

Cornejo, Vanina

Caracterización química de aceites de oliva vírgenes variedad Arbequina producidos en San Juan, Argentina

**Tesis para la obtención del título de posgrado de
Magíster en Tecnología de los Alimentos**

Director: Torres, Myriam Mariela.

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital - Producción Académica, repositorio institucional de la Universidad Católica de Córdoba, gestionado por el Sistema de Bibliotecas de la UCC.



Esta obra está bajo licencia 2.5 de Creative Commons Argentina.
Atribución-No comercial-Sin obras derivadas 2.5

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias Químicas

**“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES DE OLIVA
VÍRGENES VARIEDAD *ARBEQUINA* PRODUCIDOS EN SAN
JUAN, ARGENTINA”**

Tesis de la Facultad de Ciencias Químicas

**Universidad Católica de Córdoba conforme a los requisitos para obtener
el título de Magister en Tecnología de los Alimentos**

VANINA CORNEJO

Córdoba, 2018



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CÓRDOBA
Universidad Jesuita

fcq

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Director del Trabajo Final

Dra. Myriam Mariela Torres

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Estación Experimental Agropecuaria San Juan

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Comisión de Trabajo Final

Dra. María José Martínez

Dr. Mario Leandro Aimar

Mag. María Gabriela Molina

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES DE OLIVA VÍRGENES
VARIEDAD *ARBEQUINA* PRODUCIDOS EN SAN JUAN, ARGENTINA

Dedico este trabajo a mi familia,

De ellos recibí el cariño necesario para mirar siempre adelante,

Muchas gracias por el apoyo, la paciencia y la confianza.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES DE OLIVA VÍRGENES

VARIEDAD *ARBEQUINA* PRODUCIDOS EN SAN JUAN, ARGENTINA

Agradezco especialmente a

A mi Directora de Tesis, Mariela Torres, por su dedicada tarea de corrección y enseñanzas.

Al INTA, institución que me apoyó para lograr realizar mi formación de postgrado

Al grupo del Proyecto Específico PNFRU, compañeros de trabajo de diferentes provincias, que gracias a su esfuerzo aportaron importante material para mi tesis.

A mi compañero de trabajo Luis Bueno, que juntos realizamos numerosos muestreos y ensayos con gran dedicación.

A mi compañera Lorena Gines que incondicionalmente realizó todas las determinaciones analíticas que se encuentran en el trabajo.

A mi querido compañero Valentín "Mono" Carrizo que ya no está con nosotros, y juntos aprendimos a extraer el aceite y me contuvo como un padre.

A mis compañeros Eduardo Trentacoste y Clara Rosa Moyano por su gran colaboración. A mis compañeros que colaboraron cada uno en su tarea: Rodolfo Olivera, Orlando Bustos, Daniela Rodriguez, Sonia Silva, Mario Liotta, Pierluigi Pierantozzi.

A mi amiga del alma Graciela por estar siempre presente.

A los Directores de la EEA San Juan Omar Miranda y Maximiliano Battistella por brindarme la posibilidad de esta formación superior.

A Ramiro Ruiz por acompañarme todos estos años, a Guadalupe y Juan Pablo que los amo con toda mi alma.

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES DE OLIVA VÍRGENES
VARIEDAD *ARBEQUINA* PRODUCIDOS EN SAN JUAN, ARGENTINA**

INDICE GENERAL

Lista de Abreviaturas	X
Lista de Figuras	XII
Lista de Tablas	XIII
Resumen	XVII
Summary	XIX
CAPITULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Del mundo a la Argentina	6
1.2 Regiones olivareras a nivel nacional	9
1.3 Contexto del área de estudio en San Juan: Características del suelo y clima	12
1.4 Material de estudio: cultivar de olivo Arbequina	17
1.5 Importancia del estudio	18
CAPITULO 2	20
2. ANTECEDENTES GENERALES DEL CULTIVO	21
2.1 Fisiología general del olivo	21
2.2 Fructificación, fases de crecimiento y maduración del fruto	24
2.3 Biogénesis, acumulación y composición del aceite	29
2.4 El concepto de calidad del aceite de oliva	33
2.5 Composición del aceite de oliva y propiedades nutricionales	35
2.6 Fuentes de variabilidad del aceite de oliva y sus propiedades	39

2.7.1 Factores agronómicos y ambientales que afectan la composición y calidad del aceite de oliva	43
2.7.2 Factores tecnológicos que afectan la composición de aceites de oliva extra virgen y su calidad	58
CAPITULO 3	64
3. OBJETIVO GENERAL	65
3.1 Objetivos específicos	65
CAPITULO 4	66
4. MATERIALES Y MÉTODOS	67
4.1 Objetivo 1	67
4.1.1 Localización de los sitios de cultivo	67
4.1.2 Caracterización climática de los sitios de cultivo	67
4.1.3 Diseño de muestreo de fruto	68
4.1.4 Obtención del aceite de oliva a partir de los frutos	69
4.2 Objetivo 2	69
4.2.1 Localización de los sitios de estudio	69
4.2.2 Caracterización climática de los sitios de estudio	70
4.2.3 Muestreo de frutos por fecha de cosecha	72
4.2.4 Obtención del aceite de oliva a partir de los frutos	72
4.3 Objetivo 3	73
4.3.1 Diseño del muestreo de frutos	73
4.3.2 Obtención del aceite de oliva a partir de los frutos	73
4.4 Material vegetal: fruta	74
4.4.1 Índice de madurez	74
4.4.2 Humedad de las aceitunas	75
4.4.3 Contenido de aceite	76
4.5 Análisis físico químico para control de calidad	77
4.5.1 Grado de acidez libre	77

4.5.2. Índice de Peróxidos	78
4.5.3 Coeficientes de extinción k_{232} y k_{270}	79
4.5. 4 Composición de ácidos grasos	81
4.5.5 Contenido total de sustancias fenólicas	83
4.5.6 Estabilidad oxidativa	84
4.5.7 Análisis sensorial del aceite	85
4.6 Análisis estadístico	85
CAPITULO 5	86
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	87
5.1.1 Objetivo Específico 1	87
5.1.2 Conclusiones parciales	97
5.2.1 Objetivo Específico 2	98
5.2.2 Dinámica de la acumulación y composición del aceite en la variedad Arbequina cultivada en la provincia de San Juan	98
5.2.3 Composición físico-química del aceite de oliva del cultivar Arbequina en función de su procedencia geográfica en el gradiente latitudinal de cultivo a nivel nacional	111
5.2.4 Conclusiones parciales	117
5.3.1 Objetivo Específico 3	119
5.3.2 Conclusiones parciales	128
CAPITULO 6	129
6. CONCLUSIONES FINALES	130
7. BIBLIOGRAFIA	132

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES DE OLIVA VÍRGENES VARIEDAD *ARBEQUINA* PRODUCIDOS EN SAN JUAN, ARGENTINA

LISTADO DE ABREVIATURAS

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

EEA: Estación Experimental Agropecuaria

°Cd: grados centígrados/día

T°: Temperatura

IM: Índice de Madurez

var.: Variedad

Máx.: Máxima

C.O.I.: Consejo Oleícola Internacional

AOVE: Aceite de Oliva Virgen Extra

AOV: Aceite de Oliva Virgen

ACCasa: Acetilco- CoA carboxilasa

AGS: Sistema enzimático ácido graso sintetasa

FL: Fenoles Lipolíticos

FH: Fenoles Hidrolíticos

LOX: Lipoxigenasa

POD: Peroxidasa

PFO: Polifenooxidasa

UV: Ultravioleta

FT: Fenoles Totales

EO: Estabilidad Oxidativa

ppm: partes por millón

CMG: contenido de materia grasa

AGMI: ácidos grasos monoinsaturados

AGPI: ácidos grasos poliinsaturados

TEPACA: Tiempo exposición de la pasta con el aire

MTN: Microtalco Natural

BH: materia grasa en base húmeda

BS: materia grasa en base seca

IP: Índice de Peróxidos

GA: Grado de acidez

HPDC: Hidroxidienos conjugados

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES DE OLIVA VÍRGENES
VARIEDAD *ARBEQUINA* PRODUCIDOS EN SAN JUAN, ARGENTINA**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa topográfico de las principales regiones olivareras (comprendidas entre las latitudes 28 y 32° S) ubicadas al noroeste y centro-oeste de Argentina	11
Figura 2. Mapa de suelos del Valle de Tulúm, San Juan	16
Figura 3. Escala de coloración de los frutos, clasificación por clase desde 0 al 7, desde piel verde intenso a totalmente morado	75
Figura 4. Descomposición del ácido graso linoleico	80
Figura 5. Correlación entre los ácidos grasos oleico y linoleico	94
Figura 6. Porcentaje del contenido de fenoles totales (mg/kg) de aceites de la var. <i>Arbequina</i> cultivada en Pocito (San Juan), obtenidos en diferentes fechas de cosecha y campañas de producción.	106
Figura 7. Valores de estabilidad oxidativa (h) pertenecientes a los aceites de la var. <i>Arbequina</i> cultivada en Pocito (San Juan), obtenidos en diferentes fechas de cosecha y campañas de producción.	107
Figura 8. Perfiles sensoriales de los aceites pertenecientes al cv. <i>Arbequina</i> obtenidos a partir de la aplicación de los diferentes tratamientos con microtalco natural (MTN)	127

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES DE OLIVA VÍRGENES
VARIEDAD *ARBEQUINA* PRODUCIDOS EN SAN JUAN, ARGENTINA**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Características del suelo y altitud (msm) de las tres zonas de estudio evaluadas en la provincia de San Juan, Argentina.	15
Tabla II. Características climáticas de las tres zonas de estudio evaluadas en la provincia de San Juan, Argentina.	17
Tabla III. Contenido medio de algunos parámetros físico-químicos y químicos de calidad del aceite de oliva virgen de la var. <i>Arbequina</i> obtenidos en distintas zonas oleícolas	45
Tabla IV. Concentraciones de compuestos fenólicos (mg/kg) en aceites de oliva extra vírgenes de diferentes cultivares italianos.	46
Tabla V. Composición de ácidos grasos de aceites de oliva extra vírgenes pertenecientes a diferentes variedades cultivadas en Argentina (Provincia de Catamarca) e Italia	53
Tabla VI: Datos de referencia geográfica de los distintos sitios de muestreo pertenecientes a la provincia de San Juan, Argentina.	68
Tabla VII. Parámetros meteorológicos registrados por las distintas Estaciones meteorológicas del INTA, ubicadas en los distintos sitios de estudio, durante los tres ciclos de cultivo consecutivos (2007 - 2010).	71
Tabla VIII. Temperaturas máxima media estival (desde el 22 de diciembre al 21 de marzo; T _{max md est}), máxima absoluta (T _{máx}	88

abs) anuales ($^{\circ}\text{C}$), amplitud térmica media (At md), amplitud térmica máxima (At max), Sumatoria de horas de frío $\leq 7^{\circ}\text{C}$ y precipitación anual (mm) durante los ciclos de cultivo analizados correspondientes a las tres localidades de la provincia de San Juan, Argentina.

Tabla IX. Contenido de materia grasa (CMG), fenoles totales (FT), 95
ácidos grasos, estabilidad oxidativa (EO) y relación
monoinsaturados/poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites de oliva
del cv. Arbequina procedente de las tres localidades de la provincia
de San Juan, Argentina durante los ciclos de cultivo analizados.

Tabla X. Variabilidad expresada como porcentaje de la suma total 96
de cuadrados de los parámetros químicos evaluados (contenido de
materia grasa (CMG), fenoles totales (FT), ácidos grasos,
estabilidad oxidativa (EO) y relación
monoinsaturados/poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites de oliva
de la variedad Arbequina procedente de las tres localidades de la
provincia de San Juan, Argentina durante los ciclos de cultivo
analizados.

Tabla XI. Contenido de aceite (% base seca) de frutos de la var. 99
Arbequina cultivada en Pocito (San Juan), Argentina, obtenidos en
diferentes campañas de producción a lo largo de la época de
cosecha.

Tabla XII. Valores medios del grado de acidez (% ácido oleico), 103
índice de peróxidos (meq oxígeno/kg), coeficientes de extinción
específica K_{232} y K_{270} y ΔK de aceites de la var. Arbequina
cultivada en Pocito (San Juan), obtenidos en diferentes momentos
de cosecha y campañas de producción.

Tabla XIII. Variabilidad expresada como porcentaje de la suma 104

total de cuadrados de algunos de los parámetros químicos evaluados (grado de acidez, índice de peróxidos, coeficientes de extinción específica, ácidos grasos, fenoles totales - FT -, estabilidad oxidativa - EO - y relación monoinsaturados/poliinsaturados - AGMI/AGPI) de aceites de oliva del cv. *Arbequina* procedente de la provincia de San Juan, Argentina, durante los momentos de cosecha y ciclos de cultivo analizados.

Tabla XIV. Temperaturas máxima media estival (desde el 22 de diciembre al 21 de marzo; T_{max md est}), máxima absoluta (T_{máx abs}) anuales (°C), amplitud térmica media (At md), amplitud térmica máxima (At max), Sumatoria de horas de frío $\leq 7^{\circ}\text{C}$ y precipitación estival (mm) durante los ciclos de cultivo analizados correspondientes a la localidad de Pocito (San Juan, Argentina). 108

Tabla XV. Composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) y relación entre ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en Pocito, San Juan, durante los ciclos de cultivo analizados. 110

Tabla XVI. Contenido medio de fenoles totales, estabilidad oxidativa y composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) y relación entre ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en cinco localidades de Argentina. 114

Tabla XVII. Variabilidad expresada como porcentaje de la suma total de cuadrados de los parámetros químicos evaluados (ácidos grasos, fenoles totales, estabilidad oxidativa y relación monoinsaturados/poliinsaturados - AGMI/AGPI) de aceites de la var. *Arbequina* cultivada en las diferentes localidades y campañas 116

de producción evaluadas.

Tabla XVIII. Peso fresco (g), índice de madurez (IM), contenido de 124
humedad (%), materia grasa en base húmeda (% , BH), materia
grasa en base seca (% , BS) y rendimiento industrial de frutos
pertenecientes al cv. Arbequina en función de la aplicación de los
tratamientos con microtalco natural.

