran las mayores precipitaciones. La acumulación de las lluvias en el ciclo primavera - estival es del orden de 520 mm, mientras que la acumulación en el ciclo otoño - invernal es de 42 mm. La humedad relativa promedio es de 62 %. Los meses de menor humedad son septiembre y octubre, seguidos de noviembre, agosto, diciembre y enero. Por lo general en invierno, existe mayor humedad que en primavera y verano.

Material Vegetal

Se recolectaron hojas de *Olea europaea* L. El material vegetal se obtuvo de 38 plantas adultas provenientes de diversos montes olivareros (de una antigüedad aproximada de 60 años) ubicados en la región noroeste de la provincia de Córdoba (Cruz del Eje y zona de influencia) y en el Valle de Traslasierra (cercañas de la ciudad de Villa Dolores). Las plantas seleccionadas fueron consideradas, a priori, de la var. *Arbequina* de acuerdo a caracteres morfológicos y a los registros obtenidos de los productores y técnicos de INTA de las localidades mencionadas.

Además, se incluyeron en el estudio hojas de tres patrones de *Arbequina* ("Arbequina 21 kg" de Argentina, "Arbequina Internacional" y "Arbequina Española") proporcionadas a partir de la colección del Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo-Sezione Olivicoltura di Perugia, CNR (Perugia, Italia).

La Tabla 1 muestra el código de las distintas muestras analizadas y su lugar de procedencia.

Metodología

Extracción del DNA

El ADN genómico fue extraído a partir de 30 mg de hojas de olivo frescas de acuerdo al método descrito por Doyle y Doyle (1990) con escasas modificaciones (Torres *et al.*, 2009).

Análisis de marcadores AFLP

El estudio de marcadores AFLP se realizó de acuerdo a Labombarda *et al.* (2002).

Finalmente, las alícuotas de los productos de PCR se sembraron sobre un gel de poliacrilamida al 6 % desnaturalizada y se corrieron en un equipo Genomix LR por 1: 45 h. Una vez concluido el desarrollo de la electroforesis el gel fue escaneado en un equipo Genomix SC. La imagen obtenida fue guardada como una imagen Tiff y luego analizada con el programa Adobe Photoshop 6.0.

Análisis estadístico

Las bandas claramente polimórficas y reproducibles fueron registradas por medio de los estados presencia (1) o ausencia (0). También se tomaron en cuenta polimorfismos que involucraban datos dudosos (9). Se realizó una matriz de similitud utilizando el coeficiente de Jaccard para todas las combinaciones de primers y todas las muestras, basado en el número de bandas polimórficas compartidas. Finalmente, se construyó un dendrograma a partir de los datos de similitud utilizando el software NTSYS-PC mediante el análisis de agrupamiento empleando la media aritmética no ponderada (UPGMA).

Resultados y Discusión

Se obtuvo un moderado número de bandas por gel mediante la combinación de primers EcoRI/MseI. Las 19 combinaciones de primers (Tabla 2) usadas para realizar el análisis de AFLP produjeron un total de 1040 bandas, de las cuales 98 fueron polimórficas (9.4 %), con un promedio de 5 fragmentos amplificados por combinación de primers (Tabla 2).

El porcentaje medio de polimorfismo presentó un rango que se extiende de 3.7 % para la copia de primer FEcoCAA/MseCCA a 19.5 % para la combinación de primer FEcoCAC/MseCGC. Las distintas copias de primers difirieron en su capacidad para detectar polimorfismo dentro del cultivar. Las combinaciones de primers FEcoCTA/MseCTG, FEcoCTT/MseCAC, FEcoCAT/MseCGT y FecoCAC/MseCGC exhibieron los mayores niveles de polimorfismo, las copias FEcoCTA/MseCGA, FecoCAA/MseCCT, FecoCAT/MseCTG y FecoCGT/MseCGG mostraron niveles intermedios mientras que las copias FEcoCAA/MseCCA, FEcoCTT/MseCCA, FecoCAT/MseCAG y FecoCAC/MseCGG presentaron los niveles más bajos.

Capítulo IV: Caracterización de la variedad *Arbequina* mediante marcadores moleculares AFLP

El dendrograma obtenido a partir de los datos de similitud estuvo compuesto principalmente por un grupo o cluster, el cual incluyó la mayoría de las accesiones analizadas junto con los tres patrones de *Arbequina*, observándose altos valores de similitud (> 0.75).

A pesar del gran número de copias de primers utilizado para llevar a cabo el estudio, no se evidenció un alto nivel de polimorfismo (9.4%) reflejándose que si bien podría existir una selección interna (debida a factores ambientales y/o culturales) en la var. *Arbequina* cultivada en Córdoba, ésta no ha conducido a una gran diversificación de la misma. Aún cuando el porcentaje de polimorfismo observado fue bastante inferior al registrado por Angiolillo *et al.* (1999) y Sanz-Cortés *et al.* (2003) en olivo mediante marcadores AFLP, debe considerarse que las muestras analizadas provienen de un área geográfica restringida. Históricamente las primeras plantaciones de la var. *Arbequina* en el noroeste de la Provincia de Córdoba, fueron realizadas con olivos provenientes de España (Marsico, 1948). Aunque la principal variedad aceitera cultivada en Córdoba es *Arbequina*, es frecuente encontrar en los registros la mención de la variedad “21 kg” (Chiesa Molinari y Nicolea, 1947). Si bien esta mención se encuentra fundamentada principalmente en la información histórica y/o geográfica, la cual ha sido la base de muchas clasificaciones varietales, la misma está limitada a la fiabilidad de las personas que han sido entrevistadas en la zona de producción. La confrontación de los resultados obtenidos a través del análisis de las diferentes muestras con el patrón “*Arbequina* 21 kg” de Argentina (895c), permitió observar un estrecho grado de similitud genética, demostrando que se trataría de un caso de sinonimia de variedades.

Conclusiones

La introducción de la var. *Arbequina* desde España a las regiones Noroeste y Traslasierra de la provincia de Córdoba y su posterior difusión fundamentalmente mediante propagación vegetativa dio origen a un cultivo con una uniformidad relativamente alta en las diferentes fincas olivareras.

Independientemente de la zona de cultivo considerada, la mayor parte de los individuos analizados presentaron una elevada similitud genética con “*Arbequina* Internacional (muestra 651c) y con “*Arbequina* 21 kg” de Argentina (muestra 895c).

La presencia de esta relativa homogeneidad genética podría ser el resultado de una baja tasa de mutación experimentada por el cultivar *Arbequina* en la provincia de Córdoba.

Tabla 1: Ubicación geográfica y código de las muestras de *Olea europaea* cv. *Arbequina* analizadas.

Ubicación geográfica (Localidad/Hacienda)	<i>Código</i>
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	1A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	2A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	3A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	4A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	5A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	6A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	7A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	8A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	9A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	10A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	11A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	12A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	13A1
Valle de Traslasierras/ Finca Sequeiros	24A1
Valle de Traslasierras/ Finca Corralito	14A2
Valle de Traslasierras/ Finca Corralito	15A2
Valle de Traslasierras/ Finca Corralito	16A2
Valle de Traslasierras/ Finca Coronda	17A3
Valle de Traslasierras/ Finca Coronda	18A3
Valle de Traslasierras/ Finca Coronda	19A3
Valle de Traslasierras/ Finca Coronda	20A3
Valle de Traslasierras/ Finca Coronda	21A3
Valle de Traslasierras/ Finca Coronda	22A3
Valle de Traslasierras/ Finca Coronda	23A3
Cruz del Eje/ Pichanas	25A4
Cruz del Eje/ Servicio Agropecuario	26A5
Cruz del Eje/ Servicio Agropecuario	27A5
Cruz del Eje/ Servicio Agropecuario	28A5
Cruz del Eje/ Servicio Agropecuario	29A5

Capítulo IV: Caracterización de la variedad *Arbequina* mediante marcadores moleculares
AFLP

Continuación. Tabla 1: Ubicación geográfica y código de las muestras de *Olea europaea* cv. *Arbequina* analizadas.