Tabla XIX. Determinación de parámetros físico-químicos y 126
mediana de atributos sensoriales de los aceites pertenecientes al
cv. Arbequina obtenidos a partir de la aplicación de los diferentes
tratamientos con microtalco natural.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE ACEITES DE OLIVA VÍRGENES VARIEDAD *ARBEQUINA* PRODUCIDOS EN SAN JUAN, ARGENTINA

Resumen

El objetivo de este trabajo fue llevar a cabo una caracterización química-organoléptica de los aceites de oliva vírgenes del cv. Arbequina en función de diversos factores ambientales, culturales y tecnológicos. Este manuscrito consta de seis capítulos diferenciados por sus objetivos y metodologías particulares. En el primer capítulo se hace referencia a la situación de la Olivicultura a nivel mundial, como así también en Argentina y en nuestra provincia. El objetivo del segundo capítulo abordó aspectos generales del cultivo del olivo, enfatizándose en aquellos factores de mayor influencia sobre los aspectos cualitativos de los aceites de oliva, a saber: genotipo, área de cultivo y condiciones estacionales, maduración del fruto y factores tecnológicos (ej.: uso de coadyuvantes durante el proceso de molienda). En el tercer capítulo se mencionó los tres objetivos generales del trabajo: a) influencia de las condiciones ambientales de las diferentes localidades de cultivo de la provincia de San Juan (Argentina) sobre los principales parámetros físico-químicos reglamentados que determinan la calidad del aceite de oliva del cv. Arbequina; b) evaluación de composición físico-química del aceite de oliva del cv. Arbequina en función de la fecha de recolección y su procedencia geográfica en el gradiente latitudinal de cultivo a nivel nacional, y c) el estudio del impacto del uso de un coadyuvante tecnológico sobre el rendimiento industrial y algunos aspectos cualitativos durante el proceso de obtención del aceite de oliva del cv. Arbequina. En el cuarto capítulo se planteó los diferentes materiales y las metodologías de estudio en función de los objetivos anteriormente mencionados. En el quinto capítulo se expusieron los resultados y discusiones de cada uno de los objetivos reseñados. En

relación al primer objetivo específico, se observó que la mayor parte de los parámetros químicos evaluados en los aceites de oliva vírgenes de la var. Arbequina cultivada en la provincia de San Juan fueron influenciados por el año de cultivo y la zona de cultivo. Asimismo, la caracterización llevada a cabo durante cinco campañas de producción permitió establecer, que todos los parámetros evaluados (valores medios) se encuentran dentro de los límites fijados por el Consejo Oleícola Internacional para aceites de oliva extra vírgenes. Con respecto al segundo objetivo específico, el año de cultivo fue la principal fuente de variación para la mayoría de los parámetros analizados en los aceites de oliva vírgenes de la var. Arbequina cultivada en nuestra provincia. En relación al contenido del ácido graso oleico se observó un comportamiento diferencial de 'Arbequina' a lo largo del gradiente latitudinal de cultivo analizado, registrándose una tendencia hacia un aumento de dicho ácido graso a lo largo del mismo (PO-CAT = ARA-LR < CE-CBA = POC-SJ < LV-MZA; exceptuando CAP-CAT). En términos generales, también es importante remarcar que los aceites producidos en estas localidades resultaron con contenidos de oleico inferiores a aquellos registrados en sus análogos españoles. Respecto al último objetivo específico, se observó que la adición de microtalco natural al 1.5 % (p/p), teniendo en cuenta las condiciones operativas ensayadas y la materia prima empleada, podría resultar una dosis óptima para el sector industrial.

Finalmente, en el sexto capítulo se detallaron las conclusiones generales observadas del presente estudio, remarcándose las fortalezas y debilidades del sector olivícola en nuestro país.

Palabras claves: *Olea europaea* L., aceite de oliva, caracterización, calidad físico-química y sensorial, coadyuvantes tecnológicos.

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF VIRGINS OLIVE OILS VARIETY ARBEQUINA PRODUCED IN SAN JUAN, ARGENTINA

Summary

The objective of this work was to carry out a chemical-organoleptic characterization of virgin olive oils of cv. Arbequina taking into account environmental, cultural and technological factors. This manuscript consists of six differentiated chapters according to its specific objectives and methodologies. The first chapter referred to the situation of olive growing worldwide, as well as in Argentina and our province. The objective of the second chapter addressed general aspects of olive cultivation, focusing on those factors of greater influence on the qualitative aspects of olive oils, namely: genotype, area of cultivation and seasonal conditions, fruit ripening and technological factors (eg.: use of coadjuvants during the olive milling process). In the third chapter the three general objectives of the work were mentioned: a) influence of the environmental conditions of the different cultivation localities of the province of San Juan (Argentina) on the main regulated physical-chemical parameters that determine the quality of the olive oil cv. Arbequina; b) evaluation of physico-chemical composition of olive oil from cv. Arbequina taking into account the harvesting date and its geographical origin in the latitudinal gradient of cultivation at the national level, and c) the study of the impact of the use of a technological coadjuvant on the industrial yield and some qualitative aspects during the olive oil production process (cv. Arbequina). In the fourth chapter, the different materials and analytical methodologies were proposed in terms of the aforementioned objectives. In the fifth chapter the results and discussions of each of the objectives outlined were presented. As regards to the first specific objective, it was observed that most of the chemical parameters evaluated in the virgin olive oils Arbequina variety cultivated in the province of San Juan were influenced

by the crop year and the growing area. Likewise, the characterization carried out during five production seasons made it possible to establish that all parameters evaluated (mean values) fell within the established limits by the International Olive Oil Council for 'extra- virgin olive oil' category. On the second objective, the crop year was the main source of variation for most of the parameters analyzed in virgin olive oils Arbequina variety cultivated in our province. As far as to the content of the oleic acid, a differential behavior of 'Arbequina' was observed along the latitudinal gradient of cultivation analyzed, showing a tendency towards an increase of it along this gradient. (PO-CAT = ARA- LR <CE-CBA = POC-SJ <LV-MZA, except to CAP-CAT). In general terms, it is also important to note that the oils produced in these localities resulted with lower oleic contents than those registered in their Spanish analogues. On the other hand, with regard to the last specific objective, it was observed that the addition of natural microcalc at 1.5% (w / w), and taking into account the operative conditions tested and the raw material used, could be an optimum dose for the industrial sector.

Finally, in the sixth chapter the general conclusions observed in this study were detailed, highlighting the strengths and weaknesses of the olive-growing sector in our country.

Keywords: *Olea europaea* L., olive oil, characterization, physicochemical and sensorial quality, technological coadjuvant.



CAPITULO 1
INTRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN

El aceite de oliva es un producto extraído únicamente del fruto del olivo, que si se obtiene sólo por procesos físicos resulta un jugo de fruta genuino. Desde hace algunos años, los aceites de oliva extra vírgenes son cada vez más apreciados por los consumidores, especialmente por sus cualidades nutricionales y organolépticas.

La calidad del aceite de oliva se encuentra influenciada por una gran cantidad de factores. Entre ellos se encuentran aspectos genéticos (cultivar), agronómicos (manejo del cultivo), tecnológicos (sistemas de extracción) y ambientales (localidad geográfica, características agroecológicas), existiendo a su vez interacciones entre los mismos. Precisamente, existe un interés creciente en la clasificación de aceites de oliva según su origen geográfico, ya que permite la diferenciación de unos aceites con respecto a otros.

En Argentina, en las dos últimas décadas, se promovieron emprendimientos productivos en el área olivícola, principalmente en las provincias de San Juan, La Rioja y Catamarca, que permitieron lograr en pocos años la mayor superficie cultivada de olivos en América del Sur. De esta manera, el área de cultivo del olivo se ha expandido más allá de las regiones tradicionales de producción, abarcando actualmente un amplio gradiente latitudinal. Aunque existen algunas diferencias regionales en cuanto al destino principal de la producción, en promedio, el 60 % de la misma se destina a la fabricación de aceite, siendo los cultivares Arbequina y Manzanilla los más utilizados para este propósito (Torres, 2006).

Una problemática que plantea el cultivo del olivo en Argentina guarda relación con la adaptación de los cultivares introducidos (la mayor parte de origen europeo) a condiciones ambientales diferentes a las

predominantes en países de la cuenca mediterránea. Una de las consecuencias más importantes es la baja productividad observada en algunos cultivares y ambientes, producto del bajo porcentaje de floración y/o de una marcada alternancia de la misma entre ciclos de cultivo (Searles et al., 2011).

Otra dificultad a la que se enfrenta la olivicultura nacional, específicamente en relación a la adaptación de los cultivares introducidos en las regiones cálidas del noroeste argentino, está vinculada a la producción de aceites de oliva y algunos parámetros reglamentados de calidad (en especial el contenido de ácido oleico) los cuales pueden estar fuera de los límites establecidos por el Consejo Oleícola Internacional para aceite de oliva virgen extra. En particular, los aceites obtenidos del cv. Arbequina presentan importantes variaciones en sus porcentajes de ácido oleico en relación al ambiente de cultivo (Torres et al., 2009). Por ejemplo, la producción de aceite del cv. 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 este cultivar 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, 2001). Estas diferencias en la composición de ácidos grasos con los países europeos de la Cuenca Mediterránea y los estándares establecidos por el Consejo Oleícola Internacional también ha sido reportada en otros países tales como Túnez, Turquía e Irán (Nergiz y Engez, 2000; Saseghi y Talaii, 2002; Dhifi et al., 2004, Manai et al., 2007; Zarrouk et al., 2009; Diraman et al., 2010), donde las condiciones agro-climáticas son similares a las de Argentina. De esta manera, resulta probable que tales diferencias químicas sean debidas a una interacción genotipo por ambiente. Desde el

punto de vista práctico, los aspectos mencionados pueden constituir un obstáculo para la comercialización de los aceites, sobretodo en el mercado internacional.

De esta manera la caracterización de los aceites resulta necesaria, siendo una herramienta valiosa para garantizar el origen y la autenticación. En este sentido, interesan parámetros clásicos de calidad (grado de acidez, índice de peróxidos, entre otros), parámetros de genuinidad como la composición acídica, y criterios de estabilidad oxidativa tales como el contenido de compuestos fenólicos y tocoferoles.

Como se mencionó anteriormente, existen otros factores que afectan la calidad de los aceites. Si se considera la calidad potencial de los aceites de oliva, la misma puede ser alcanzada cuando la materia prima es seleccionada correctamente (olivas en estado óptimo de madurez, sin defectos como golpes, rajaduras, síntomas visuales de contaminación microbiológica, cosechadas directamente del árbol) y bajo condiciones controladas de proceso (sin demoras considerables entre tiempos de cosecha y extracción, rango de temperaturas de batido adecuada, rápida separación entre las fases oleosa y residual); mientras que la calidad real es aquella observada en muestras de aceites tomadas al azar a partir de tanques industriales.

El proceso de extracción del aceite se compone de diferentes etapas: operaciones previas, molido de las aceitunas, batido y separación del aceite. Las operaciones previas incluyen el transporte desde el campo a la planta de extracción y la limpieza de los frutos. Posteriormente, se produce la molienda de las olivas con el objeto de romper los tejidos que las conforman, y liberar así el aceite que contienen. Seguidamente, se realiza el batido de la pasta para facilitar la unión de las pequeñas gotas de aceite en gotas más grandes. Luego, se lleva a cabo la separación del aceite, siendo el método más habitual la centrifugación, aunque también

existen otras técnicas de extracción por presión o por extracción parcial. Finalmente, el aceite puede ser filtrado y almacenado hasta el momento de su expedición.

El batido de la pasta ha sido extensamente estudiado debido a su impacto sobre la calidad del aceite de oliva (Angerosa et al., 2001; Ranalli et al., 2003a; Morales y Aparicio, 1999), siendo la temperatura y el tiempo de batido los principales factores de influencia. Los aceites de alta calidad ('elite') se obtienen a bajos valores de estas dos últimas variables, pero los rendimientos de extracción que se logran son también inferiores bajo estas condiciones de operación. Moya et al. (2005) han reportado que la mejor opción para aumentar los rendimientos de extracción, con poca alteración del aceite de oliva, es aumentando el tiempo de batido.

En el proceso de extracción del aceite de oliva, aproximadamente el 10-20 % del aceite permanece en el interior de las células sin protección o permanece en el sistema coloidal de la pasta de oliva (microgeles), uniéndose también algo con el agua de vegetación en forma de emulsión. La dificultad de liberar este aceite "ligado" radica principalmente en el hecho de que las gotitas de aceite dispersado o emulsionado están rodeadas por una membrana lipoproteína (fosfolípidos y proteínas) que los mantiene en ese estado (Boskou, 1996; Petursson et al., 2004). Este fenómeno es más pronunciado en algunos cultivares de olivo, como Hojiblanca o Picual, y cuando los frutos son cosechados con índice de madurez bajos o son expuestos a temperaturas bajo cero. La pasta obtenida en estas condiciones es llamada "pasta difícil" y usualmente necesita el uso de coadyuvantes, el cual es adicionado en la etapa de amasado, para romper la emulsión, permitiendo así mejorar la extracción del aceite. España fue el primer país en regular el uso de coadyuvantes, y el talco natural (silicato de magnesio hidratado) fue el primer producto permitido para la extracción del aceite de oliva. La Comunidad Europea (Norma 1513/2001) finalmente decidió excluir los aceites de oliva

obtenidos mediante coadyuvantes con una acción química o bioquímica. Por lo tanto, el talco permanece aprobado como el único coadyuvante, ya que su acción es meramente física (Moya et al., 2010). Por ejemplo, a nivel regional resultan escasos los antecedentes sobre el uso de coadyuvantes durante la etapa de amasado. Cornejo et al. (2010) comprobaron que el uso de microtalco, durante el proceso de extracción en el cv. Arauco, mejora el rendimiento industrial hasta un 2 %. No obstante, es necesario analizar con profundidad el impacto del agregado de coadyuvantes (ej.: diferentes dosis) sobre el rendimiento industrial.

En función de lo expuesto y teniendo en cuenta la necesidad de generar antecedentes relativos al conocimiento de los genotipos locales de olivo, este trabajo hace énfasis en el estudio de la calidad del aceite de oliva cv. Arbequina en función de diversos factores ambientales, agronómicos y tecnológicos.

1.1 Del mundo a la Argentina

El olivo es un árbol perteneciente a la familia *Oleaceae*, la cual comprende 29 géneros y unas 600 especies de distribución cosmopolita. Presenta dos subfamilias: *Oleoideae* y *Jasminoideae*. El género *Olea* pertenece a la primera y abarca alrededor de 35 especies. Tanto los olivos cultivados como los silvestres (acebuches) se incluyen en la especie *O. europaea* L., siendo el olivo cultivado *O. europaea* L. subsp. *europaea* (*O. europaea* L. var. *sativa* Lehr.), y los acebuches, *O. europaea* L. subsp. *sylvestris* (Miller) Hagi (*O. europaea* L. subsp. *oleaster*). El olivo cultivado es la especie de mayor importancia económica de la familia y la única con fruto comestible (Rapoport, 2008). El cultivo del olivo se originó en la región geográfica que va desde el sur del Cáucaso hasta las altiplanicies del Irán, Palestina y la zona costera de Siria, extendiéndose por Chipre hacia

Anatolia y, a través de Creta, hacia Egipto, hasta poblar todos los países ribereños del Mediterráneo. Con la conquista de América, su cultivo se expandió por el nuevo mundo y, en la actualidad, se encuentra también en Sudáfrica, China, Japón y Australia (Rallo y Rapoport, 2001). El hábitat del olivo se concentra entre las latitudes 30° y 45°, tanto en el hemisferio norte como en el sur, en regiones climáticas del tipo Mediterráneo, caracterizadas por un verano seco y caluroso. Cerca del 98 % de los olivos que existen en el mundo se sitúan en los países de la cuenca mediterránea; el 2 % restante se reparte entre unos pocos países del continente americano (principalmente Argentina), Asia oriental y Oceanía.

Desde el punto de vista macroeconómico, el consumo mundial del aceite de oliva es de casi 2,9 millones de toneladas. Actualmente, casi el 98 % de los olivos son cultivados en los países de la Cuenca mediterránea. España, Italia y Grecia producen juntos prácticamente el 77 % del aceite de oliva mundial. Portugal, Túnez, Turquía, Marruecos, Siria y Egipto también tienen una importante cantidad de producción, pero los rendimientos de aceites por hectárea son bajos en muchos casos, y la tecnología de procesamiento es subutilizada.

Argentina se encuentra situada geográficamente en una franja latitudinal propicia para el desarrollo del olivo lo que permite contar con las condiciones climáticas y edáficas adecuadas para el mismo. Merced a diferentes políticas de promoción y a la implementación de las leyes de diferimientos impositivos para emprendimientos industriales, agrícolas, ganaderos y turísticos (Leyes Nacionales de Promoción Agrícola 22.021, 22.702 y 22.975), el cultivo del olivo experimentó en los últimos años un crecimiento sostenido. A principios de la década del '90 nuestro país contaba con alrededor de 30.000 hectáreas implantadas, pero hacia fines de la década pasada había sobrepasado las 100.000 hectáreas. En relación a la superficie comprometida con el cultivo, las principales provincias productoras son Catamarca (31.000 ha), La Rioja (30.000 ha),

Mendoza (19.000 ha), San Juan (18.000 ha), Córdoba (5.500 ha) y las provincias de Río Negro, Neuquén y Buenos Aires con pequeñas producciones (Bodoira, 2015).

Las nuevas plantaciones se desarrollaron, en gran medida, bajo los conceptos de la olivicultura moderna: elevada densidad de plantación, alta tecnificación en riego y mecanización, entre otros aspectos (Searles et al., 2012). Del total de superficie cultivada en el país se distingue la producción olivícola tradicional que ocupa un total de 25.000 ha (25%) y la producción moderna o intensiva, que representa 75.000 ha (75%), las cuales se diferencian básicamente por el manejo productivo y la tecnología empleada en cada caso (Searles et al., 2011).

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 en la región desde hace más de setenta años. 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 (Cavagnaro et al., 2001).

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.

En cuanto a la producción de aceite de oliva, se destaca que la Unión Europea (U.E.) encabeza no sólo la producción mundial de aceite (79%) sino, también, el consumo (71%) y las exportaciones (59%). Países como España (39%), Italia (25%) y Grecia (14%) son los principales productores mundiales de aceite, mientras que Argentina sólo contribuye con el 1%. Los principales países consumidores son Italia (29%), España (21%), Grecia (10%) y EEUU (4%). El principal país importador de aceite de oliva es EEUU (35%) seguido de la U.E (25%), Japón (5,5%), Australia (5,2%), Canadá (4,7%) y Brasil (4,2%). Asimismo, es interesante resaltar que nuestro país exporta prácticamente todo el aceite que produce, destinándose una cantidad muy baja a consumo interno (Oviedo, 2015).

La producción mundial de conservas de aceitunas, también se encuentra concentrada en los países de la U.E. (42%). España (30%), Egipto (11%) y Turquía (11%) son los principales productores de conservas, situándose Argentina (4%) en el 8º lugar del ranking mundial de países productores. EEUU (15%), España (12%), Egipto (11%) e Italia (10%), son los principales consumidores mundiales de las conservas de aceitunas y como países exportadores se destacan España (39%), Marruecos (13%), Turquía (11%) y Argentina (9%) (Oviedo, 2015).

1.2 Regiones olivareras a nivel nacional

En la Argentina encontramos una secuencia de depresiones o valles longitudinales, paralelos a la Cordillera de los Andes y separados entre sí por diversas sierras conocidas como Sierras Pampeanas (Gómez del Campo, et al., 2010) (Figura 1). Si observamos los valles de Este a Oeste, nos encontramos, en primer lugar, con el Valle Central de Catamarca, delimitado por la Sierra de Ancasti del Alto al Este (donde se alcanzan cotas de 1.573 m) y la Sierra del Ambato al Oeste (4.405 m). Los

siguientes Valles son el Bolsón del Pipanaco (donde se encuentran las zonas productivas de Aimogasta y Pomán), entre la Sierra del Ambato al Este y la Sierra de Velasco al Oeste (4.029 m); el Valle de La Rioja Capital, al pie de la Sierra de Velasco, el valle de Chilecito, entre Sierra Velasco al Este y la Sierra de Famatina al Oeste (6.097 m), y por último, el valle de Tulum en San Juan, que se encuentra al pie de la Sierra del Tontal, perteneciente a la Precordillera. Dentro del mismo se destaca la zona piedemonte de Cañada Onda-El Acequión donde se observa actualmente el más activo desarrollo de plantaciones olivareras (Gomez del Campo, et al., 2010).

En las provincias de La Rioja y Catamarca, las actividades agrícolas principales son llevadas a cabo bajo riego y se cultiva olivo, vid, nogal, jojoba y, en menor cantidad, otros frutales, hortalizas y aromáticas. La agricultura en secano está limitada a las zonas donde la precipitación supera los 300 mm anuales (La Rioja Capital y Valle Central de Catamarca) y está principalmente ligada a la producción de pasto y granos para la ganadería.

En el caso de las provincias de San Juan y Mendoza su actividad agrícola se centra en la vid. Aunque los frutales de hueso y pepita y las hortalizas tuvieron una gran expansión en estas dos provincias, la olivicultura se ha convertido en la actualidad en la segunda actividad agrícola en San Juan (Babelis et al., 2013).

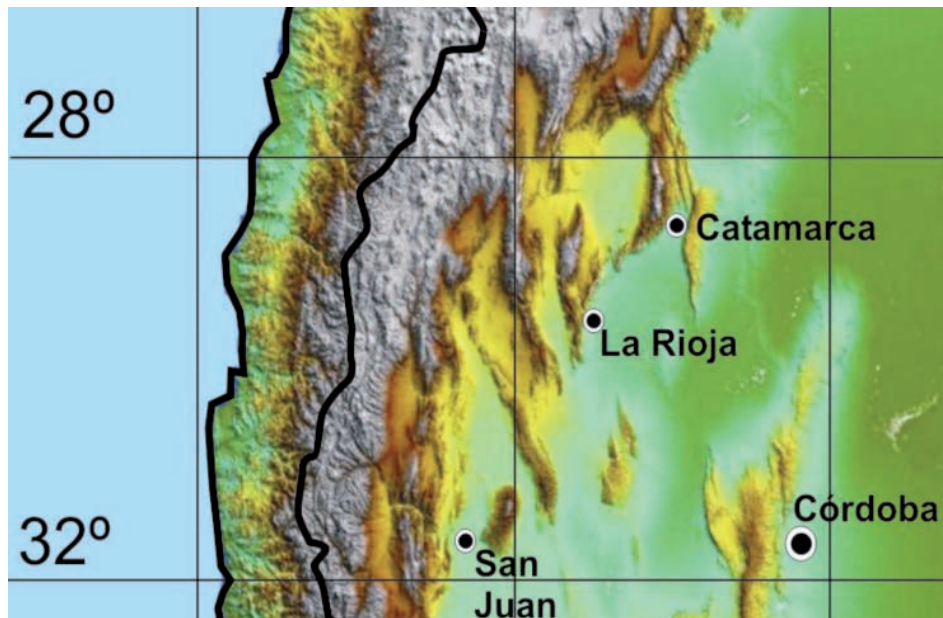


Figura 1. Mapa topográfico de las principales regiones olivareras (comprendidas entre las latitudes 28 y 32° S) ubicadas al noroeste y centro-oeste de Argentina (Gomez del Campo et al., 2010).

Particularmente, en San Juan el olivo ha sido la especie frutal que ha experimentado un mayor crecimiento (343%) en su superficie cultivada, pasando de cerca de 4.047 a casi 18.000 ha en el período intercensal 1997-2007 del Departamento de Hidráulica de la Provincia de San Juan, siendo este incremento muy superior a lo ocurrido con el resto de las especies frutales y otros cultivos (Oviedo, 2015).

La distribución de la superficie provincial cultivada con olivos, en el año 2007, a nivel de departamentos, es la siguiente: 25 de Mayo es el departamento que mayor superficie olivícola concentra (29%), siguiendo en orden de importancia Sarmiento (21%), Pocito (12%), Jáchal (11,6%) y Rawson (11,4%); considerándose a estos como los departamentos olivícolas más importantes de San Juan, desde el punto de vista de su superficie cultivada. En el resto de los departamentos la superficie con olivos es poco significativa en términos proporcionales. Sin embargo, es de destacar que principalmente en el departamento Pocito, y en otros

departamentos como Jáchal, Santa Lucía y Rivadavia, se concentra la gran mayoría de los pequeños y medianos productores de olivo. Contrariamente, en 25 Mayo y Sarmiento se localizan la gran mayoría de las empresas de capital, muchas de ellas producto del régimen de Promoción Agrícola bajo la Ley 22.021 (Oviedo, 2015).

Con respecto al perfil de cultivares utilizados en la provincia, con destino a mesa, se destacan Aloreña, Hojiblanca, Changlot Real, Empeltre y Manzanilla. Por su parte, los cvs. Picual, Hojiblanca, Coratina, Frantoio y Arbequina son los genotipos más difundidos con destino a aceite, siendo este último cultivar el más representativo.

Del total de la producción de aceitunas que se obtienen en la provincia se destina un 80% a la elaboración de aceite de oliva y un 20% a la elaboración de conservas de aceitunas. Del total de aceite elaborado en San Juan un 40% se destina a mercados externos y para el caso de las conservas se destina al comercio exterior el 20% del total elaborado (Novello y Robert, 2009).

Referido a las exportaciones, para el año 2008, los principales destinos del aceite de oliva elaborado en San Juan son EE.UU. (38%), Brasil (25%) y España (15%), existiendo otros países destino, pero de menor relevancia, como Canadá, Chile y Uruguay. Los destinos de las conservas de aceitunas, se posicionaron principalmente en el mercado de Brasil (82%) seguido de EEUU (6%), Bolivia (5%) y Chile (4%) (Novello y Robert, 2009).

1.3. Contexto del área de estudio en San Juan: características de suelo y clima

El territorio provincial se divide políticamente en 19 departamentos conformado por 7 valles, que son: Valle del Tulúm, Valle de Ullúm, Valle de Zonda, Valle de Calingasta, Valle de Jáchal, Valle de Iglesia y Valle Fértil. De éstos, el Valle del Tulúm es el único que se encuentra constituido por más de un departamento provincial, los restantes valles comprenden sólo a su departamento homónimo.

El Valle del Tulúm abarca a 13 departamentos provinciales (Albardón, Angaco, Capital, Caucete, Chimbab, 9 de Julio, Pocito, Rawson, Rivadavia, San Martín, Santa Lucía, Sarmiento y 25 de Mayo) y se destaca por su importancia socio-económica y productiva respecto a los restantes valles, ya que en él se alberga a la mayoría de la población sanjuanina (el 92% respecto al total poblacional), en él se encuentra radicado el principal núcleo urbano provincial o Gran San Juan, y además, dispone de una mayor dotación relativa de recursos naturales (tierra y agua principalmente), infraestructura y servicios necesarios para el desarrollo social, económico, productivo e industrial de la provincia.

Desde el punto de vista agrícola, de acuerdo a datos del Censo Nacional Agropecuario 2002, en el Valle del Tulúm se concentra el 75% del total de Establecimientos Agropecuarios Productivos de la provincia, el 80% de la superficie total cultivada, el 93% de la superficie cultivada con vid, el 77% de la superficie con olivos y cerca del 80% de la superficie destinada a la horticultura. Además, en el Valle de Tulúm se encuentran radicadas las principales agroindustrias vitícolas (de pasas, mosto, vinos y empaques de uva de mesa), olivícolas (de aceite de oliva y de conservas de aceitunas), hortícolas (plantas de deshidratado de verduras y empaques de hortalizas) y frutícolas (plantas de elaboración de dulces, mermeladas y conservas varias) (Oviedo, 2015).

La provincia de San Juan se enmarca en un clima árido desértico. Las precipitaciones no superan los 100 mm anuales en promedio y están

concentradas en el período estival, principalmente. Presenta un alta heliofanía, baja nubosidad y gran intensidad de radiación solar. El período libre de heladas oscila entre 220 y 300 días y se extiende desde el mes de octubre hasta mayo. La temperatura media anual varía entre 16 °C a 18 °C, con máximas absolutas que superan los 45 °C y mínimas absolutas entre 5 °C a 10 °C bajo cero. Los vientos predominantes son del cuadrante sur, destacándose el viento Zonda que es cálido y seco. El Zonda se caracteriza por que sopla durante el período comprendido entre los meses de mayo a noviembre, suele alcanzar temperaturas de 30 °C o más, entre 5 a 10 % de humedad relativa y velocidades superiores a 50 km/hora (Pereyra, 2000; SMN, 2013)

Los suelos se caracterizan en su gran mayoría por ser jóvenes e inmaduros con escasa evolución hacia horizontes pedogenéticos, dadas las condiciones de aridez, y son clasificados taxonómicamente como Entisoles. Están constituidos por sedimentos gravitatorios, eólicos y fluviales (Salcedo et al., 1977; Moscatelli et al., 1990; Liotta, 2000).

Los materiales constitutivos de los suelos provienen del transporte y sedimentación desde los principales ríos, de procesos eólicos y de derrubios coluviales desde las formaciones montañosas periféricas a los valles (Liotta, 2000). Estos factores han hecho que los suelos presenten, en poca distancia o en reducidas superficies, una alta heterogeneidad en sus características tanto físicas como químicas, originando un verdadero mosaico de suelos.

Teniendo en cuenta la gran variabilidad observada en los suelos locales, se propuso estudiar las características de los aceites de oliva de acuerdo a su procedencia geográfica. En la Figura 2 se destacan las tres áreas de estudio. En la Tabla I se presentan las características del suelo de tres localidades, mientras que en la Tabla II sus respectivas condiciones de clima.

Tabla I. Características del suelo y altitud (msm) de las tres zonas de estudio evaluadas en la provincia de San Juan, Argentina.

Zona	Altitud (msm)	Características de suelo
Pocito	579	Perfil de variada constitución en lo que respecta a textura (Franco a franco-arenoso), que se asienta sobre un subsuelo calcáreo (tosca). Afectadas en algunos casos por una capa freática cercana a la superficie.
San Martín	574	Constituido por una sucesión de dos o más capas de texturas franco-arenosa, cuya profundidad puede llegar a los 2 m ó más, asentada sobre un subsuelo de textura fina, franca arcillosa o arcillosa.
Sarmiento	542	Caracterizado por la sucesión de dos o más capas de texturas que varían entre franco-arcillosa hasta arcillosa. El subsuelo por debajo de ésta, tiene una textura arenosa a franco-arenosa.

Referencia: Estudio de Suelo y Drenaje del Valle del Tulum y de Ullum –Zonda, de Salcedo E, Masanés E, Castro T, y actualizaciones posteriores de Liotta (2000).