Cruz del Eje/ El Cóndor	30A6
Vivero Provincial (Córdoba, Argentina)	31A7
Vivero Provincial (Córdoba, Argentina)	32A7
Vivero Provincial (Córdoba, Argentina)	33A7
Vivero Provincial (Córdoba, Argentina)	34A7
Vivero Provincial (Córdoba, Argentina)	35A7
Vivero Provincial (Córdoba, Argentina)	36A7
Vivero Provincial (Córdoba, Argentina)	37A7
Vivero Provincial (Córdoba, Argentina)	38A7

España/Colección CNR	33c
Argentina/ Colección CNR	895c
Internacional/ Colección CNR	651c

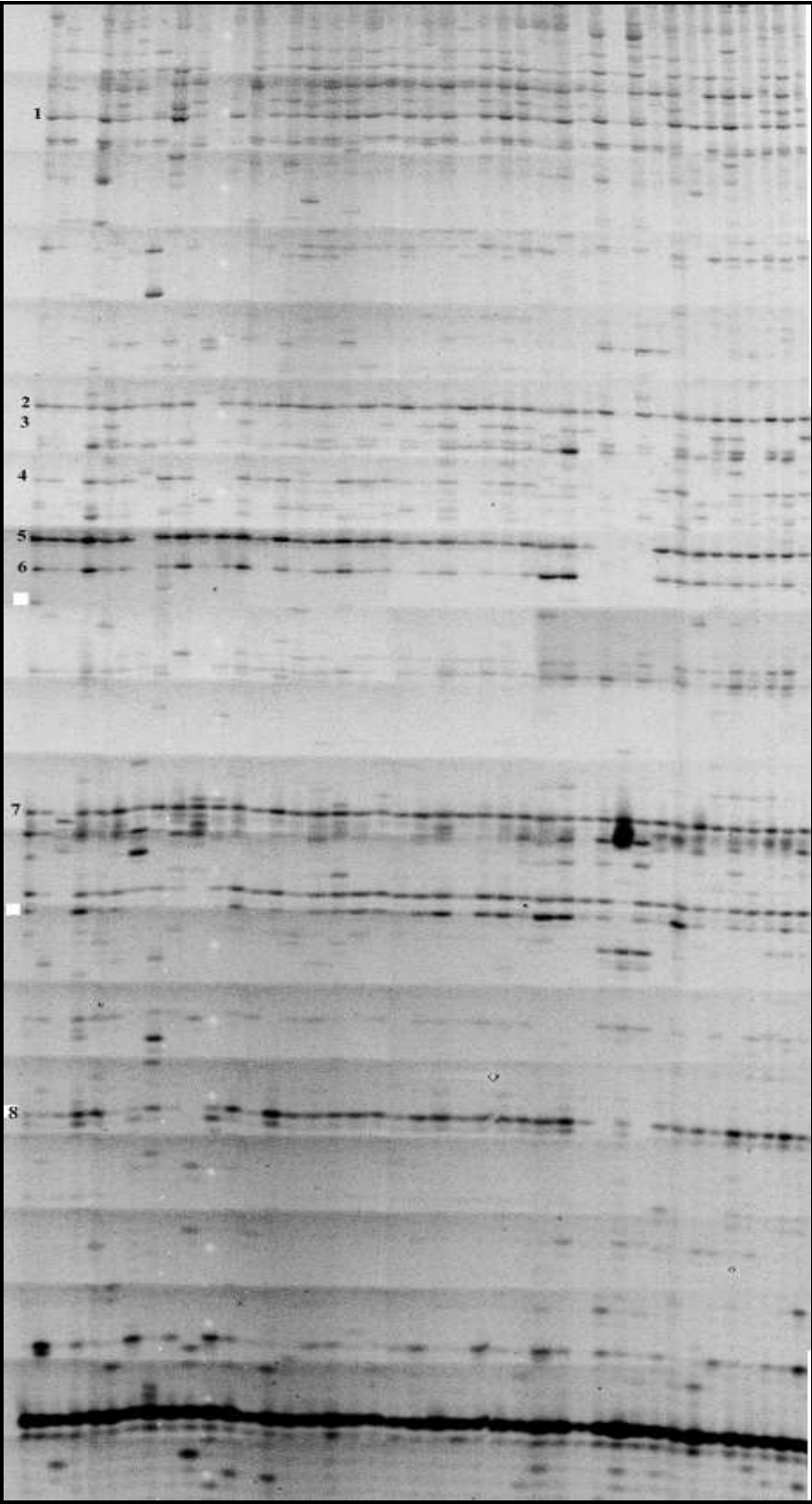
Capítulo IV: Caracterización de la variedad *Arbequina* mediante marcadores moleculares AFLP

Tabla 2: Número total de fragmentos AFLP, número de fragmentos polimórficos y porcentaje de polimorfismo observados usando 19 combinaciones de primers AFLP.

<i>Combinación de primer</i>	<i>Número total de fragmentos amplificados</i>	<i>Número de fragmentos polimórficos</i>	<i>Polimorfismo (%)</i>
FEcoCTA/MseCAG	75	7	9.3
FEcoCTA/MseCGA	48	4	8.3
FEcoCTA/MseCTG	61	10	16.4
FEcoCAA/MseCCA	82	3	3.7
FecoCAA/MseCGA	61	8	13.1
FEcoCAA/MseCTG	53	6	11.3
FecoCAA/MseCCT	50	4	8.0
FecoCTT/MseCCT	37	2	5.4
FEcoCTT/MseCAC	30	4	13.3
FEcoCTT/MseCCA	46	2	4.3
FEcoCTT/MseCTC	47	5	10.6
FEcoCAT/MseCCA	48	4	8.3
FecoCAT/MseCTG	71	5	7.0
FEcoCAT/MseCGT	59	8	13.6
FecoCAT/MseCAG	66	3	4.5
FecoCGT/MseCGG	60	6	10.0
FecoCGT/MseCGC	48	6	12.5
FecoCAC/MseCGC	41	8	19.5
FecoCAC/MseCGG	57	3	5.3
<i>Total</i>	<i>1040</i>	<i>98</i>	<i>9.4</i>

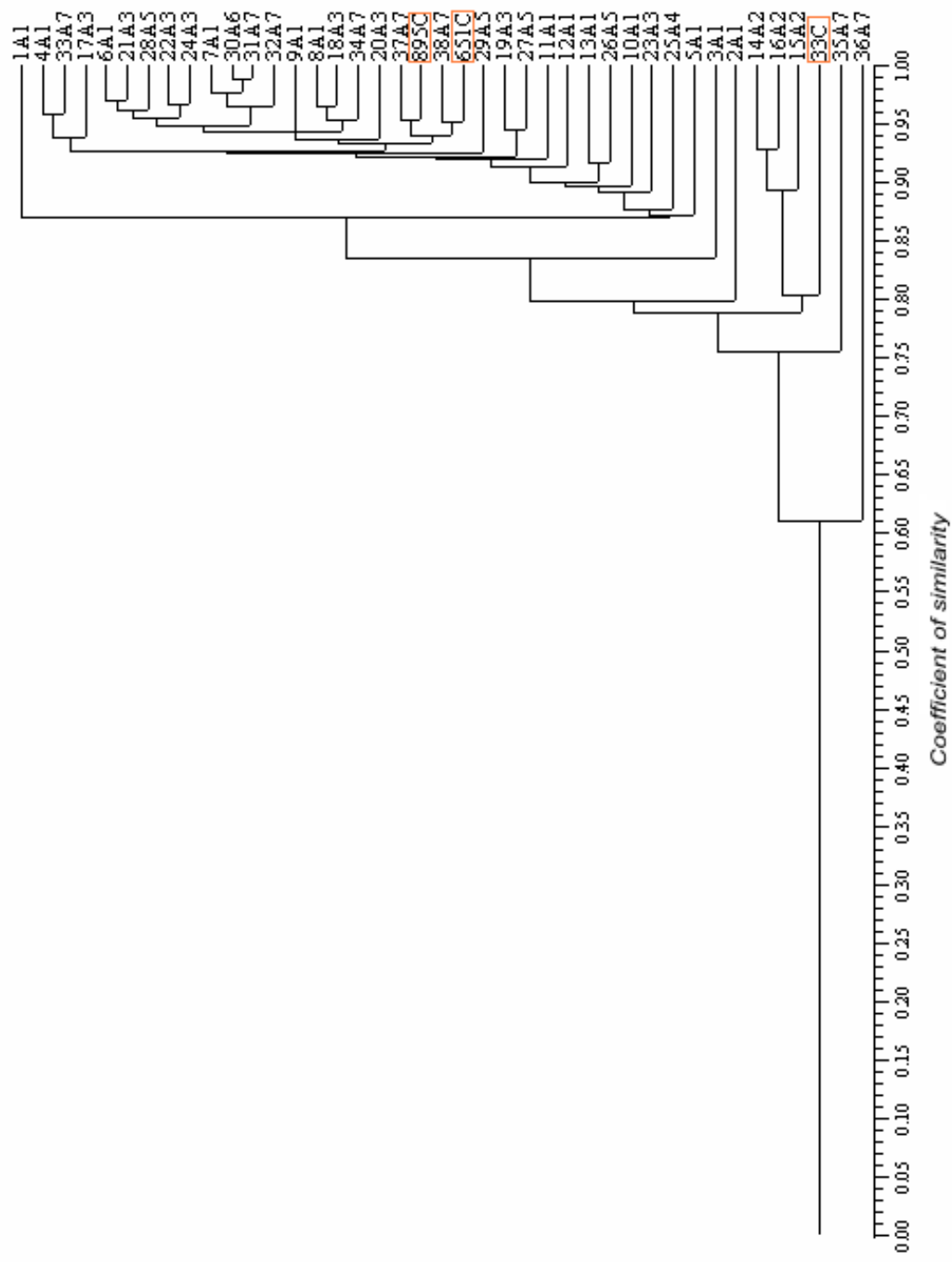
Capítulo IV: Caracterización de la variedad *Arbequina* mediante marcadores moleculares AFLP

Figura 1: Ejemplo de patrón de banda de AFLP en *Olea europaea* L. var. *Arbequina* usando la combinación de primer FEcoCAC/MseCGC. 1 -8: bandas polimórficas.



Capítulo IV: Caracterización de la variedad *Arbequina* mediante marcadores moleculares AFLP

Figura 2: Dendrograma de las accesiones analizadas de *Olea europaea* cv. *Arbequina* generado a partir del análisis de cluster UPGMA basado en el coeficiente de Jaccard.



Bibliografía consultada

- Aguilera, M.P., Beltrán, G., Ortega, D., Fernández, A., Jiménez, A. y Uceda, M. 2005. Characterization of virgen olive oil of italian olive cultivars: “Frantoio” and “Leccino”, grown in Andalucia. *Food Chem.* 89 (3): 387-391.
- Alba Mendoza, J., Hidalgo Casado, F., Ruiz Gómez, M.A., Martínez Román, F., Moyano Pérez, M.J., Cert Ventulá, A., Pérez Camino, M.C. y Ruiz Méndez, M.V. 1996. Características de los aceites de oliva de primera y segunda centrifugación. *Grasas y Aceites* 47 (3): 163-181.
- Alderete Salas, S., Gómez, P.E., Matías, A.C., Moyano, P.L., Luna, M.C., Benítez, J., Dalla Lasta, F. y Montalván, L.D. 2004. Influencia de las condiciones ambientales en la composición de ácidos grasos de los aceites de oliva virgen de Catamarca. *Aceites y Grasas* 2: 336-342.
- Allalout, A., Krichéne, D., Methenni, K., Taamalli, A., Oueslati, I., Daoud, D. y Zarrouk, M. 2009. Characterization of virgin olive oil from Super Intensive Spanish and Greek varieties grown in northern Tunisia. *Scientia Horticulturae* 120: 77-83.
- Almirante, P., Clodoveo M.L, Leone, A., Tamborrino, A. y Vinood, B.P. 2010. Influence of Different Centrifugal Extraction Systems on Antioxidant Content and Stability of Virgin Olive Oil. En: *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention* (Capítulo 10), pp 85-93.
- Amiot, M.J., Fleuriot, A. y Macheix, J.J. 1986. Importance and evolution of phenolic compounds in olive during growth and maturation. *J. Agric. Food Chem.* 34: 823-826.
- Andrewes, P., Busch, J.L.H.C., Joode, T., Groenewegen, A. y Alexandre, H. 2003. Sensory properties of virgin olive oil polyphenols: identification of deacetoxy-ligstroside aglycon as a key contributor to pungency. *J. Agric. Food Chem.* 51 (5): 1415-1420.
- Angerosa, F. y Di Giovacchino, L. 1996. Natural antioxidants of virgin olive oil obtained by two and tri-phase centrifugal decanters. *Grasas y Aceites* 47 (4): 247-254.
- Angerosa, F., C. Basti and R. Vito. 1999. Virgin Olive Oil Volatile Compounds from Lipoxygenase Pathway and Characterization of some Italian Cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 47: 836-839.
- Angerosa, F., Mostallino, R., Basti, C. Y Vito, R. 2001. Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oils. *Food Chem.* 72: 19-28.
- Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R. Taticchi, A., Esposto, S. y Montedoro, G. 2004. Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *Journal of Chromatography A.* 1054: 17-31.
- Angiolillo, A., Mencuccini, M and Baldoni, L. 1999. Olive genetic assessed using amplified fragment length polymorphisms. *Theor. Appl. Genet.* 98: 411-421.
- AOCS. 1990. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists’ Society, 5th edn., AOCS Press, Washington DC, USA.
- AOCS. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 5th edn., AOCS Press, Champaign, IL, USA.

- Aparicio, R., Sanchez-Navarro, M. y Ferreiro, M.S. 1991. Definite influence of the extraction methods on the chemical composition of virgin olive oil. *Grasas y Aceites* 42 (5): 356-362.
- Araniti, E.V., Bauzá, M.M., Cerchiani, E., Margariños, C. y Mirábile, M. 2000. Comparación de aceites de oliva vírgenes varietales. *Rev. FCA UNCuyo* XXXII (2): 1-7.
- Baccouri, O., Guerfel, M., Baccouri, B., Cerretani, L., Bendini, A., Lercker, G., Zarrouk, M., Ben Miled, D.D. 2008. Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. *Food Chem.* 109: 743-754.
- Baldioli M., Servili M., Perretti G. y Montedoro G.F. 1996. Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem.* 73 (11): 1589-1593.
- Barranco D. 1999. Variedades y patrones, en *El cultivo del olivo*, Ed. por Barranco D, Fernández- Escobar R y Rallo L. Andalucía, España, pp. 61-89.
- Barranco Navero, D., Cimato, A., Fiorino, P., Rallo Romero, L., Touzani, A., Castañeda, C., Serafini, F. Y Trujillo Navas, I. 2000. Catálogo Mundial de Variedades de Olivo. Ed. por Consejo Oleícola Internacional. Madrid, España, pp. 360.
- Bartolini, G. y Petruccelli, R. 1994. Modelli di classificazione e di identificazione delle cultivar di olivo. *Agricoltura Ricerca* 154: 3-17.
- Beauchamp, G.K., Keast, R.S.J., Morel, D., Lin, J., Pika, J., Han, Q., Lee, C-H., Smith, A.B. y Breslin, P.A.S. 2005. Ibuprofen-like activity in extra-virgin olive oil. *Nature* 437: 45-46.
- Bedbabis, S., Clodoveo, M. L., Rouina, B. B. y Boukhris, M. 2010. Influence of irrigation with moderate saline water on “Chemlali” extra virgin olive oil composition and quality. *Journal of Food Quality* 33: 228–247
- Beltrán G., Aguilera, M.P., del Río, C., Sánchez, S., Martínez, L. 2005. Influence of fruit ripening on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Food Chem.* **89**, 207-215.
- Beltrán, G., Del Río, C., Sánchez, S. y Martínez, L. 2004. Influence of harvest date and crop yield on the fatty acid composition of virgin olive oils from cv. *Picual*. *J Agric. Food Chem.* 52: 3434-3440.
- Beltrán, G., Jiménez, A., Aguilera, M.P. y Uceda, M. 2000. Análisis mediante HPLC de la fracción fenólica del aceite de oliva virgen de la variedad Arbequina. Relación con la medida de amargor K_{225} y la estabilidad. *Grasas y Aceites* 51: 320-324.
- Blekas, G., Tsimidou, M. y Boskou, D. 1995. Contribution of α -tocopherol to olive oil stability. *Food Chem.* 52: 289-294.
- Botía, J.M., Ortuño, A., Benavente-García, O., Báidez, A.G., Frías, J., Marcos, D., y Del Río, J.A. 2001. Modulation of the biosynthesis of some phenolic compounds in *Olea europaea* L. fruits: Their influence on olive oil quality. *J. Agric. Food Chem.* 49: 355-358.
- Bottino, A., Capannelli, G., Comite, A., Ferrari, F., Marotta, F., Mattei, A. y Turchini, A. 2004. Application of membrane processes for the filtration of extra virgin olive oil. *Journal of Food Engineering* 65: 303-309.