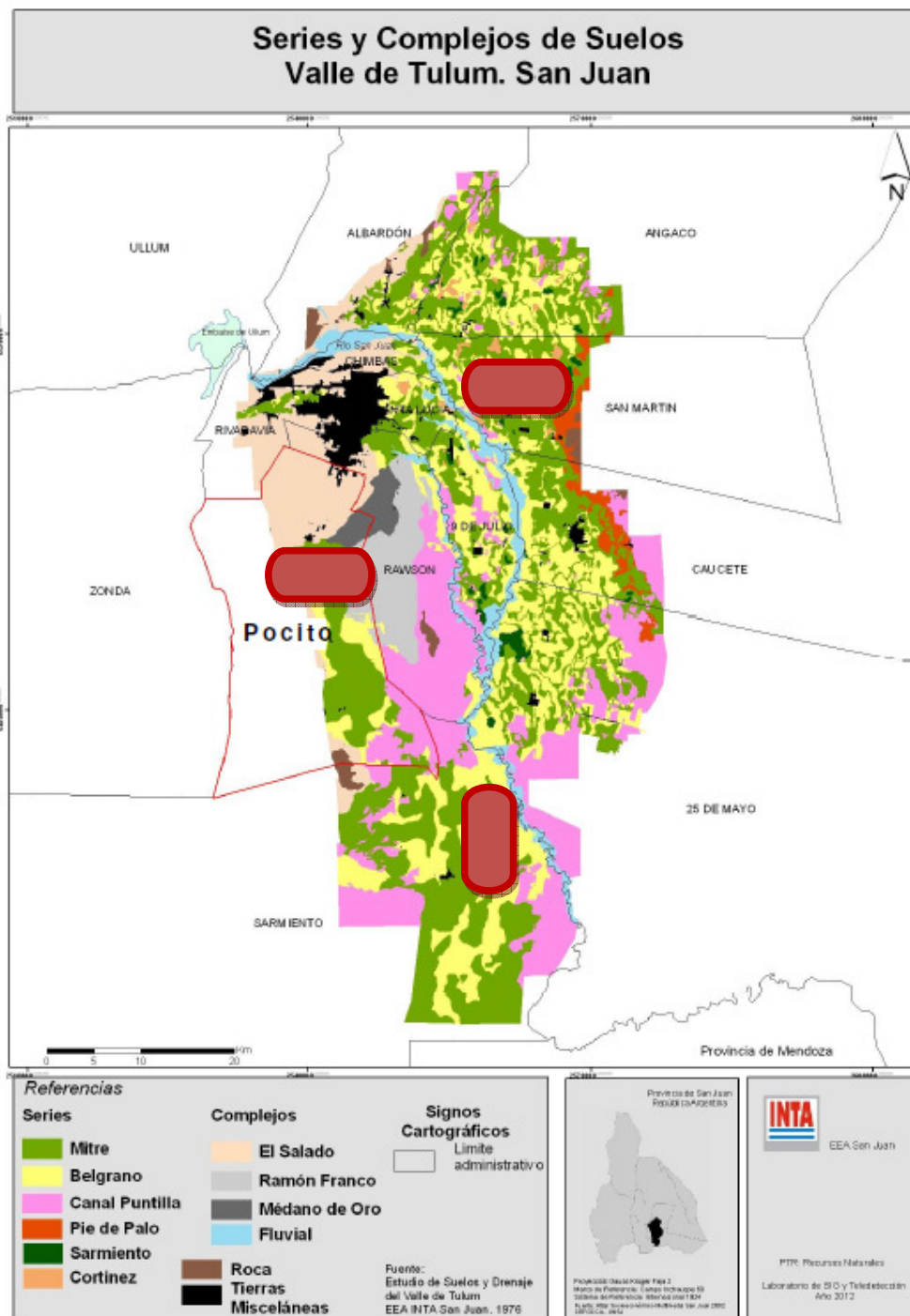


Figura 2. Mapa de suelos del Valle de Tulum, San Juan (Adaptado de Oviedo, 2005; en círculos rojos se delimitan las tres áreas de estudio).

Tabla II. Características climáticas de las tres zonas de estudio evaluadas en la provincia de San Juan, Argentina.

Zona	Características generales de clima
Pocito	Las temperaturas anuales medias máximas y mínimas son de 24,7 °C y 10,7 °C respectivamente, y las absolutas de 45 °C (máxima) y de -6.8 °C (mínima). Precipitación media anual de 98 mm; 266 días de período libre de heladas.
San Martín	Las temperaturas anuales medias máximas y mínimas son de 24,9 °C y 8,5 °C respectivamente, y las absolutas de 47 °C (máxima) y de -9.9 °C (mínima). Precipitación media anual de 134 mm; 240 días de período libre de heladas.
Sarmiento	Las temperaturas anuales medias máximas y mínimas son de 26,4 °C y 8,6 °C respectivamente, y las absolutas de 49 °C (máxima) y de -13,2 °C (mínima). Precipitación anual de 124 mm; 241 días de período libre de heladas.

1.4. Material de estudio: cultivar de olivo *Arbequina*

Es un cultivar típicamente aceitero y está casi siempre presente en las plantaciones cuando el perfil de la producción se orienta a la elaboración de aceites. Esta variedad es muy apreciada por su precoz entrada en producción, autofertilidad, elevada productividad, buen rendimiento y calidad del aceite, aunque éste presenta baja estabilidad (Torres y Maestri, 2006a; Uceda y Hermoso, 2008). Desde el punto de vista de la composición química del aceite, se considera un genotipo plástico. Es considerada una variedad rústica ya sea por su resistencia al frío como por

su tolerancia a la salinidad. Su vigor reducido permite su utilización en plantaciones intensivas y superintensivas (Barranco et al., 2000). Los frutos son pequeños, elípticos, simétricos, ligeramente alargados. Los mismos se ubican en todo el largo de la rama fructífera, raramente de a uno; lo normal son dos o tres. La relación pulpa/hueso es media. La maduración del fruto es escalonada, alcanzando un color negro al final de la misma. En cuanto a enfermedades, se le atribuye cierta sensibilidad a la mosca del olivo y a la verticilosis y resulta tolerante a la tuberculosis. Esta variedad ha sido multiplicada en Argentina fundamentalmente mediante propagación vegetativa lo que ha dado origen a un cultivo con una uniformidad genética relativamente alta en las diferentes fincas olivareras (Torres y Maestri, 2006b; Torres et al., 2011).

1.5. Importancia del estudio

La mayor parte de los parámetros físico-químicos reglamentados en los aceites de oliva extra-virgenes son influenciados por diversas variables tales como el genotipo, medio agroecológico, año de cultivo, sistema empleado para la obtención de los aceites, la fecha de cosecha y prácticas culturales (Torres, 2006).

Como ya se ha mencionado, una problemática que plantea el cultivo del olivo en la región noroeste de Argentina guarda relación con la adaptación de los cultivares introducidos a condiciones ambientales diferentes a las predominantes en países de la cuenca mediterránea.

Precisamente, una de las consecuencias más importantes está vinculada a la producción de aceites de oliva y algunos parámetros reglamentados de calidad (en especial el contenido de ácido oleico) los cuales pueden estar fuera de los límites establecidos por el Consejo Oleícola Internacional para aceite de oliva virgen-extra. En particular, los aceites obtenidos del cv. Arbequina presentan importantes variaciones en sus porcentajes de ácido

oleico en relación al ambiente de cultivo. Desde el punto de vista práctico, estos aspectos pueden constituir un obstáculo para la comercialización de los aceites, sobretodo en el mercado internacional.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, en este estudio se propone analizar el impacto de distintas fuentes de variabilidad (ambiente, fecha de cosecha y tecnología de extracción) sobre la calidad de los aceites de oliva extra-vírgenes procedentes del cultivar aceitero más difundido en nuestro país (*Arbequina*).



CAPITULO 2
ANTECEDENTES

2. ANTECEDENTES GENERALES DEL CULTIVO

2.1. Fisiología general del olivo

El olivo es un árbol de origen mediterráneo, de clima subtropical seco, está muy adaptado a condiciones ambientales extremas como sequía, elevada temperatura y aunque requiere suelos aireados, puede adaptarse a otros tipos, y es resistente a temperaturas inferiores en algunos grados bajo 0 °C. Su tamaño y su potencial para dar fruto están íntimamente relacionados con las condiciones ambientales. En climas fríos los árboles suelen ser más pequeños que en condiciones de cultivo más cálidas, siempre que el agua no sea un factor limitante (Civantos, 2008).

En general, el olivo cultivado es un árbol de tamaño mediano que en casos extremos alcanza 10 metros de altura. El tronco es grueso y la corteza de color gris a verde grisáceo. La copa es redondeada, aunque más o menos lobulada; la ramificación natural tiende a producir una copa bastante densa, pero las diversas prácticas de poda sirven para aclararla y permitir la penetración de luz. Caracteres del árbol como la densidad de la copa, el porte, el color de la madera y la longitud de los entrenudos varían según el cultivar. También la forma del árbol está influenciada en gran medida por las condiciones agronómicas y ambientales de su crecimiento y, en especial, por el tipo de poda; en este sentido el olivo muestra una gran plasticidad morfogénica. El olivo es un árbol polimórfico, con fases juvenil y adulta. Las diferencias entre estas fases se manifiestan en la capacidad reproductora (solamente en la fase adulta), en el potencial para el enraizamiento (mayor en la fase juvenil) y en diferencias morfológicas en hojas y ramas (Rapoport y Moreno Alias, 2017).

Tanto el vigor, como el crecimiento vegetativo anual y el tamaño del fruto dependen mucho del nivel de producción, de modo que en años con

producción elevada el crecimiento de brotes jóvenes está limitado (Rallo y Cuevas, 2008).

Las inflorescencias se desarrollan a partir de las yemas en las axilas foliares del crecimiento vegetativo del año previo a la floración. Cada inflorescencia puede tener entre 10 y 40 flores según el cultivar y las condiciones fisiológicas y ambientales (Rapoport y Moreno Alias, 2017). En las inflorescencias se presentan dos tipos de flores: perfectas y estaminíferas. La proporción de flores estaminíferas o masculinas (expresado como % de aborto pistilar), así como el número de flores por inflorescencia, varía según el cultivar y el año. Los estudios histológicos indican que las yemas florales presentes en otoño ya han desarrollado 4 ó 5 nudos, cada uno con dos primordios florales. En ese período todas las yemas, potencialmente reproductoras o vegetativas, presentan una estructura similar y poco diferenciada; el desarrollo posterior de la inflorescencia y las flores transcurre desde la salida del reposo (mediados de invierno) hasta la floración (primavera).

La polinización y la fecundación son los requisitos esenciales para la formación y el cuajado de los frutos. En el olivo también se forman frutos partenocárpicos, sin el beneficio de dichos procesos, y no tienen valor comercial (Farinelli et al., 2012).

La duración del período de floración depende esencialmente de las condiciones climáticas y, en climas cálidos secos o en climas húmedos frescos, puede disminuir el nivel de fructificación, ocasionando, a veces, una disminución de los rendimientos (Lavee, 1996; Torres et al., 2017). Una vez desarrollado el estigma éste se vuelve rápidamente receptivo, y se conserva como tal, si no es fecundado, por 3 - 4 días (Morettini, 1972).

El número de flores por brote o por árbol, una vez superado el número mínimo crítico, influye muy poco sobre el nivel de fructificación y producción, mientras que el número de inflorescencia por brote condiciona

notablemente el porcentaje de fructificación por inflorescencia (Pierantozzi et al., 2006).

Según las investigaciones realizadas, la mayor parte de los cultivares son autoincompatibles o autoestériles, resultando solamente algunos de éstos autocompatibles (autofértiles) (Saumitou-Laprade et al., 2017). Sin embargo, siendo la capacidad de fructificación de los diversos cultivares determinada genéticamente, y siendo la expresión genética dependiente del clima, algunas variedades consideradas auto-estériles en un país han resultado auto-fértiles en otras condiciones climáticas y viceversa (Lavee, 1996).

La aceituna es un fruto pequeño de forma elipsoidal a globosa. Normalmente mide de 1 a 4 cm de longitud y de 0,6 a 2 cm de diámetro. Entre los cultivares de fruto pequeño se encuentran 'Arbequina' y 'Koroneiki'. Entre los de fruto grande, 'Gordal, Sevillana' y 'Ascolana'. En madurez, la aceituna es negra, negro-violácea o rojiza, pero en muchos casos se cosecha antes, en estado verde.

Actualmente se considera que existe una gran diversidad de cultivares, cuyo número se estima en más de 2600 genotipos (Rugini y Lavee, 1992). Los nombres de los mismos se refieren principalmente a algunas características morfológicas, particularmente del fruto, o a su supuesta localización de origen o a su utilidad práctica. Sin embargo, el mapa de cultivares está progresivamente cambiando en los países productores de olivo. Son muy pocos los cultivares tradicionales sobresalientes y algunos nuevos cultivares que están siendo difundidos actualmente por los viveros ya sea en alguna localidad tradicional o en alguna nueva región olivícola. Por ejemplo, en España, solamente 4 cultivares de aceite nacionales ('Arbequina', 'Picual', 'Hojiblanca' y 'Arbosana') y dos extranjeros ('Koroneiki' y 'Frantoio') y 4 cultivares nacionales de aceituna de conserva ('Gordal Sevillana', 'Empeltre', 'Manzanilla Cacereña' y 'Manzanilla de

Sevilla') representan más del 90 % de las plantas comercializadas por los viveros (Rallo y Muñoz-Diez, 2010). Tendencias similares son reportadas en muchos países (Caruso et al., 2006) y algunos cultivares como 'Arbequina' son implantados en todo el mundo. La estandarización previamente reportada de la amplia gama de cultivares, que se registra en todos los países, representa un riesgo creciente de erosión genética (Mousavi et al., 2017).

2.2. Fructificación, fases de crecimiento y maduración del fruto del olivo

En un sentido amplio, la fructificación es el resultado de un conjunto de procesos fisiológicos secuenciales e interrelacionados, que se inician con la inducción floral y terminan con la maduración de los frutos. En un sentido más restrictivo, se define como el proceso de cuajado de la flor que resulta en la conversión del ovario en fruto (Sech, 1998). Desde el punto de vista botánico el fruto del olivo es una drupa formada por tres tejidos principales: endocarpo (hueso o carozo), mesocarpo (pulpa o carne) y exocarpo (piel o capa externa). El conjunto de estos tres tejidos recibe el nombre de pericarpo y tiene su origen en la pared del ovario. El desarrollo de los tejidos del fruto tiene lugar mediante procesos de división, expansión y diferenciación celular, a partir de la fecundación y el cuajado inicial. El endocarpo es la parte leñosa de la oliva y contiene la semilla. Comienza a crecer a partir de la fecundación y aumenta de tamaño los dos meses siguientes. En el estado maduro el endocarpo está totalmente compuesto por células esclerificadas, las cuales deben su dureza a la deposición de una doble pared secundaria con alto contenido en lignina. El mesocarpo es un tejido carnoso que comienza a desarrollarse a partir de la fecundación y que sigue creciendo hasta la maduración. Sus células son parenquimáticas, poco diferenciadas, pero

con una gran capacidad de crecimiento. Desde el interior al exterior del mesocarpo existe un creciente aumento del tamaño celular (Hammami et al., 2011).

El almacenamiento de aceite se realiza en las vacuolas de las células parenquimáticas del mesocarpo. El exocarpo o epicarpo es la capa exterior y más delgada del fruto. Este tejido está compuesto por la epidermis y su cutícula, que es fina cuando el ovario se encuentra todavía protegido por los pétalos, pero rápidamente se desarrolla para formar una gruesa capa protectora. Cuando la aceituna está completamente desarrollada, la pulpa representa un 70 - 90 %, el hueso un 9 - 27 % y la semilla un 2 - 3 % del peso total del fruto. La composición de este último varía en función del cultivar, y dentro de un mismo cultivar en función de su estado de desarrollo y maduración (Beltrán et al., 2008). Los componentes mayoritarios de la pulpa y de la semilla son el agua y el aceite, le siguen en importancia los azúcares y polisacáridos. En la pulpa, los azúcares más importantes son los reductores destacando la glucosa, seguida de fructosa y sacarosa. Entre los polisacáridos se encuentran fundamentalmente celulosa, lignina y hemicelulosa. La pulpa es también abundante en compuestos fenólicos.

El crecimiento del fruto del olivo sigue una curva sigmoideal doble, característica de las drupas (Rallo y Cuevas, 2008; Lavee, 1996), con cuatro estadios o fases diferentes. Los límites entre las fases varían de acuerdo al genotipo, carga y estado nutritivo del árbol, y condiciones ambientales y de cultivo. En algunos casos, la delimitación de las fases es poco evidente (Lavee, 1986). En la primera fase, el endocarpo ocupa la mayor parte del volumen del fruto, y la semilla está constituida principalmente por el endospermo (Torres et al., 2017). El aumento de tamaño del fruto se debe tanto a la intensa división celular como a la expansión de las células, siendo la primera el principal componente del aumento de tamaño en los primeros estadios del crecimiento (Rallo y

Cuevas, 2008). De acuerdo a Manrique et al. (1999), a partir de la octava semana del desarrollo, el principal aporte al crecimiento se debe al aumento en el tamaño celular. La segunda fase comprende el endurecimiento del endocarpo y coincide con una ralentización del crecimiento del fruto. Manrique (1997) ha observado que dicha ralentización puede estar fuertemente condicionada por el ambiente, en particular por el déficit hídrico, ya que esta fase se aprecia claramente en frutos de árboles en secano, mientras que en regadío no se presenta o lo hace de manera muy atenuada. El endurecimiento del hueso se inicia tras la antesis, encontrándose dispersas las células lignificadas. Entre 4 y 6 semanas luego de la plena floración se produce la esclerificación masiva de las células (Lavee, 1986). El endocarpo finaliza su crecimiento y expansión aproximadamente 2 meses después de la plena floración (Manrique, 1997; Rapoport, 2008). En esta fase, tienen lugar los procesos que ajustan la carga frutal actual del árbol (finaliza la abscisión de frutos en cuajado) e influyen en la carga potencial del año siguiente.

El crecimiento del mesocarpo con el consiguiente aumento del tamaño del fruto define la tercera etapa del desarrollo. Este incremento se debe principalmente a expansión celular, y es en esta fase donde tiene lugar la acumulación de aceite en vacuolas de las células parenquimáticas de la pulpa (Uceda et al., 2008). Al final de la misma, el fruto alcanza su tamaño real y ocurre el enverado o cambio de color de la epidermis que marca el comienzo del período de maduración. El tamaño final del fruto es una característica varietal determinada por el número de células, el tamaño de las mismas y el volumen de los espacios intercelulares. En un cultivar determinado, el tamaño del fruto puede variar notablemente entre años y entre distintos árboles fundamentalmente en función de la carga de los mismos y de la disponibilidad de agua durante el crecimiento (Rallo y Cuevas, 2008).

Una vez que la pulpa alcanza el tamaño definitivo, el fruto puede presentar oscilaciones en su peso como consecuencia de fluctuaciones en su contenido de humedad. Al inicio de la maduración, los frutos sufren los primeros cambios en su pigmentación, el embrión alcanza la madurez y presenta la tasa germinativa más alta (Lavee, 1986). Posteriormente, el crecimiento del fruto y la acumulación de aceite se reducen de manera notable. La maduración involucra una compleja combinación de cambios bioquímico-fisiológicos. Su duración es variable siendo afectada por las condiciones agro-ecológicas y las características varietales. Los cambios más importantes en la pigmentación de los frutos son los debidos a la reducción del contenido de clorofila y el incremento de la síntesis de antocianinas (Lavee, 1986). La concentración de estas últimas determina la intensidad del color, que puede ir del rojizo al violáceo intenso o negro-violáceo.

El período de crecimiento y el tamaño final de los frutos muestran una considerable influencia genética. Aunque se asume que las pautas de crecimiento mencionadas son de ocurrencia general, existen evidencias que indican que la tasa de los procesos de división y expansión celular puede experimentar variaciones en los distintos cultivares de olivo (Rallo y Rapoport, 2001). Sin embargo, la oportunidad y duración del período de división celular intensa no parecen diferir entre genotipos; la mayor parte de las células se forman durante los dos meses posteriores a la floración (Hammami et al., 2011). Estos autores sostienen asimismo que el proceso de expansión celular contribuye marcadamente al tamaño final del fruto; no obstante, los distintos genotipos presentan escasas diferencias en el tamaño de sus células a lo largo de todo el período de crecimiento y desarrollo de los frutos. De acuerdo a Cimato et al. (1990), los modelos fenológicos de crecimiento, maduración y productividad presentan diferencias tanto entre cultivares como entre zonas de cultivo,

modificando la dinámica de maduración de los frutos y, por lo tanto, la época óptima de recolección.

En un estudio sobre diez cultivares bajo condiciones de manejo tradicional en Mendoza, tanto la tasa como la duración del período de llenado de los frutos presentaron diferencias significativas entre genotipos. La duración del período de acumulación fue el factor más influyente sobre la concentración de aceite en el fruto. Variaciones interanuales en la carga frutal no tuvieron mayor efecto sobre este último parámetro (Trentacoste et al., 2012). Estos resultados contrastan con estudios realizados en seis variedades cultivadas en distintos ambientes de La Rioja en nuestro país (Rondanini et al., 2014), donde se ha encontrado que la máxima acumulación de peso seco se correlaciona fuertemente con la tasa de crecimiento de los frutos, pero resulta independiente del período de duración. De manera similar, la concentración máxima de aceite se relaciona positivamente con su tasa de acumulación pero no es afectada significativamente por la duración del período de síntesis. Por su parte, Bodoira et al. (2015, 2016) reportan la misma tendencia y tasas de acumulación de materia seca que estos últimos autores, en los cultivares Arbequina (0,025 g/100 °Cd) y Arauco (0,10 g/100 °Cd); mientras que la tasa observada en el cv. Manzanilla (0,065 g/100 °Cd), en tanto, es marcadamente inferior a la obtenida por estos mismos autores para el cv. Manzanilla Fina.

La variación del color de los frutos es un parámetro frecuentemente utilizado para definir la época de cosecha. Para aquellos cultivares cuya finalidad es la producción de aceite, el período óptimo para la cosecha de los frutos debería coincidir con el momento en el cual éstos poseen la máxima concentración de aceite y el mismo resulta de la mejor calidad. Para determinar esta última podrían seguirse estrictamente los parámetros de calidad establecidos por el COI, aunque es deseable tener en cuenta también otros criterios, sobre todo aquellos (como el contenido

de polifenoles u otras sustancias antioxidantes) que contribuyen a la estabilidad y cualidades sensoriales del aceite.

Algunas evidencias demuestran que en distintos cultivares de olivo el peso máximo de los frutos y la máxima acumulación de aceite se logran en diferentes estadios de la maduración (Beltrán et al., 2008). Éstos, a su vez, pueden alcanzarse en distintos tiempos dependiendo de la carga frutal. En general se observa una relación inversa entre ésta y la tasa de maduración (Tognetti et al., 2006; Gucci et al., 2007; Trentacoste et al., 2010; Martín- Vertedor et al., 2011; Pierantozzi et al., 2014). En cualquier caso, la síntesis de aceite no parece ser afectada por la carga frutal siendo el contenido graso del fruto determinado por la proporción de mesocarpo presente en el mismo (Lavee y Wonder, 2004).

2.3. Biogénesis, acumulación y composición del aceite

En el fruto del olivo, la mayor proporción de lípidos de reserva (principalmente triglicéridos) se acumula en células del mesocarpo las cuales tienen la capacidad de metabolizar foto-asimilados fijados tanto en cloroplastos de las hojas como de los propios frutos (Salas et al., 2000; Hernández et al., 2009). La biogénesis del aceite tiene lugar durante casi todo el período de crecimiento y desarrollo del fruto, el cual involucra un proceso de larga duración (4 a 5 meses). Las particularidades mencionadas suponen un sistema complejo sujeto a sustanciales variaciones estacionales de temperatura y otras variables ambientales. La formación de lípidos de almacenamiento involucra la síntesis de novo de ácidos grasos y su posterior incorporación a unidades de glicerol-3-fosfato mediante una serie de reacciones mediadas enzimáticamente. La síntesis de novo de los ácidos grasos es un proceso que tiene lugar en los

plástidios y necesita la actividad conjunta de dos enzimas, acetil-CoA carboxilasa (ACCasa) y el sistema enzimático ácido graso sintetasa (AGS).

La acumulación de aceite en la oliva tiene lugar en forma concomitante al ensanchamiento de las células del mesocarpo. Se segregan pequeñas gotas de aceite en los extremos del retículo endoplasmático que se fusionan seguidamente para formar gotas de mayor volumen (Bodoira et al., 2015; Rangel et al., 1997; Matteucci et al., 2011). La tasa de acumulación de aceite durante el desarrollo del mesocarpo del fruto del olivo se adapta generalmente a una curva de tipo sigmoide con tres fases más o menos definidas. La primera fase, de acumulación lenta, caracteriza a los frutos recién formados y tiene lugar hasta el endurecimiento del endocarpo. En la segunda, de acumulación rápida, la cantidad de aceite aumenta linealmente. Esta fase es de duración variable y durante la misma tiene lugar una síntesis activa de diglicéridos y triglicéridos. Hacia el final de misma ocurren los primeros cambios de coloración de la epidermis que marcan el inicio de la maduración. La tercera fase coincide con una ralentización progresiva y finalmente la paralización de la síntesis lipídica. Esta fase estacionaria abarca unas cuatro semanas y precede al fenómeno de sobre-maduración de la oliva (Lavee y Wonder, 1991).

Aunque la acumulación y composición de glicéridos parecen ocurrir según las pautas generales mencionadas anteriormente, las variaciones en la composición y el contenido de ácidos grasos durante el desarrollo y la maduración del fruto del olivo, no siempre siguen un patrón determinado y muestran una considerable influencia varietal y climática (Rondanini et al., 2014, Bodoira et al., 2015; Bodoira et al., 2016; Damak et al., 2008; Lazzez et al., 2008; Mailer et al., 2010; Menz y Vriesekoop, 2010; Dag et al., 2011; Di Vaio et al., 2012). A la madurez del fruto, los triacilglicéridos constituyen aproximadamente el 98 % del aceite. El ácido oleico (cis-9-octadecenoico) representa hasta el 83 % del total de ácidos grasos; los ácidos palmítico (hexadecanoico) y linoleico (cis-9, cis-12-

octadecadienoico) están presentes en cantidades que varían entre 10 – 20 % y 2,5 – 20 %, respectivamente. Los ácidos palmitoleico (cis-9-hexadecenoico), esteárico (octadecanoico) y linolénico (cis-9, cis-12, cis-15-octadecatrienoico) se encuentran en bajas concentraciones (< 3,5 %). La mayor parte de los estudios sobre composición de ácidos grasos del aceite de oliva se ha focalizado en las variaciones que experimenta la misma durante el período de maduración del fruto (Rondanini et al., 2014; Damak et al., 2008; Salvador et al., 2001; Beltrán et al., 2004; Matos et al., 2007; Gómez-González et al., 2011; De la Rosa et al., 2013). Beltrán et al. (2004), estudiaron la composición del aceite del cv. Picual en tres años sucesivos; encontraron reducciones en el contenido de ácidos grasos saturados e incrementos en los ácidos oleico y linoleico con el avance de la maduración y determinaron que, además de la influencia estacional, el año de cultivo ejerce un efecto marcado sobre las concentraciones de estos ácidos grasos. Por el contrario, Salvador et al. (2001) han observado una correlación negativa entre el índice de madurez y el contenido de ácido oleico durante la maduración de los frutos del cv. Cornicabra. Baccouri et al. (2008) han informado asimismo que en los cultivares Chétoui y Chemlali se produce una disminución en el contenido de ácido oleico y un incremento del ácido linoleico a medida que avanza la madurez de los frutos. En ese mismo sentido, Youssef et al. (2009) y Dag et al. (2014) informaron reducciones significativas en la relación ácidos grasos monoinsaturados/ácidos grasos poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites procedentes de los cultivares Chétoui y Barnea, en función del incremento del índice de madurez. A su vez, Uceda et al. (2008) sostienen que, independientemente del cultivar 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 ácido oleico. Sakouhi et al. (2011) han observado en cambio que las variaciones más importantes en la composición de ácidos grasos en el cv. Sayali ocurren durante el desarrollo de los frutos, en tanto pequeñas

modificaciones se registran durante la maduración. Por otra parte, en un estudio realizado durante cinco años sobre treinta cultivares de olivo, Uceda et al. (2008) determinaron que el genotipo es el principal responsable de la variación en la concentración de los ácidos grasos mayoritarios del aceite; las diferencias entre años de cultivo y estadios de maduración del fruto resultaron de menor significación.

Un estudio reciente (Rondanini et al., 2014) ha evaluado el comportamiento de seis cultivares de olivo en distintos ambientes de la provincia de La Rioja, Argentina. Se ha observado que durante el desarrollo del fruto el contenido de ácido oleico disminuye marcadamente, con tasas de cambio y período de inicio de la fase de reducción que varían según el cultivar. Como resultado de dichas reducciones, en los cvs. Arbequina y Arauco el contenido de ácido oleico cae a valores por debajo del 50 %.

Bodoira et al. (2016) demostraron que los niveles de los ácidos oleico y linoleico sugieren diferentes respuestas a las temperaturas por parte de cada cultivar (ej.: 'Arbequina' y 'Manzanilla'), lo cual podría estar relacionado a las diferencias en las capacidades enzimáticas involucradas en la desaturación del ácido oleico.

Los antecedentes reseñados en el párrafo anterior, sugieren que la tasa de acumulación y la composición de ácidos grasos no guardan una relación unívoca con el grado de maduración de los frutos encontrándose variaciones más o menos marcadas entre los distintos cultivares de olivo. Si bien parece claro que la composición de ácidos grasos es una característica regulada genéticamente, existen también evidencias del efecto modulador del ambiente sobre su síntesis. La incidencia del medio agro-ecológico resulta particularmente notable en los llamados cultivares "plásticos", tal como Arbequina (Tous y Romero, 1994), donde la composición de ácidos grasos puede variar notablemente en función de la latitud y las condiciones climáticas donde se desarrolla el cultivo (Uceda et

al., 2008; Torres et al., 2009; Ceci y Carelli, 2007; Rondanini et al., 2011).

En la región Noroeste y centro de Argentina el régimen de temperatura del aire a lo largo del año es diferente respecto de la región Mediterránea, siendo las temperaturas de invierno y primavera sustancialmente mayores. Esta situación trae aparejada un adelanto en la fenología del cultivo; la fase de acumulación de aceite tiene lugar principalmente en el verano con temperaturas medias más elevadas que aquellas registradas en las regiones de cultivo del hemisferio norte.

En nuestro país, las posibles variaciones que puede experimentar la composición del aceite de cultivares de olivo en función de ambientes que presentan diferencias en sus características agro-climáticas han sido poco exploradas. Estudios recientes realizados en cultivos de olivo de la región noroeste de Argentina se han focalizado en la evaluación del efecto de la temperatura sobre la tasa de acumulación de aceite y la composición de ácidos grasos en diferentes cultivares (Bodoira et al., 2015; Bodoira et al., 2016; Rondanini et al., 2011; García-Inza et al., 2014). En este mismo sentido, diversos autores (Lombardo et al., 2008; Zarrouk et al., 2009; Dag et al., 2014) han informado reducciones significativas de la relación AGMI/AGPI en variedades cultivadas en regiones cálidas o durante ciclos de cultivo con temperaturas medias más elevadas.

2.4. El concepto de calidad del aceite de oliva

El aceite del fruto del olivo (*Olea europaea* L.) es la piedra angular de la dieta mediterránea (Keys, 1980). Este producto representa un patrimonio en el centro de la civilización, historia, religión y economía de todos países que rodean el mar Mediterráneo. En la antigüedad, el principal uso del aceite de oliva era para iluminación. Aunque las lámparas ya no se utilizan más, el aceite de oliva aún tiene importantes usos no alimentarios, tales

como en cosmética y los cuidados del cuerpo. Sin embargo, como resultado de las extraordinarias propiedades nutraceuticas y valor alimentario del aceite de oliva extra-virgen (Keys, 1980; Bendini et al., 2007), el consumo y el comercio están aumentando en todo el mundo, incluso en países con una producción relativamente baja, como Argentina, Australia, Chile, Japón, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Estados Unidos.