- Briante, R., Patumi, M., Limongelli, S., Febbraio, F., Vaccaro, C., Di Salle, A., La Cara, F. y Nucci, R. 2002. Changes in phenolic and enzymatic activities content during fruit ripening in two Italian cultivars of *Olea europaea* L. *Plant Sci.* 162:791-798.
- Burton, G.W. e Ingold, K.V. 1984. β -carotene: an unusual type of lipid antioxidant. *Science* 224: 569-573.
- Caja, M., Ruiz del Castillo, M.L., Martínez Alvarez, R., Herraiz, M. y Blanch, G.P. 2000. Analysis of volatile compounds in edible oils using simultaneous distillation-solvent extraction and direct coupling of liquid chromatography with gas chromatography. *Eur. Food Res. Technol.* 211: 45-51.
- Caponio, F., Alloggio, V. y Gomes, T. 1999. Phenolic compounds of virgin olive oil: influence of paste preparation techniques. *Food Chem.* 64: 203-209.
- Caponio, F., Gomes, T., Summo, C. y Pasqualone, A. 2003. Influence of the type of olive-crusher used on the quality of extra virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 105: 201–206.
- Carelli, A., Melgarejo, M. y Ceci, L.N. 2005. Caracterización y calidad de aceites de oliva varietales argentinos (Cosecha 2005). XI Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites. Rosario-Buenos Aires, Argentina, pp. 238-241.
- Carluccio, M.A., Siculella, L., Ancora, M.A., Massaro, M., Scoditti, E., Storelli, C., Visioli, F., Distante, A. y De Caterina, R. 2003. Olive oil and red wine antioxidant polyphenols inhibit endothelial activation: antiatherogenic properties of the Mediterranean diet phytochemicals. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 23: 622-629.
- Carrasco-Pancorbo, A., Gómez-Caravaca, A.M., Cerretani, L., Bendini, A., Segura-Carretero, A. y Fernández-Gutiérrez, A. 2006. Rapid quantification of the phenolic fraction of spanish virgin olive oils by capillary electrophoresis with uv detection. *J. Agric. Food Chem.* 54: 7984-7991.
- Cavalli, J.F., Fernandez, X., Lizzani-Cuvelier, L. y Loiseau, A.M. 2004. Characterization of volatile compounds of French and Spanish virgin olive oils by HS-SPME: Identification of quality-freshness markers. *Food Chem.* 88 (1): 151-157.
- Ceci L.N. y Carelli A. 2007. Characterization of monovarietal argentinian olive oils from new productive zones. *J. Am. Oil Chem.* 84: 1125-1136.
- Ceci, L.N., Melgarejo, M. y Carelli, A.A. 2005. Caracterización de aceites de oliva varietales argentinos cosecha 2005. Parte I: índices de calidad, ácidos grasos, tocoferoles, clorofila y carotenos. *Aceites y Grasas* 61:742.
- Ceci, L.N., Santa Cruz, M.J., Melgarejo, M., Moro, O. y Carelli, A.A. 2004. Calidad de aceites de oliva varietales argentinos. Índices de calidad. *Aceites y Grasas* 57:648-653.
- Cercaci L., Passalacqua G., Poerio A., Rodriguez-Estrada M.T. y Lercker G. 2007. Composition of total sterols (4-desmethyl-sterols) in extravirgen olive oils obtained with different extraction Technologies and their influence on the oil oxidative stability. *Food Chem.* 102 (1): 66-76.

- Cerretani, L., Bendini, A., Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V., Caboni, M.F. y Toschi, T.G. 2006. Preliminary characterisation of virgin olive oils obtained from different cultivars in Sardinia. *European Food Research and Technology* 222 (3-4): 354-361.
- Cert A., Alba J., León-Camacho M., Moreda W. y Pérez-Camino M.C. 1996. Effects of talc addition and operating mode on the quality and oxidative stability of virgin olive oils obtained by centrifugation. *J. Agric. Food Chem.* 44: 3930-3934.
- Cervera, M.T., Cabezas, J.A., Sancha, J.C., Martínez de Toda, F. y Martínez-Zapater, J.M. 1998. Application of AFLPs to the characterization of grapevine *Vitis vinifera* L. genetic resources. A case study with accessions from Rioja (Spain). *Theor. Appl. Genet.* 97: 51-59.
- Chiesa Molinari, O. y Nicolea, H.G. 1947. Tratado general de olivicultura: su cultivo, plagas y enfermedades en argentina y países vecinos, su industria. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina, pp. 491.
- Cinquanta, L., Esti, M. y Di Matteo, M. 2001. Oxidative stability of virgin olive oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 78 (12): 1197-1202.
- Civantos, L., Contreras, R. y Grana, R. 1992. Obtención de aceite de oliva virgen de calidad. Editorial Agrícola, Madrid, España, pp. 277.
- Criado, M.N., Motilva, M.J., Goñi, M. y Romero, M.P. 2007. Comparative study of the effect of the maturation process of the olive fruit on the chlorophyll and carotenoide fractions of drupes and virgin oils from *Arbequina* and *Farga* cultivars. *Food Chem.* 100 (2): 748-755.
- Dabbou, S., Chehab, H., Faten, B., Dabbou, S., Esposto, S., Selvaggini, R., Taticchi, A., Servili, M., Montedoro, F. y Hammamia, M. 2010. Effect of three irrigation regimes on *Arbequina* olive oil produced under Tunisian growing conditions. *Agricultural Water Management* 97: 763–768.
- Dalla Lasta, M. Estudio de parámetros de genuinidad de aceites varietales de la provincia de Catamarca. Campaña 2005. *Aceites y Grasas* 63: 312-317.
- De Faveri, D., Aliakbarian, B., Avogrado, M., Perego, P. y Converti, A. 2008. Improvement of olive oil phenolics content by jeans of enzyme formulations: Effect of different enzyme activities and levels. *Biochemical Engineering Journal* 41 (2): 149-156.
- De Panfilis, F. 1999. Significado actual del concepto de calidad referido al aceite de oliva: la olivicultura argentina en el contexto internacional. *Aceites y Grasas* (Sept): 373-389.
- Del Nobile, M.A., Bove, S., La Notte, E. y Sacchi, R. 2003. Influence of packaging geometry and material properties on the oxidation kinetic of bottled virgin olive oil. *Journal of Food Engineering* 57 189-197.
- Di Giovacchino, L., Sestilli, S. y Vicenso, D. 2002. Influence of olive processing on virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology* 104: 587-601.
- Di Giovacchino, L., Solinas, M. y Miccoli, M. 1994. Effect of extraction systems on the quality of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71: 1189-1194.
- Doyle J.J. and Doyle, J.I. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12:13-15.