De acuerdo con la normativa internacional y los estándares comerciales del Consejo Oleícola Internacional (COI, 2016), el aceite de oliva es el aceite obtenido exclusivamente del fruto del olivo, excluyendo así a aquellos aceites obtenidos mediante disolventes o procesos de re-esterificación, y de cualquier mezcla con aceites de otro tipo.

Hoy en día, entre otras designaciones, podemos distinguir entre extra virgen, aceite de oliva virgen y aceite de oliva. El aceite de oliva extra virgen (AOEV), que es una clase comercial de aceite extraído de la aceituna mediante un proceso mecánico, sin ningún tratamiento físico o químico adicional, excepto lavado, decantación, centrifugación y filtración y se puede consumir directamente como crudo.

El AOEV debe presentar relativamente baja acidez libre (menor que 0,8 %, expresada como ácido oleico) y bajo índice de peróxido (menor que 20 meq O₂/kg), entre otros parámetros físico-químicos. Por su parte, el aceite de oliva virgen (AOV) es una segunda clase comercializable de aceite de oliva extraído mediante el mismo proceso mecánico, pero se caracteriza por presentar una mayor acidez libre (entre 0,8% y 2,0%), entre otros aspectos.

Hasta ahora, la calidad comercial del AOEV no ha incluido parámetros que son importantes para determinar las características nutricionales y sensoriales del mismo. De hecho, varios marcadores, tales como la composición de fenoles y tocoferoles, no son considerados para definir la clase comercial del AOEV.

En las últimas décadas, se han llevado a cabo varias investigaciones abordando aspectos relacionados con las propiedades organolépticas y la

calidad nutricional del AOEV con el objetivo de distinguir el producto e incrementar su valor comercial.

La composición y propiedades del AOEV cambian mucho con las características peculiares de los diferentes genotipos (cultivar) y su interacción con las condiciones ambientales, manejo agronómico y/o tecnología de extracción del aceite.

Como resultado de esta diferenciación en la calidad del AOEV, el conocimiento y las preferencias de los nuevos y tradicionales consumidores están cambiando rápidamente en relación a sus diferentes usos en la cocina y gastronomía. En la actualidad, el AOEV es percibido más como un alimento funcional que como un simple aderezo para ensaladas o aceite de cocina. Se han publicado diferentes reseñas sobre el *flavor* y la composición de volátiles del aceite de oliva (Kiritsakis, 1998; Kalua et al., 2007; Angerosa et al., 2004) como así también sobre sus propiedades funcionales (Newmark et al., 1997; Fito et al., 2007) y la relación entre los sistemas de extracción del aceite de oliva y su calidad final (De Stefano et al., 1999; Servili y Montedoro, 2002a; Uceda et al., 2006; Torres y Maestri, 2006)

2.5. Composición del aceite de oliva y propiedades nutricionales

Como se mencionó anteriormente, el AOEV es la principal fuente de lípidos comestibles y uno de los alimentos básicos de la dieta mediterránea. 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 Borja-Padilla, 1990; Fedelli, 1996; Uceda y Hermoso, 1999).

El contenido de ácidos grasos monoinsaturados ('MUFA', sigla en inglés) en el AOEV es de 70-80 g/100 g, lo cual representa un valor muy superior al de otros aceites vegetales, tales como canola (59 g/100 g), maní (46 g/100 g), girasol (32 g/100 g), maíz (29 g/100 g), soja (24 g/100 g) y cártamo (14 g/100 g) (Niklas et al., 2004).

En contraste con todos los demás aceites vegetales, que se obtienen a partir de semillas, el AOEV es obtenido de un fruto (drupa). Como en otros frutos, las aceitunas contienen un *pool* de compuestos que aunque cuantitativamente son de menor importancia (aproximadamente el 2% del peso del AOEV), muestran importantes propiedades biológicas. De hecho, el AOEV contiene más de 230 compuestos químicos, incluyendo el escualeno, β -sitoesterol, y un *pool* de antioxidantes fenólicos. 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 solo están presentes en el 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 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 (Torres et al., 2011).

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; Fito 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).

Por otro lado, los compuestos fenólicos contribuyen a las propiedades organolépticas del aceite de oliva (Gutierrez et al., 1992; Andrewes et al., 2003) y son un sistema de 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-Poncorbo et al., 2006).

Los compuestos volátiles son responsables del aroma y sabor de AOEV. Se han descrito más de 180 compuestos volátiles en el AOEV (Angerosa et al., 2004). La mayoría de estos compuestos derivan de la degradación de los lípidos de los tejidos vegetales, 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. 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 u *off - flavor* (Torres et al., 2011).

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. 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 (Torres et al., 2011).

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 (Angerosa et al., 2004; Morales y Aparicio, 1999; Servili et al., 2009).

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 (Solinas, 1987; Solinas et al., 1988; Angerosa y Giovancchino, 1996; Aparicio et al., 2000; Morales et al., 2000, 2005; García-Gonzalez y Aparicio, 2002a; García-Gonzalez y Aparicio, 2002b).

Los productos de oxidación no volátiles, particularmente los ácidos grasos hidroxilados, son los responsables de la formación del sabor amargo de los aceites (Servili et al., 2009). 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 (Servili et al., 2009). La fracción volátil representa un importante marcador genético y geográfico de AOEV (Angerosa et al., 2004; Servili et al., 2009).

2.6. Fuentes de variabilidad del aceite de oliva y sus propiedades

Durante el proceso de maduración del fruto, ocurren diferentes cambios físicos y bioquímicos dentro del pericarpio. La tasa de estos cambios varían con el cultivar y las condiciones de cultivo e incluyen el cambio en el color del tegumento, el contenido de agua de la fruta y los perfiles de la fracción de ácidos grasos, fenoles, tocoferoles, clorofilas y compuestos

volátiles. Todos estos cambios explican las grandes diferencias registradas en el perfil sensorial, como así también en la estabilidad oxidativa y el valor nutricional del aceite (Baccouri et al., 2006).

La composición del aceite de oliva en frutos, procedentes de cualquier cultivar, es el resultado de una compleja interacción multivariable entre el potencial genotípico y los factores ambientales, agronómicos y tecnológicos que caracterizan el crecimiento y maduración de los frutos, como así también de la extracción y almacenamiento del aceite (Lavee y Wonder, 1991; Montedoro y Garofolo, 1984). En términos de contenido relativo, los componentes individuales de la fracción de ácidos grasos así como los componentes menores pueden variar independientemente y depender de otros factores que no siempre están interrelacionados. Esto crea un 'campo de indeterminación' (Fiorino y Nizzi Grifi, 1991) que hace difícil encontrar marcadores para identificar consistentemente la zona geográfica de origen y la herencia genética de cualquier AOEV. Sin embargo, el análisis y los perfiles sensoriales de los AOEV producidos por la mayoría de los cultivares a nivel mundial han sido extensamente descritos, y puede ser alcanzado un nivel aceptable de probabilidad si se usa la información combinada (mediante análisis estadísticos específicos) sobre la composición ácida y la de los compuestos minoritarios (Mannina et al., 2003).

El rango de variabilidad en el contenido de ácidos grasos individuales en los diferentes genotipos parece ser similar a la variación inducida, dentro de un genotipo, por factores tales como la etapa de maduración del fruto en la cosecha (Fiorino y Ottanelli, 2004) o las condiciones ambientales estacionales durante el crecimiento y maduración del fruto (Lombrado et al., 2008; Ripa et al., 2008). Varios autores han propuesto (Fiorino y Alessandri, 1996; D'Imperio et al., 2007) el uso de la fracción de ácidos grasos como un potencial marcador del origen genético del aceite de oliva, ya sea en términos de contenido absoluto de sus componentes

individuales o considerando la relación oleico/linoleico u oleico/(palmítico + linoleico).

De hecho, las características del fruto varían con la localidad y entre años dentro del mismo olivar. Inclusive el *pool* de frutos en el mismo árbol de olivo es altamente variable en términos de tamaño, relación pulpa/hueso, maduración y patrón de la tasa de acumulación de aceite, debido al prolongado período de la floración y cuajado de los frutos, diferentes relaciones fuente-destino y condiciones ambientales (ej.: disponibilidad de luz) dentro del árbol (Lavee y Wonder, 2004). Sin embargo, el rango de variabilidad de las características pomológicas no necesariamente implica un rango similar en la composición y rendimiento relativo y absoluto de aceite (Lavee y Wonder, 2004), ya que el crecimiento del fruto y los patrones de la tasa de acumulación de aceite están interrelacionados sólo de manera parcial (Lavee y Wonder, 1991).

Desde este punto de vista, todos los factores que afectan el potencial genotípico del crecimiento del fruto (tamaño y relación pulpa/hueso) pueden no desempeñar un rol similar en la composición del aceite. Sin embargo, la maduración del fruto en el momento de la cosecha es una de las principales fuentes de variación de la composición de la fracción de ácidos grasos del AOEV y, aún más, de los compuestos fenólicos y volátiles. Esto significa que todos los factores agronómicos (carga frutal, riego y poda) y ambientales (temperaturas, contenido de agua en el suelo) que influyen en el patrón de la tasa de acumulación de aceite y la naturaleza de la maduración de los frutos también cuentan para la variabilidad geográfica y estacional de la composición y propiedades del AOEV de un genotipo específico (Fiorino y Nizzi Grifi, 1991; Lavee y Wonder, 1991, 2004; Lombardo et al., 2008; D'Imperio et al., 2007; Gucci y Servilli, 2006).

2.7.1. Factores agronómicos y ambientales que afectan la composición y calidad del aceite de oliva

Existen numerosos factores que afectan de manera directa o indirecta la calidad del AOEV. A modo de resumen, a continuación se enuncian los mismos:

- A. Genotipo
- B. Área de cultivo y condiciones estacionales
- C. Estado hídrico del olivo
- D. Productividad y alternancia de producción
- E. Manejo del olivar
 - 1. Método de cultivo
 - 2. Sistema de conducción y poda
 - 3. Fertilización y manejo del suelo
 - 4. Pestes y Control de enfermedades
- F. Maduración del fruto y cosecha

2.7.2. Factores tecnológicos que afectan la composición del AOEV y su calidad

- A. Almacenamiento del fruto
- B. Molienda del fruto
- C. Batido de la pasta
- D. Sistema de extracción del AOEV
- E. Almacenamiento del AOEV

Sin embargo, en esta sección se desarrollarán solamente aquellos factores relacionados directamente con los objetivos de la Tesis.

A. Genotipo

Actualmente, existen muchos antecedentes sobre la influencia del genotipo sobre la calidad del AOEV. Sin embargo, muchos factores pueden superponerse y anular el potencial genético de un solo cultivar (Torres et al., 2011; Inglese et al., 2010) (Tabla III). Además, la mayoría de las veces, el aceite de oliva comercial es producto de un *blend* a partir de diferentes cultivares.

El genotipo afecta la evolución de la fracción de la composición de ácidos grasos, fenólicos y volátiles, como así también el color del aceite (Zarrouk et al., 2009; Angerosa et al., 2004; Fiorino y Ottanelli, 2004; Servilli et al., 2004).

Los cultivares de olivo difieren en la carga frutal estacional, el tamaño de la fruta, la relación pulpa/carozo y el patrón de maduración, como así también en su respuesta adaptativa al estrés hídrico o a las altas temperaturas durante el crecimiento y maduración de los frutos. La variabilidad estacional o ambiental de la composición del aceite de oliva de un determinado cultivar depende de su estabilidad fenotípica (Bodoira et al., 2015; 2016; Trentacoste et al., 2010; Lavee y Wonder, 1991; Salvador et al., 2001; Lombardo et al., 2008; Rondanini et al., 2011; Fiorino y Ottanelli, 2004; D'Imperio et al., 2007; Sweeney et al., 2002). De hecho, más de 1.200 variedades son cultivadas en todo el mundo, pero por ejemplo sólo 3 cultivares cubren el 63% de la producción española, 24 cultivares representan el 58% de la superficie cultivada con olivo en Italia, 3 cultivares cubren más del 90% de la superficie olivícola en Grecia y Portugal, y un solo cultivar representa el 97% de la superficie cultivada en Marruecos (Inglese y Famiani, 2008). En nuestro país, sólo 3

cultivares ocupan al menos el 80 % de la superficie total olivícola. Inclusive, muchos cultivares sólo tienen una difusión local muy restringida.

El perfil de ácidos grasos de un AOEV es dependiente del genotipo en términos de la relación ácidos grasos insaturados/saturados o, entre los insaturados, en términos de la relación monoinsaturados/poliinsaturados (Gouveia, 1997; Stafanoudakii et al., 1999; Torres, 2006). León et al. (2004; 2008; 2011) y De la Rosa et al. (2016) han reportado, en las progenies derivadas de los programas de mejora, grandes variaciones en todos los ácidos grasos, siendo éstas iguales o incluso superiores a los rangos reportados en las evaluaciones de las colecciones de olivo.

Por su parte, el contenido de fenoles y su composición varían mucho con el genotipo y entre los genotipos, con las condiciones ambientales tales como la sequía (o déficit hídrico) y, particularmente con la etapa de maduración del fruto al momento de la cosecha y las tecnologías de extracción.

No obstante, la fracción fenólica y la relación entre compuestos secoiridoideos y lignanos han sido propuestas como marcadores potenciales del origen genético de un AOEV (Servilli et al., 2004). De hecho, la variabilidad en el perfil fenólico del AOEV, entre otros factores, puede estar relacionado con el potencial genético (Briante et al., 2002) en términos del rango de variación del contenido de polifenoles totales o individuales (Tabla IV) (Lo Curto et al., 2001).

El análisis sensorial realizado por un panel de expertos, el cual es esencial para la evaluación de un AOEV, es una poderosa herramienta para la discriminación de los AOEV monovarietales o *blends* en términos de aroma y sabor. Las notas de *flavor* de 'fruta', 'verde', 'herbáceo', 'dulce', 'amargo', 'picante', así como 'manzana', 'almendra', 'alcaucil' o 'tomate' pueden caracterizar diferentes AOEVs, particularmente en su uso en la

gastronomía (Rotondi et al., 2010). De hecho, la aplicación del panel sensorial para el análisis del origen genético de los AOEVs está frecuentemente asociada con la promoción de su valor nutricional y sensorial en la comercialización del aceite.

Tabla III. 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 (Fuente: Torres et al., 2011).

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	0,13 - 0,42	
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	1,93 - 2,99	
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	1,50 - 3,15	2,00 - 3,60
Esteárico	1,43 ± 0,06	0,70 - 2,40	1,50 - 1,70	1,39 - 1,84	<i>Sin datos</i>
Oleico	59,1 ± 2,54	62,3 - 76,3	46,8 - 64,2	53,89 - 68,3	49,5 - 64,2
Linoleico	17,5 ± 1,70	7,90 - 10,8	14,1 - 23,3	14,19 - 20,86	14,1 - 22,9
Linolénico	0,82 ± 0,01	0,52 - 0,70	0,60 - 0,90	0,61 - 0,81	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.

Tabla IV. Concentraciones de compuestos fenólicos (mg/kg) en aceites de oliva extra vírgenes de diferentes cultivares italianos. Los datos representan media \pm desvío estándar, a partir de 10 muestras* (Fuente: Servili et al., 2004).