- Durán M. 1990. Relationship between the composition and ripening of the olive and quality of the oil. *Acta Horticulturae* 286: 441-451.
- EEC, Characteristics of olive and olive pomace oils and their analytical methods. Regulation EEC/2568/91 and later AQ11 modifications. 1991. Off J Eur Commun L248:1–82.
- Esti, M., Cinquanta, L. y La Notte, E. 1998. Phenolic compounds in different olive varieties. *J. Agric. Food Chem.* 46: 32-35.
- Fedeli, E. 1996. Tecnología de producción y de conservación del aceite. En: Enciclopedia Mundial del Olivo (Plaza y Jánés, eds.). Barcelona, España, pp. 479.
- Fiorino, P. y Nizzi Grifi, F. 1991. Olive maturation and variations in certain oil constituents. *Olivae* 35: 25-33.
- Fitó, M., Covas, M.I., Lamuela-Raventós, R.M., Vila, J., Torrents, J., De La Torre, C. y Marrugat, J. 2000. Protective effect of olive oil and its phenolic compounds against low density lipoprotein oxidation. *Lipids* 35: 633-638.
- Francesco, C., Bilancia, M.T., Pasqualone, A., Sikorska, E. and Gomes, T. 2005. Influence of the exposure to light on extra virgin olive oil quality during storage. *European Food Research and Technology* 221(1-2): 92–98.
- Frankel, E.N. 1985. Chemistry of autoxidation: Mechanism, Products and Flavor Significance, en Flavor Chemistry of Fats and Oils, Ed. por D.B. Min y Smouse, T.H., American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, pp. 1-37.
- Gandul-Rojas, B., Cepero, M.R.L. y Mínguez-Mosquera, I. 2000. Use of chlorophyll and carotenoid pigment composition to determine authenticity of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 77 (8): 853-858.
- García, J.M., Seller, S. y Pérez-Camino, M.C. 1996. Influence of fruit ripening on olive oil quality. *J. Agric. Food Chem.* 44: 3516-3520.
- Garrido, J., Gandul, B., Gallardo, L., Mínguez, M.J. y Pereda, J. 1990. Composición clorofílica y carotenoides del aceite de oliva virgen. Valor en provitamina A. *Grasas y Aceites* 41: 410-417.
- Gimeno, E., Castellote, A.I., Lamuela-Raventós, R.M., de la Torre-Boronat, M.C. y López-Sabater, M.C. 2002. The effects of harvest and extraction method on antioxidants (phenolics, α -tocopherol and β -carotene) content in virgin olive oil. *Food Chem.* 78: 207-211.
- Giuffrida, D., Salvo, F., Salvo, A., La Pera, L. y Dugo, G. 2007. Pigments composition in monovarietal virgin olive oils from various sicilian olive varieties. *Food Chem.* 101 (2): 833-837.
- Gómez-Rico, A., Salvador, M.D. y Fregapane, G. 2009. Virgin olive oil and olive fruit minor constituents as affected by irrigation management based on SWP and TDF as compared to ETc in medium-density young olive orchards (*Olea europaea* L. cv. Cornicabra and Morisca). *Food Research Internacional* 42: 1067-1076.

- Gómez-Rico, A., Salvador, M.D., Moriana, A., Pérez, D., Olmedilla, N., Ribas, F. y Fregapane, G. 2007. Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra cv. Olive orchard on virgin olive oil composition and quality. *Food Chem.* 100: 568-578.
- Gutfinger, T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* (nov.): 966-968.
- Gutiérrez, F., Arnaud, T. y Albi, M.A. 1999. Influence of ecological cultivation on virgin olive oil quality. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76: 617-621.
- Gutiérrez, R. y González-Quijano, J. 1989. Parámetros de calidad en el aceite de oliva. I En su utilización en crudo. III Simposium Nacional del Aceite de Oliva. Expoliva-89, Jaén.
- Gutiérrez-Rosales, F., Garrido-Fernández, J., Gallardo-Guerrero, L., Gandul-Rojas, B. y Minguez-Mosquera, M.I. 1992. Action of chlorophylls on the stability of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 69 (9): 866-871.
- Gutiérrez-Rosales, F., Ríos, J.J. y Gómez-Rey, M.L. 2003. Main polyphenols in the bitter taste of virgin olive oil. Structural confirmation by on-line high-performance liquid chromatography electrospray ionization mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 51 (20): 6021-6025.
- Hansen, M., Kraft, T., Christiansson, M. y Nilsson, N.O. 1999. Evaluation of AFLP in *Beta*. *Theor. Appl. Genet.* 98: 845-852.
- Hermoso, M., Uceda, M., Frías, L., Beltrán, G. 1999. Maduración. En: El cultivo del olivo (Barranco, D.; Fernández- Escobar, R. y L, Rallo, eds.). Ediciones Mundi Prensa. Andalucía, España.
- Hidalgo Casado, F., Navas Fernández, MA., Guinda Garín, A., Ruiz Gómez, A., León Camacho, M., Lanzón Rey, A., Maestro Durán, R., Janer del Valle, ml., Pérez Camino, MC., Cert Ventulá, A., Alba Mendoza, J., Gutiérrez Rosales, F., Dobarganes, MC. y Graciano Constante, E. 1993. La calidad del aceite de oliva virgen: posibles nuevos criterios para su evaluación. *Grasas y Aceites* 44 (1) 10-17.
- Humanes, J. 1992. Producción de aceite de oliva de calidad. Influencia del cultivo. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Serie Apuntes 21/92.
- InfoStat. 1998. Infostat/Profesional, versión 1.1. Grupo Infostat/FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Ed. Brujas, Córdoba, Argentina.
- IOOC (International Olive Oil Council). 1992. The international olive oil market. *Olivae* 43: 9-13.
- IOOC (International Olive Oil Council). 1996. “*Valoración organoléptica del aceite de oliva virgen*”. RES- 3/75-IV/96. Madrid: IOOC.
- IOOC (International Olive Oil Council). 2004. “*Trade Standard Applying to Table Olives*”. Res-2/91-IV/04. Madrid: IOOC.
- IOOC (International Olive Oil Council). 2009. Norma comercial aplicable a los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva. T.15/NC nº 3/Rev. 4. Madrid: IOOC.

- Jiménez Márquez, A., Hermoso Fernández, M. y Uceda Ojeda, M. 1995. Elaboración del aceite de oliva virgen mediante sistema continuo en dos fases. Influencia de diferentes variables del proceso en algunos parámetros relacionados con la calidad del aceite. *Grasas y Aceites* 46 (4-5): 299-303.
- Kiritsakis, A.K. 1984. Effect of storage conditions and packaging materials on olive oil quality. *JAOC* 61(12): 1868–1870.
- Kiritsakis, A.K. 1998. Flavor components of olive oil – a review. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75: 673-681.
- Labombarda, P., Busti, A., Caceres, M.E., Pupili, F. and Arcioni, S. 2002. An AFLP marker tightly linked to apomixis reveals hemizygoty in a portion of the apomixis-controlling locus in *Paspalum simplex*. *Genome* 45: 1-7.
- Lavee, S. 1996. Biología y Fisiología del Olivo. En: Enciclopedia Mundial del Olivo (Plaza y Jánés, eds.). Barcelona, España, pp. 479.
- Lozano-Sánchez, J., Cerretani, L., Bendini, A., Segura-Carretero, A. y Fernández-Gutiérrez, A. 2010. Filtration process of extra virgin olive oil: effect on minor components, oxidative stability and sensorial and physicochemical characteristics. *Trends in Food Science & Technology* 21 (4): 201-211.
- Luna, M.C., Moyano, P.L., Andrada, C.A., Benítez, J.L., Cert-Ventulá, A. 2007. Aportes sobre la composición de aceites de oliva vírgenes producidos en el Valle Central de Catamarca-Argentina (Campaña 2003). *Aceites y Grasas* 68:478-482.
- Maestri, D.M., Labuckas, D.O., Meriles, J.M., Lamarque, A.L., Zygadlo, J.A. y Guzmán, C.A. 1998. Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions. *J. Sci. Food Agric.* 77: 494-498.
- Maestro Durán, R. y Borja Padilla, R. 1990. La calidad del aceite de oliva en relación con la composición y maduración de la aceituna. *Grasas y Aceites* 41 (2): 171-178.
- Mailer, R.J. 2006. The natural chemistry of Australian extra virgin olive oil. RIRDC Publication no: 06-132. A report prepared for the Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra.
- Marginet Campos, J.L. 2005. Informe Olivícola-Hojas de Olivo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Ministerio de Economía y Producción, Buenos Aires, Argentina. Número 17, pp. 5.
- Marsico, D.F. 1948. El contenido de materias grasas y el rendimiento industrial en aceite de las variedades de olivo cultivadas en las diferentes regiones del país. Corporación Nacional de Olivicultura, Ministerio de Agricultura de la Nación, Buenos Aires, Argentina, pp. 27.
- Martínez de Victoria, E. y Mañas, M. 1999. El aceite de oliva en la dieta y salud humanas. En: El cultivo del olivo (Barranco, D.; Fernández- Escobar, R. y L, Rallo, eds.). Ediciones Mundi Prensa. Andalucía, España.

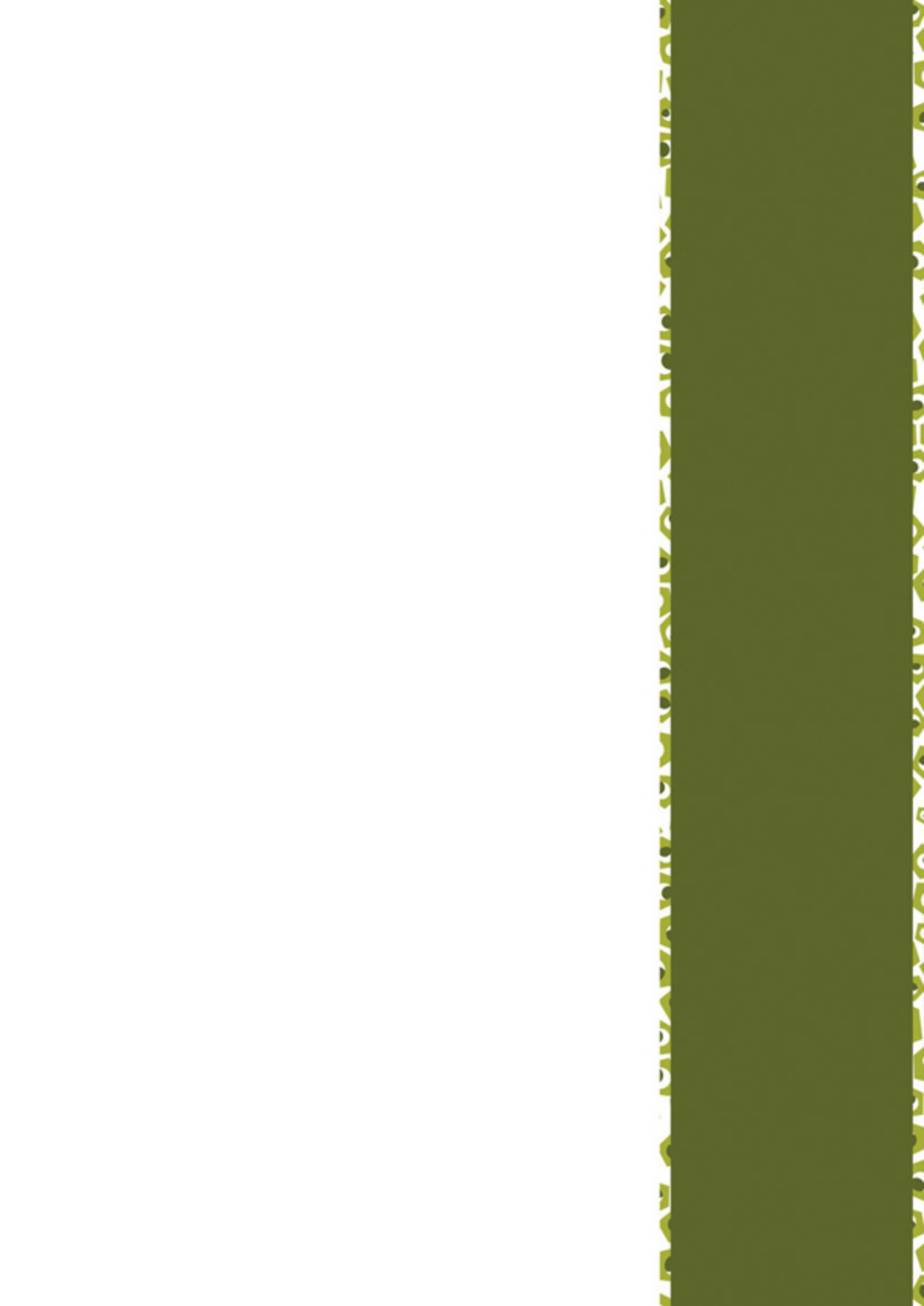
- Martínez Suárez, J. 1973. Recientes estudios de la almazara experimental del Instituto de la Grasa. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse* 50: 325-330.
- Masella, R., Vari, R., D'Archivio, M., Di Benedetto, R., Matarrese, P., Malorni, W., Scazzocchio, B. y Giovannini, C. 2004. Extra virgin olive oil biophenols inhibit cell-mediated oxidation of LDL by increasing the mRNA transcription of glutathione-related enzymes. *J. Nutr.*, 134: 785-791.
- Mattar, S. y Turcato, A. 2005. Correlaciones entre los parámetros químicos y sensoriales del aceite de oliva virgen de San Juan. XI Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites. Rosario-Buenos Aires, Argentina, pp. 231-234.
- Mattar, S. y Turcato, A. 2006. Correlaciones entre los parámetros químicos y sensoriales del aceite de oliva virgen de San Juan. *Aceites y Grasas* 64: 436-443.
- Mendez, A.I. and Falque, E. 2007. Effect of storage time and container type on the quality of extra virgin olive oil. *Food Control* 18: 521–529.
- Mildner-Szkudlarz, S., Jelen, H.H., Zawirska-Wojtasiak, R. y Wasowicz, E. 2003. Application of headscape-solid phase microextraction and multivariate analysis for plant oils differentiation. *Food Chem.* 83 (4): 515-522.
- Mínguez-Mosquera, M.I. y Garrido-Fernández, J. 1989. Chlorophyll and carotenoid presence in olive fruit (*Olea europaea*). *J. Agric. Food Chem.* 37 (1): 1-7.
- Mínguez-Mosquera, M.I., Gandul-Rojas, B., Garrido-Fernández, J. y Gallardo-Guerrero, L. 1990. Pigments present in virgen olive oil. *Ibid.* 67: 192-196.
- Mínguez-Mosquera, M.I., Rejano, L., Gandul, B., Sánchez, A. y Garrido, J. 1991. Color-pigment correlation in virgen olive oil. *J. Am. Oil Chem.* 68: 332-336.
- Morales, M. y Aparicio, R. 1999. Effect of extraction conditions on sensory quality of virgen olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76: 295-300.
- Morelló, J.R., Motilva, M.J., Tovar, M.J. y Romero, M.P. 2004. Changes in commercial virgen olive oil (cv Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food Chem* 85: 357-364.
- Moriana, A., Pérez-López, D., Gómez-Rico, A., Salvador, Md.I.D., Olmedilla, N., Ribas, F. y Fregapane, G. 2007. Irrigation scheduling for tradicional, low-density olive orchards: water relations and influence on oil characteristics. *Agricultural Water Management* 87 (2): 171-179.
- Motilva MJ, Jaria I, Bellart I and Romero MP. 1998. Estudio de la calidad del aceite de oliva virgen de la Denominación de Origen “Les Garrigues” (Lleida) durante la campaña 1995/96. *Grasas y Aceites* 49: 425-433.
- Motilva, M.J., Tovar, M.J., Romero, M.P., Alegre, S. y Girona, J.G. 2000. Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (Arbequina cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. *J Sci. Food Agric.*, 80: 2037-2043.
- Nissiotis, M. y Tasioula-Margari, M. 2002. Changes in antioxidant concentration of virgen olive oil during thermal oxidation. *Food Chem.* 77: 371-376.