Compuestos Fenólicos	Cultivar				
	<i>Coratina</i>	<i>Moraiolo</i>	<i>Frantoio</i>	<i>Carolea</i>	<i>Leccino</i>
3,4-DHPEA*	1.96 \pm 0.30	2.08 \pm 1.79	1.38 \pm 1.42	2.70 \pm 2.03	7.94 \pm 1.10
p-HPEA	0.89 \pm 0.99	0.87 \pm 0.65	0.82 \pm 0.91	0.72 \pm 1.11	12.3 \pm 1.6
3,4-DHPEA-EDA	382.4 \pm 138.2	340.0 \pm 26.3	154.0 \pm 26.1	268.0 \pm 11.4	67.6 \pm 15.5
p-HPEA-EDA	193.2 \pm 65.2	99.8 \pm 61.2	89.8 \pm 103.0	189.6 \pm 89.7	12.5 \pm 6.2
3,4-DHPEA-EA	177.5 \pm 92.6	157.1 \pm 84.5	84.1 \pm 103.0	134.5 \pm 56.3	47.2 \pm 15.0
Total Fenoles	755.9 \pm 153.1	599.9 \pm 67.1	330.1 \pm 27.3	595.5 \pm 106.5	147.5 \pm 22.5

* Se cosecharon aceitunas en la etapa de maduración industrial, se amasaron durante 60 min a 30 ° C, y luego se extrajeron por presión a escala laboratorio.

A nivel mundial, se han llevado a cabo diversos programas de cruzamiento, donde la calidad del aceite es considerado uno de los objetivos más importantes. Estos programas han hecho posible obtener nuevos genotipos muy interesantes en términos de calidad del aceite (Ripa et al., 2008; Bellini et al., 2002; León et al., 2004; 2008; 2011; Baccouri et al., 2007; Baccouri et al., 2010; Hannachi et al., 2008; Hannachi et al., 2013; Manai et al., 2008; Dabbou et al., 2001; 2012; Klepo et al., 2013; 2014; De la Rosa et al., 2016). Como se mencionó anteriormente, en muchos casos se ha comprobado que la hibridación ha proporcionado mayor variabilidad que la de los parentales de origen (León et al., 2008).

B. Área de cultivo y condiciones estacionales

Lavee y Wodner (1991) han demostrado que el control genético de la tasa y patrón de acumulación del aceite actúa a través de las interacciones cultivar-ambiente. Sin embargo, las condiciones estacionales y ambientales también afectan tanto la fracción de ácidos grasos como la insaponificable de los AOEV. Si las aceitunas están sanas y son procesadas poco tiempo después de la cosecha (dentro de las 24 horas), las condiciones ambientales parecen no tener una influencia sustancial sobre aquellos parámetros químicos clásicos como el grado de acidez libre, índice de peróxido y la absorbancia en el UV (K_{232} y K_{270}) del aceite, los cuales deben permanecer dentro de un cierto rango para la categoría de AOEV (Ripa et al., 2008; Pannelli et al., 1990).

Las primeras investigaciones indican que la latitud y la altitud modifican las proporciones relativas de los ácidos grasos insaturados y saturados (Frezzotti et al., 1934). Los mayores contenidos de ácido oleico y, en consecuencia, un incremento en la proporción de ácidos grasos insaturados/saturados se registran desde las zonas más cálidas en el sur de Italia a las más frías en el norte de Italia (efectos de la latitud) o desde de las regiones de menor altitud a las de mayor (efecto altitud). Esta respuesta se ha observado analizando aceites procedentes de las principales zonas oleícolas de Italia (Vitagliano et al., 1961) o de aceites provenientes de las mismas variedades ('Frantoio' y 'Coratina') cultivados en zonas con diferentes latitudes (Lotti et al., 1982). Este mismo comportamiento también se observa en nuestros aceites argentinos (Rondanini et al., 2011).

Lombardo et al. (2008), con diferentes genotipos cultivados en el mismo olivar, y Ripa et al. (2008), con un elevado número de genotipos cultivados en tres zonas diferentes de Italia (regiones de Basilicata,

Calabria y Umbría), determinaron que las relaciones entre la temperatura y la composición de ácidos grasos y las fluctuaciones dependientes de la estación y dependientes del sitio en las composiciones de los ácidos grasos, se relacionaron con el promedio de grados días acumulados hasta la cosecha (Ripa et al., 2008), o desde el endurecimiento del endocarpo hasta a la cosecha (Lombardo et al., 2008). En las áreas y estaciones cálidas, los aceites exhiben un menor contenido de ácido oleico, y a su vez presentan contenidos más altos de ácido palmítico y/o linoleico (Rondanini et al., 2011; Lombardo et al., 2008; Ripa et al., 2008). Asimismo, el ácido linolénico también puede ser más alto bajo condiciones cálidas (Lombardo et al., 2008). Un comportamiento similar puede observarse en estudios previos donde se compara la composición de ácidos grasos de aceites obtenidos de la misma variedad cultivada en ambientes caracterizados por diferentes regímenes de temperaturas, tales como la región cálida de Catamarca (Argentina) e Italia (Mannina et al., 2001), y Toscana (Italia), Arabia Saudita y Australia (Fiorino et al., 2005), o áreas a diferentes altitudes como en La Canea, Grecia (Mousa et al., 1996), o en Andalucía, España (Paz Aguilera et al., 2005).

Por otra parte, Zarrouk et al., 2009 realizaron un estudio comparativo de cultivares en una región árida de Túnez, y la mayoría de los aceites mostraron una disminución en el porcentaje de ácido oleico y un incremento de los ácidos palmítico y linoleico en comparación con aquellos aceites procedentes de sus zonas de origen. En Australia, los aceites provenientes de las áreas más frías del sur tienen significativamente un mayor contenido de ácido oleico y un menor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados y saturados (Ganz et al., 2002). Asimismo, Sweeney et al. (2002) mostraron niveles más altos de ácido oleico en los aceites procedentes de latitudes del sur de Australia. Sin embargo, no es posible correlacionar umbrales ambientales específicos con un comportamiento consistente del genotipo en términos de la composición de ácidos grasos del AOEV. El efecto ambiental sobre la composición de los ácidos grasos

cambia, de hecho, con las diferentes combinaciones genotipo-ambiente. De hecho, los AOEV de los cultivares 'Carolea' y 'Canino' no mostraron variaciones significativas, entre sitios de cultivo, en sus composiciones de ácidos grasos (Montedoro et al., 2003); mientras que las comparaciones de las composiciones de ácidos grasos de aceites obtenidos en la región cálida de Catamarca, Argentina, con aquellas de los aceites de los mismos cultivares producidos en Italia mostró que los aceites producidos en nuestro país tenían un menor contenido de ácido oleico y mayores contenidos de ácidos palmítico, linoleico y linolénico. Estas variaciones fueron, sin embargo, dependientes del cultivar, con un 5 % a 8 % de reducciones en el contenido de ácido oleico en los cvs. 'Biancolilla', 'Cerasuola' y 'Coratina', y reducciones del 16 % al 18 % en 'Frantoio' y 'Peranzana' (Mannina et al., 2001) (Tabla V).

Fiorino et al. (2005) realizaron una comparación de la composición de los ácidos grasos de los aceites de 'Frantoio' y 'Coratina' en Toscana (Italia), Arabia Saudita y Australia. Se registró mayores variaciones en los aceites de 'Frantoio' que el de 'Coratina'. Este mismo patrón evidenció Rondanini et al. (2011) cuando compararon estos mismos cultivares en diversas localidades oleícolas de nuestro país, las cuales abarcan un amplio gradiente latitudinal. Por otra parte, la composición de ácidos grasos del AOEV de 'Koroneiki' no evidenció cambios en relación con el sitio de cultivo (Grecia y Túnez), mientras que cuando 'Sigoise' fue cultivado en Túnez, su aceite mostró un mayor porcentaje de ácido oleico y contenidos de ácido palmítico y linoleico superiores al normalmente obtenido en su zona de origen argelina (Zarrouk et al., 2009; Mahjoub Haddada et al., 2007). Por otra parte, en un año relativamente caluroso, los aceites del grupo más numeroso de cultivares mostró una disminución en el contenido de ácido oleico, el cual fue principalmente compensado por un aumento en el ácido palmítico. Los aceites de otro grupo de cultivares mostraron una disminución en el ácido oleico que fue principalmente

compensado por un aumento de ácidos grasos poliinsaturados (ácidos linoleico y linolénico). En tanto, que los aceites de muy pocos cultivares no mostraron variaciones significativas en los contenidos de ácidos grasos monoinsaturados (palmitoleico y oleico), mientras que hubo un aumento en sus ácidos grasos saturados y una disminución en los ácidos grasos poliinsaturados (Lombardo et al., 2008). Estos últimos autores consideran que los cultivares que se originaron en ambientes del norte aparentemente tienen mayor inestabilidad fenotípica, en términos de la composición de ácidos grasos, que aquellos genotipos que se originaron en ambientes más meridionales.

Como ya se ha mencionado, las variaciones en la composición de ácidos grasos inducidas por el medio ambiente pueden ser tan grandes que afecte la idoneidad comercial del aceite tal como lo definen las normas legales nacionales e internacionales. Por ejemplo, en la región de Catamarca de nuestro país, la cual se caracteriza por las altas temperaturas durante el desarrollo y maduración de las aceitunas, 'Arbequina' produce aceites con contenidos de los ácidos grasos oleico y linolénico alrededor del 53 y 1,2 %, respectivamente (Mannina et al., 2001) y estos porcentajes se encuentran fuera de los límites establecidos por los estándares comerciales del Consejo Oleícola Internacional (COI, 2016).

Tabla V. Composición de ácidos grasos de aceites de oliva extra vírgenes pertenecientes a diferentes variedades cultivadas en Argentina (Provincia de Catamarca) e Italia (Fuente: Mannina et al., 2001).

Variedad	Origen	Composición ácidos grasos %									
		C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1
Arbequina	Argentina	20.66	3.69	0.04	0.20	1.53	53.39	18.72	1.16	0.29	0.22
Biancolilla	Argentina	16.31	1.81	0.11	0.19	1.80	70.47	7.34	1.12	0.37	0.31
	Italia	11.61	0.52	0.12	0.20	2.23	74.10	9.81	0.69	0.39	0.31
Carasuola	Argentina	13.75	0.51	0.05	0.07	1.87	70.98	10.84	1.12	0.37	0.41
	Italia	9.86	0.22	0.02	0.03	2.54	76.83	9.34	0.51	0.36	0.34
Coratina	Argentina	16.29	0.67	0.05	0.08	1.77	71.50	7.99	1.27	0.37	0.35
	Italia	12.36	0.51	0.08	0.05	2.10	75.43	7.94	0.72	0.31	0.33
I-77	Argentina	15.34	0.91	0.05	0.08	1.52	70.52	9.54	1.45	0.32	0.25
	Italia	9.82	0.50	0.05	0.12	1.58	80.54	5.82	0.70	0.32	0.39
Frantoio	Argentina	17.19	1.65	0.01	0.09	1.63	63.55	14.03	1.23	0.28	0.31
	Italia	12.34	1.01	0.01	0.02	1.65	75.77	8.04	0.55	0.29	0.29
Kalamata	Argentina	12.93	1.46	0.04	0.13	1.78	65.79	16.04	1.33	0.22	0.29
	Italia	9.87	0.61	0.01	0.56	1.52	78.95	6.56	0.72	0.40	0.52
Leccino	Argentina	17.39	1.16	0.05	0.09	1.71	68.45	9.19	1.43	0.33	0.25
	Italia	13.23	1.25	0.01	0.09	1.53	77.96	4.54	0.68	0.28	0.33
Peranzana	Argentina	18.16	1.79	0.02	0.07	2.21	62.57	13.08	1.37	0.36	0.32
	Italia	12.27	0.80	0.07	0.11	1.86	76.45	7.21	0.58	0.33	0.28

Además, los aceites de los cvs. Biancolilla, Cerasuola., Coratina, I-7'7, Frantoio, Kalamata, Leccino y Peranzana presentaron porcentajes de ácido linolénico superiores al 1%, que es el valor máximo permitido por la citada norma para todas las categorías de aceites de oliva.

Por otra parte, las altas precipitaciones reducen el contenido de fenoles totales (Pannelli et al., 1994). El rol de la temperatura sobre el contenido de fenoles totales es controvertido, dependiendo a su vez del genotipo y las condiciones ambientales. En un estudio realizado en diferentes regiones italianas, a mayores °C-días acumulados desde el cuajado hasta la cosecha de los frutos, menor fue la cantidad observada de fenoles totales (Ripa et al., 2008); mientras que la cantidad total del contenido de fenoles totales del cv. Casaliva, pero no de 'Leccino', aumentó con los °C-días acumulados desde Agosto hasta Octubre en la zona fría del norte de Italia (Tura et al., 2008). Además, en algunos estudios sobre los efectos de la altitud, el cual es un factor que afecta al régimen térmico, en algunos casos (La Canea, Grecia) el contenido de fenoles totales disminuyó con la altitud (Mousa et al., 1996; Osman 1994), mientras que en otros casos, los efectos de la altitud no fueron claros (Paz Aguilera et al., 2005).

No hay información clara sobre la influencia del tipo de suelo sobre la composición del AOEV, aunque han sido reportadas algunas relaciones específicas entre los parámetros cualitativos de un aceite y las características del suelo (Angerosa y Di Giovancchino, 1996; Ranalli et al., 1997). El aceite de 'Moraiolo' obtenido en un suelo pedregoso tuvo un mayor contenido de fenoles totales y estabilidad oxidativa que aquel obtenido en un suelo arcilloso, pero estos efectos se atribuyeron principalmente a la menor disponibilidad de agua en los suelos pedregosos, con respecto a las arcillas, más que a la textura del suelo (Pannelli et al., 1994; Servilli et al., 1990).

La altitud afecta el contenido de tocoferoles de los aceites. En varios estudios, se ha observado que a altitudes más bajas la cantidad de

tocoferoles es mayor (Osman et al., 1994; Mousa et al., 1996; Paz Aguilera et al., 2005). La altitud también puede afectar el contenido de clorofila, la estabilidad oxidativa y la cantidad de hidrocarburos, alcoholes triterpénicos y esteroides de los aceites de oliva (Mousa et al., 1996; Paz Aguilera et al., 2005; Osman et al., 1994; Ferreiro y Aparicio, 1992).

En las zonas más frías donde se cultivan los olivos, los frutos y por consiguiente los aceites extraídos de ellos, pueden ser dañados por las temperaturas bajo cero durante el período de maduración. En un aceite extraído en 24 horas desde la aparición de las temperaturas bajo cero, se observaron reducciones de los contenidos de clorofila, carotenoides, fenoles totales, de la estabilidad oxidativa y el índice de amargor (K_{225}), mientras que se detectaron efectos negativos sobre la acidez libre, el índice de peróxidos, la absorbancia ultravioleta (K_{270}) y α -tocoferol (Morelló et al., 2003). El aceite proveniente de aceitunas congeladas también mostró cambios significativos en las concentraciones de varios compuestos fenólicos y reducciones en el amargo y picante, con el consiguiente inicio de defectos sensoriales que impiden que el aceite pueda ser comercializado como AOEV. La variabilidad de los efectos de los factores ambientales, que a veces es bastante importante, también surge de los efectos de la interacción con otros factores, como el genotipo y maduración de la fruta (Gutiérrez et al., 1999; Pannelli et al., 1996).