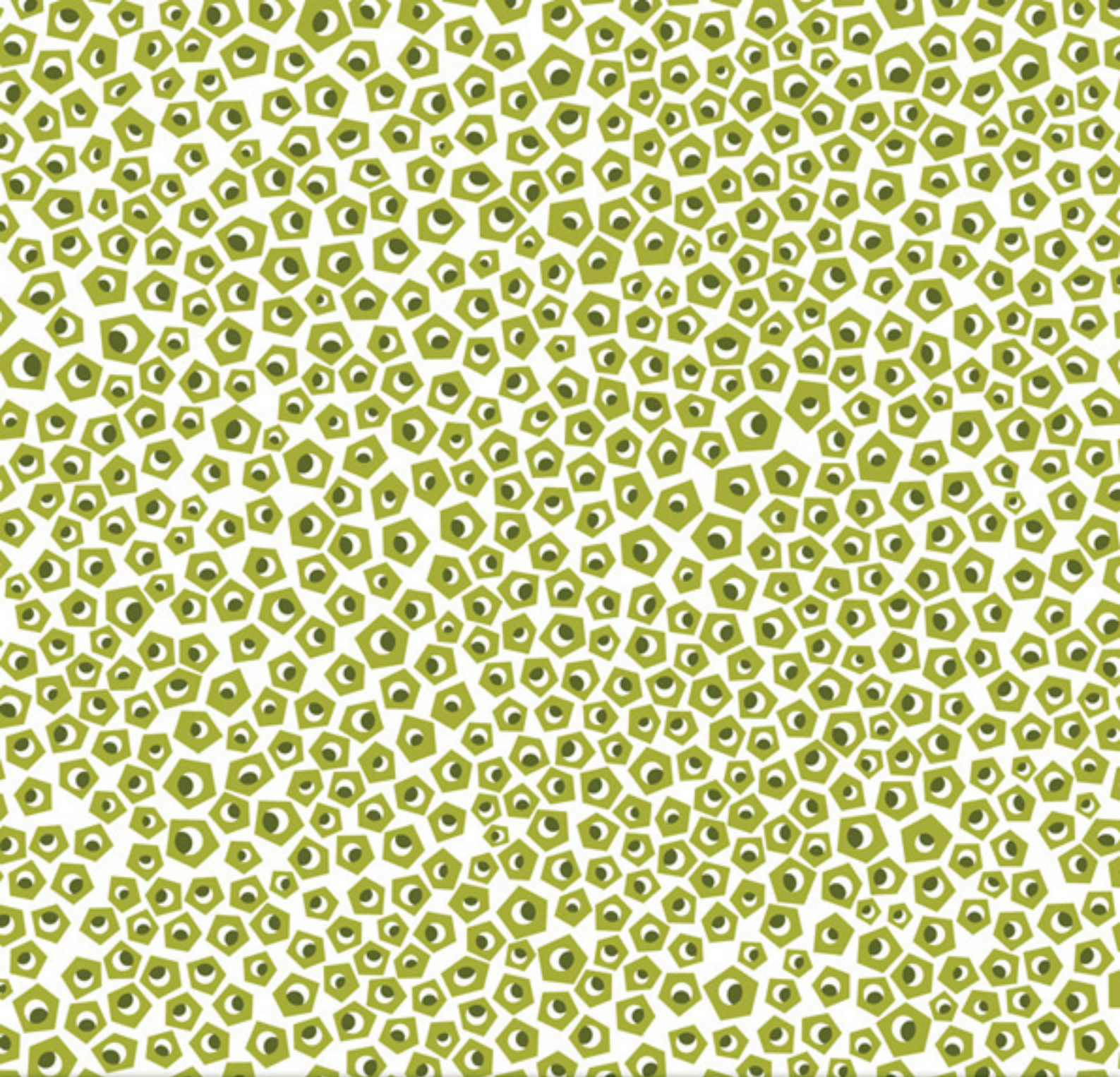
- Olías, J.M., A.G. Pérez, J.J. Ríos, L. Sanz. 1993. Aroma of Virgin Olive Oil: Biogenesis of the “Green” Odor Notes. *Ibid.* 41: 2368-2373.
- Owen, R.W., Mier, W., Giacosa, A., Hull, W.E., Spiegelhalder, B. y Bartsch, H. 2000. Identification of Lignans as Major Components in the Phenolic Fraction of Olive Oil. *Clinical Chem.*, 46: 976–988.
- Pagliarini, E., Zanoni, B. y Giovanelli, G. 2000. Predictive study on tuscan extra virgin olive oil stability under several commercial conditions. *J Agric Food Chem.* 48 1345 – 1351.
- Pardo, J.E., Cuesta, M.A., Alvarruiz, A. 2007. Evaluation of potential and real quality of virgin olive oil from the designation of origin “Aceite Campo de Montiel” (Ciudad Real, Spain). *Food Chem.* 100, 977-984.
- Patumi, M., d’Andria, R., Marsilio, V., Fontanazza, G., Morelli, G. y Lanza, B. 2002. Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olive europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regimes. *Food Chem.* 77: 27-34.
- Pérez-Arquillué C., Juan T., Valero N., Estopañan G., Ariño A., Conchillo P. y Herrera A. 2003. Estudio de la calidad del aceite de oliva virgen de Aragón. *Grasas y Aceites* 54: 151-160.
- Petroni, A., Blasevich, M., Salami, M., Papini, N., Montedoro, G.F. y Galli, C. 1995. Inhibition of platelet aggregation and eicosanoid production by phenolic components of olive oil. *Thromb. Res.* 78:151-160.
- Pinelli, P., Galardi, C., Mulinacci, N., Vincieri, F.F., Cimato, A. y Romani, A. 2003. Minor polar compound and fatty acid analyses in monocultivar virgin olive oils from Tuscany. *Food Chem.* 80: 331-336.
- Ranalli, A., Cabras, P., Iannucciand, E., Contento, S. 2001. Lipochroms, Vitamins, Aromas and other compounds of virgin olive oil are affected by processing technology. *Food Chem.* 73:445-451.
- Ravetti, L. 1999. Caracterización preliminar de variedades y aceites de oliva vírgenes de la provincia de Catamarca. *Aceites y Grasas* 36: 361-369.
- Rodríguez, E.F., Andrada, C.A., Pérez, A.L. y Navarro Fuentes, C.E. 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 – NOA, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Catamarca, pp. 1 - 6.
- Romani, A., Mulinacci N., Pinelli P., Vincieri F. y Cimato, A. 1999. Polyphenolic content in five Tuscany cultivars of *Olea europaea* L. *J.Agric.Food Chem.* 47 (3): 964-967.
- Rotondi, A., Magli, M., Ricciolini, C. and Baldoni, L. 2003. Morphological and molecular analyses for the characterization of a group of italian olive cultivars. *Euphytica* 132: 129-137.
- Salas, J., Pastor, M., Castro, J. y Vega, V. 1997. Influencia del riego sobre la composición y características organolépticas del aceite de oliva. *Grasas y Aceites* 48: 74-82.

- Salvador D.M., Aranda F. y Fregapane G. 1998. Chemical composition of commercial Cornicabra virgin olive oil from 1995/96 and 1996/97 crops. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75:1305-1311.
- Salvador M.D., Aranda F., Gómez-Alonso S. y Fregapane G. 2003. Influence of extraction system, production year and area on Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. *Food Chem.* 80: 359-366.
- Salvador, M.D., Aranda, F. y Fregapane, G. 2001. Influence of fruit ripening on “Cornicabra” virgin olive oil quality. A study of four successive crop seasons. *Food Chem.* 73: 45-53.
- Sánchez Casas, J.J., Osorio Bueno, E., Montañó García, A.M. y Martínez Cano, M. 2003. Estudio del contenido en ácidos grasos de aceites monovarietales elaborados a partir de aceitunas producidas en la región extremeña. *Grasas y Aceites* 54 (4): 371-377.
- Sanz-Cortes, F., Parfitt, D.E., Romero, C., Struss, D. Llácer, G. and Badenes, M.L. 2003. Intraspecific olive diversity assessed with AFLP. *Plant Breeding* 122: 173-177.
- Sensi, E., Vignani, R., Scali, M., Masi, E. and Cresti, M. 2003. DNA fingerprinting and genetic relatedness among cultivated varieties of *Olea europaea* L. estimated by AFLP analysis. *Scientia Horticulturae* 97: 379-388.
- Servili, M., Esposito, S., Lodolini, E., Selvaggini, R., Taticchi, A., Urbani, S., Montedoro, G., Serravalle, M. y Gucci, R. 2007. Irrigation effects on quality, phenolic composition, and selected volatiles of virgin olive oils cv. Leccino. *J. Agric. Food Chem.* 55: 6609-6618.
- Servili, M., Selvaggini, R., Esposito, S., Taticchi, A., Montedoro, G. y Morozzi, G. 2004. Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil. *Journal of Chromatography A* 1054: 113-127.
- Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposito, S. y Montedoro, G. 2003. Volatile compounds and phenolic composition of virgin olive oil: Optimization of temperature and time of exposure of olive pastes to air contact during the mechanical extraction process. *J. Agric. Food Chem.* 51: 7980-7988.
- Servili, M., Taticchi, A., Esposito, S., Urbani, S., Selvaggini, R. y Montedoro, G. 2008. Influence of the decrease in oxygen during malaxation of olive paste on the composition of volatiles and phenolic compounds in virgin olive oil. *J. Agric. Food Chem.* 56:10048–10055.
- Servili, M. y Montedoro, G. 2002. Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology* 104 (9-10):602-613.
- Sherwin E.R. 1976. Antioxidants for vegetable oils. *J. Am. Chem. Soc.* 53: 430- 436.
- Solinas, M. 1987. Analisi HRGC delle sostanze fenoliche di oli vergini di oliva in relazione al grado di maturazione e alla varietà delle olive. *La Rivista delle Sostanze Grasse*, 64, 255-262.
- Stefanoudaki E, Kotsifaki F. y Koutsaftakis A. 1999. Classification of virgin olive oils of the two major Cretan cultivars based on their fatty acid composition. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76 (5) 623–626.

- Stefanoudaki-Katzouraki, E. y Koustaftakis, A. 1992. Studies on total polyphenols and chlorophyll content of olive oil during the ripening of olive fruits in the area of Crete. En Proceedings of Olive Oil Quality Congress, Florencia, Italia, pp. 381–383.
- Torres, M., Pierantozzi, P., Caceres, M.E., Labombarda, P., Fontanazza, G. and Maestri, D.M. 2009. Genetic and chemical assessment in Arbequina olive cultivar grown in Córdoba province (Argentina). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 523-530.
- Torres, M.M. y Maestri, D.M. 2006 a. Chemical composition of Arbequina virgin olive oil in relation to extraction and storage conditions. *J. Sci. Food Agric.* 86(14): 2311-2317.
- Torres, M.M. y Maestri, D.M. 2006 b. The effects of genotype and extraction methods on chemical composition of virgin olive oils from Traslasierra Valley (Córdoba, Argentina)". *Food Chem.* 96: 507-511.
- Torres, MM., Martínez, ML. y Maestri, DM. 2005. A multivariate study of the relationship between fatty acids and volatile flavor components in olive and walnut oils". *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 82 (2): 1-6.
- Tous, J. y Romero, A. 1994. Aceites Catalanes. Denominaciones de Origen. En: Olivicultura. Fundación "La Caixa" Agrolatino, S.L.
- Tous, J., Romero, A., Plana, J., Guerrero, L., Díaz, I. y Hermoso, J.F. 1997. Características químico-sensoriales de los aceites de oliva "Arbequina" obtenidos en distintas zonas de España. *Grasas y Aceites* 48 (6): 415-424.
- Tovar M.J., Romero M.P., Alegre, S., Girona, J. y Motilva, M.J. 2003. Composition and organoleptic characteristic of oil from Arbequina olive (*Olea europaea* L.) trees under deficit irrigation. *J Sci Food Agric* 82: 1755-1763.
- Tsimis, D.A. and Karakasides, N.G. 2002. How the choice of container affects olive oil quality – a review. *Packaging Technology and Science* 15:147–154.
- Tura, D., P.D. Prenzler, D.R. Bedgood Jr., M. Antolovich and K. Robards. 2004. Varietal and Processing Effects on the Volatile Profile of Australian Olive Oils. *Ibid.* 84: 341-349.
- Uceda M. y Hermoso M. 1999. La calidad del aceite de oliva, en *El cultivo del olivo*, Ed. por Barranco D, Fernández- Escobar R y Rallo L. Andalucía, España, pp. 571-596.
- Uceda, M., Hermoso, M. y Frías, L. 1980. Contribución al estudio del aceite de oliva. XVI Reunión Plenaria de la Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados, Sevilla.
- Vázquez- Roncero, A., Janer del Valle, C. y Janer del Valle, L. 1973. Determinación de los polifenoles totales en aceite de oliva. *Grasas y Aceites* 24: 354-357.
- Vegari, G., Patumi, M. y Fontanazza, G. 1996. Use of RAPD markers in the characterization of olive germplasm. *Olivae* 60: 19-22.
- Vekari S.A y Koustaftakis A. 2002. The effect of different processing stages of olive fruit on the extracted olive oil polyphenol content. *Grasas y Aceites* 53: 304-308.

- Velasco, J. y Dobarganes, C. 2002. Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 104: 661–676.
- Vinha, A.F., Ferreres, F., Silva, B.M., Valentão, P., Gonçalves, A., Pereira, J.A., Oliveira, M.B., Seabra, R.M. y Andrade, P.B. 2005. Phenolic profiles of Portuguese olive fruits (*Olea europaea* L.): Influences of cultivar and geographical origin. *Food Chem.* 89 (4): 561-568.
- Visioli, F. y Galli, C. 1998. Olive oil phenols and their potential effects on human health. *J. Agric. Food Chem.* 46: 4292-4296.
- Zunin, P., Boggia, R., Lanteri, S., Leardi, R., De Andreis, R. y Evangelisti, F. 2004. Direct thermal extraction and gas chromatographic-mass spectrometric determination of volatile compounds of extra-virgin olive oils. *Journal of Chromatography A* 1023: 271-276.





I M B I V

CONICET
U N C



 **Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca**
Presidencia de la Nación

 **GOBIERNO DE LA
PROVINCIA DE
CORDOBA**

 **Córdoba
Entre todos**

**Ministerio de
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA**