F. Maduración del fruto

Como se mencionó en el apartado 2.3 durante la maduración del fruto, tiene lugar una serie de cambios tanto en el fruto como en el aceite. En esa sección, se hace mención a los cambios en el perfil de ácidos grasos durante el proceso de desarrollo y maduración del fruto.

La maduración también tiene grandes efectos sobre las características sensoriales y nutricionales de los aceites de oliva, afectando así los contenidos de las sustancias volátiles, compuestos fenólicos y pigmentos (Angerosa et al., 2004; Servilli et al., 2004). El contenido de compuestos volátiles es mayor en la fase inicial de la pigmentación superficial del fruto, con especial referencia a los compuestos involucrados en la vía de la LOX, como los aldehídos y alcoholes saturados e insaturados de 5 y 6 átomos de carbono y, en particular, el trans-2-hexenal (Angerosa et al., 2004; Solinas 1987; Montedoro et al., 2003). Luego, éstos disminuyen debido a una menor actividad de las enzimas involucradas en su síntesis, con la consecuente reducción en la intensidad del aroma a frutado que puede ser testado, especialmente aquellas notas sensoriales 'verdes' (Angerosa et al., 2004; Solinas, 1987; Montedoro y Garofolo, 1984; Angerosa y Basti, 2001; Montedoro et al., 2003). En frutos muy maduros (con pigmentación que incluye el mesocarpo), hay una marcada inactivación de las enzimas endógenas involucradas en la ruta de la LOX, con una marcada disminución de los compuestos volátiles en el aceite obtenido de aquellos frutos (Angerosa et al., 2004; Servili et al., 1990).

En relación a la evolución de la composición de sustancias fenólicas durante la ontogenia del fruto, la mayor parte de los trabajos se han focalizado en las variaciones que tienen lugar durante la maduración. En general, se ha observado una disminución del contenido de fenoles totales conforme avanza la madurez (Bodoira et al., 2015; 2016; Baccouri et al., 2008; Briante et al., 2002; Gutierrez et al., 1999; Caponio et al., 2001; Ryan et al., 2003; Bonoli et al., 2004; Morelló et al., 2004; Jimenez et al., 2013). Sin embargo, se debe recordar el incremento que experimentan algunos flavonoides, específicamente las antocianinas, a partir del estadio de envero de los frutos (Lavee, 2986).

Por otra parte, como se mencionó anteriormente determinados atributos sensoriales del fruto y de los aceites de oliva vírgenes, como el amargor y

el picor, están asociados a la presencia de compuestos fenólicos. El principio amargo más importante es la oleuropeína, en su forma glicosilada. La oleuropeína aglicona probablemente es también amarga, mientras que los otros dos productos de degradación, el ácido elenólico y el hidroxitirosol, son juzgados como no amargos (Angerosa et al., 2000).

Durante la extracción del aceite de oliva virgen, los componentes fenólicos del fruto son transferidos, al menos en parte, al aceite. Dicha transferencia está en función, en gran medida, de la concentración y del balance hidrofílico/lipofílico de los compuestos presentes y es afectada por las condiciones empleadas para la obtención del aceite (Uceda et al., 2008; Lavelli y Bondesan, 2005; Taticchi et al., 2013). La presencia de compuestos fenólicos confiere al aceite de oliva una particular resistencia al desarrollo de rancidez. Numerosos autores han puesto en evidencia la relación entre el contenido de compuestos fenólicos del aceite y su estabilidad frente a la oxidación (Baccouri et al., 2008; Torres et al., 2011; Morelló et al., 2004; Owen et al., 2000; Bendini et al., 2006; Baiano et al., 2009; Cioffi et al., 2010; Ziogas et al., 2010; Servili et al., 2014). La composición cuali y cuantitativa de la fracción fenólica del fruto del olivo es altamente variable, siendo afectada notablemente por el cultivar, el estado de desarrollo y maduración del fruto y el ambiente de cultivo, en particular la condición hídrica (Baccouri et al., 2008; Babbou et al., 2011; Jimenez et al., 2013; Morelló et al., 2005; Gutierrez-Rosales et al., 2012).

En general, los tocoferoles muestran una disminución en su contenido durante la maduración (Bodoira et al., 2016; Solinas, 1990; Di Matteo et al., 1992; García et al., 1996; Gimeno et al., 2002). Sin embargo, algunos resultados no muestran cambios en el α -tocoferol o en el contenido de γ -tocoferol (Baccouri et al., 2008; García et al., 1996; Beltrán et al., 2005).

Durante la maduración del fruto, existen variaciones en la estabilidad a la oxidación de los aceites, lo cual se sabe que depende del contenido de antioxidantes (compuestos fenólicos, tocoferoles, carotenoides) y de la composición de ácidos grasos. En general, hay un aumento en las fases iniciales de la maduración y luego disminución o, en algunos casos, una reducción constante (Baccouri et al., 2008; Servili et al., 1990; García et al., 1996; Panaro et al., 2003). El contenido en pigmentos, como clorofilas y carotenoides, disminuye durante la maduración (Salvador et al., 2001; Baccouri et al., 2008; Torres, 2006; Montedoro et al., 2003; Servili et al., 1990; Gutierrez et al., 1999; Gimeno et al., 2002; Beltrán et al., 2005).

Por otra parte, en las aceitunas muy maduras, la acidez libre y el nivel de oxidación del aceite pueden incrementarse (Pannelli et al., 1990; Pannelli y Montedoro, 1988; Dugo et al., 2004). En la fruta avanzada en su etapa de maduración, la disminución de la textura de la pulpa puede determinar condiciones tales como marcas y golpes durante la cosecha, transporte y conservación posterior, lo cual permite la ruptura de los compartimentos celulares, poniendo así en contacto el aceite con las enzimas que pueden causar procesos oxidativos o hidrolíticos endógenos, particularmente si la temperatura es alta.

2.7.2. Factores tecnológicos que afectan la composición del AOEV y su calidad

Debido a que la presencia de los fenoles hidrófilos y compuestos volátiles en el AOEV está directamente relacionada con las actividades de diversas enzimas endógenas de la aceituna, su concentración en el aceite se ve muy afectada por las condiciones de extracción. Todos los pasos del proceso de extracción mecánica del AOEV pueden afectar su composición volátil y fenólica, pero la condición del almacenamiento de la fruta antes

de la extracción del AOEV, y molienda y batido pueden considerarse los puntos más críticos (Angerosa et al., 2004; Caponio et al., 1996; Capella et al., 1997; Servili et al., 1999, 2004, 2009).

B. Molienda del fruto

La molienda y el batido son puntos críticos en el proceso de extracción mecánica, los cuales afectan la composición fenólica y volátil del AOEV. De hecho, los principales fenoles hidrófilos del AOEV, tales como las agliconas de los compuestos secoiridoides, se originan durante esta fase mediante la hidrólisis de la oleuropeína, dimetiloleuropeína y ligustrósido, siendo catalizados por las α -glucosidasas endógenas. Durante el batido, la concentración de las agliconas de los compuestos secoiridoides y los alcoholes fenólicos disminuye tanto en la pasta de aceituna como en el correspondiente aceite, a medida que aumenta la temperatura y el tiempo durante el proceso (Torres et al., 2011).

El impacto de la molienda sobre los compuestos fenólicos y volátiles del AOEV puede estar relacionado con la diferente distribución de las enzimas oxido-reductasas endógenas y de los compuestos fenólicos en las partes constitutivas del fruto (pulpa, carozo y semilla). La peroxidasa (POD), en combinación con la polifenoloxidasas (PFO), es la principal oxido-reductasa endógena responsable de la oxidación fenólica durante el proceso de extracción, y está presente en grandes cantidades en la semilla del olivo. Por el contrario, los compuestos fenólicos se concentran en gran medida en la pulpa, mientras que el hueso (endocarpo) y la semilla contienen pequeñas cantidades de estas sustancias (Servili et al., 2004, 2007).

En consecuencia, los métodos de molienda que reducen la degradación del tejido de la semilla, tales como las descaroadoras o los molinos que

trituran suavemente las semillas, limitan la liberación de la POD en las pastas. Esto evita la oxidación de los fenoles hidrófilicos durante el batido y mejora su concentración en el AOEV (Servili et al., 1999, 2004, 2007).

Las condiciones operativas de la molienda también afectan la composición volátil del AOEV. Casi todos los compuestos volátiles responsables del *flavor* de los AOEV de alta calidad surgen al momento de la ruptura de los tejidos de la pulpa. Por lo tanto, la efectividad de la molienda juega un papel importante en su producción. El uso de molinos de martillos u otros que producen una trituración más violenta de los tejidos de la pulpa, provoca un aumento de la temperatura de la pasta de la aceituna, y una reducción de la actividad de la hidroperoxidasa (responsable de la formación de los aldehídos de 6 átomos de carbono a partir de los compuestos hidroperóxidos). El uso de nuevos molinos, tales como molinos a cuchillas, mejora la concentración de compuestos volátiles, especialmente el hexanal, *trans*-2-hexenal y ésteres de 6 átomos de carbono, que conduce a un aumento positivo de la intensidad de las notas a 'pasto cortado' y 'floral' (Angerosa et al., 2004).

Varios investigadores han demostrado que el descarozado de aceitunas durante el proceso de extracción mecánica del AOEV aumenta la concentración fenólica en el mismo (Lavelli y Bondesan, 2005; Angerosa et al., 1999; Mulinacci et al., 2005) y, al mismo tiempo, modifica la composición de compuestos volátiles producidos por la ruta de la LOX. Esto aumenta la concentración de sustancias volátiles relacionadas con las notas sensoriales 'verdes' (Servili et al., 2007). Estos resultados son particularmente importantes porque demuestran que las enzimas involucradas en la ruta de la lipoxigenasa tienen una actividad diferencial en la pulpa y la semilla.

C. Batido de la pasta

La distribución de los fenoles entre la fase oleosa y acuosa, en relación a su liposolubilidad, no es el único mecanismo involucrado en la reducción de la concentración fenólica en el AOEV durante el batido. Las reacciones oxidativas catalizadas por las oxido-reductasas endógenas tales como la POD y PFO, que promueven la oxidación fenólica en la pasta durante este paso, afectan fuertemente su concentración en la fase oleosa. La inhibición enzimática obtenida al reducir la concentración de O₂ en las batidoras cubiertas mejora la concentración de fenoles hidrofílicos en la pasta de la aceituna, y en el correspondiente AOEV. En este contexto, el control del O₂ durante el batido puede ser considerado como un nuevo parámetro tecnológico que, en combinación con aquellos tradicionales (tiempo y temperatura de proceso), pueden ser utilizados para optimizar la concentración fenólica y volátil del AOEV (Servili et al., 2004; 2008; 2009b). Servili y colaboradores (2003 a, b) estudiaron el efecto del tiempo de exposición de las pastas de aceitunas al contacto con el aire (TEPACA), considerando este parámetro de proceso como regulador del promedio de la concentración de O₂ en la pasta y como consecuencia la concentración fenólica en el AOEV. La producción natural de gas inerte, como el CO₂, debido al metabolismo celular de las aceitunas durante el batido se puede combinar con el uso de nitrógeno o argón para reducir el contacto del O₂ con la pasta de aceitunas durante el batido (Servili et al., 2008; Parenti et al., 2006a; 2006b).

La aplicación de nuevas tecnologías, tales como la extracción mecánica del AOEV a partir de aceitunas descarozadas, mejora la concentración fenólica del aceite, confirmando la relación entre el control de las reacciones oxidativas durante el proceso de extracción del AOEV y su contenido fenólico. Dado que la POD se concentra altamente en la semilla de olivo, el proceso de descarozado, excluyendo esta parte constitutiva del fruto antes del batido y removiendo parcialmente la actividad de la POD en las

pastas puede reducir la degradación enzimática de los fenoles en los aceites durante esta fase, incrementando así su concentración en el AOEV y su estabilidad oxidativa (Servili et al., 2007, 2009a).

Las reacciones oxidativas que se producen en la pasta durante el batido explican las relaciones entre la concentración fenólica en el AOEV y las temperaturas de batido (Servili et al., 2004, 2009b). El O₂ presente en la pasta durante el batido activa las enzimas POD y PFO, las cuales oxidan los compuestos fenólicos en función de la temperatura y, como consecuencia, reducen su concentración en los AOEVs obtenidos a partir de pastas de aceitunas sometidas a altas temperaturas durante el batido. Las batidoras tradicionales, que contienen grandes cantidades de O₂ disuelto en la pasta durante el proceso debido al contacto con el aire, representan un ejemplo clásico de la relación entre altas temperaturas y la pérdida fenólica en el AOEV. Por el contrario, cantidades bajas de O₂ inhiben la reacción oxidativa de los fenoles durante el batido; en este caso, su concentración en el AOEV aumenta con las altas temperaturas, debido a una mayor solubilidad de dichas sustancias en los AOEVs (Servili et al., 2008, 2009a, 2009b).

Las interacciones entre los polisacáridos y compuestos fenólicos en las pastas de aceitunas, también pueden estar implicadas en la pérdida de tales sustancias durante el proceso. Los polisacáridos pueden unirse a los fenoles, reduciendo así su liberación en el aceite durante la molienda y el batido. En este aspecto, se ha demostrado que el uso de preparaciones técnicas enzimáticas que contienen enzimas que degradan la pared celular durante el batido puede mejorar la concentración fenólica del AOEV (Ranalli y De Mattia et al., 1997; Vierhuis et al., 2001).

Además, se ha observado que las enzimas involucradas en la ruta de la lipoxigenasa permanecen activas durante el proceso de batido ya que la concentración de compuestos volátiles aumenta en las pastas de aceitunas

(Servili et al., 2009; Esposito et al., 2008). El análisis de la composición de los AOEV producidos a partir de pastas de aceitunas tradicionales y descarozadas confirma que las cantidades de aldehídos insaturados con 6 átomos de carbono fueron superiores en los aceites a partir de frutos descarozados que en aquellos tradicionales, debido a la presencia de la semilla responsable del aumento de los alcoholes con 6 átomos de carbono durante el proceso tradicional (Servili et al., 2007).

El tiempo y la temperatura de batido afectan el perfil volátil y por lo tanto, las características sensoriales de los AOEV (Angerosa et al., 2004; Servili et al., 2009). El aumento de los compuestos carbonílicos de 5 y 6 átomos de carbono, especialmente del hexanal, que, debido a su bajo umbral de olor, representa un importante contribuyente al *flavor* del aceite de oliva, es el efecto principal del tiempo de batido, mientras que las altas temperaturas de batido promueven la caída de los ésteres y *cis*-3-hexen-1-ol y la acumulación de hexan-1-ol y *trans*-2-hexen-1-ol, ambos considerados por algunos autores como que provocan un olor no muy agradable (Angerosa et al., 2004; Servili et al., 2009). Además, las altas temperaturas en la etapa de batido hacen activar la vía de conversión de los aminoácidos, produciendo grandes cantidades de 2-metil-butanal y 3-metilbutanal, pero sin la acumulación de los correspondientes alcoholes relacionados al defecto moho. El análisis sensorial de los correspondientes AOEVs pone en evidencia un debilitamiento del típico atributo 'verde' con la prolongación del tiempo de batido, y de todas las notas sensoriales cuando se aplican altas temperaturas durante el batido (Angerosa et al., 2004; Servili et al., 2009b).



CAPITULO 3
OBJETIVOS

3. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar físico-química y sensorialmente los aceites de oliva vírgenes del cultivar de olivo Arbequina teniendo en cuenta diversos factores ambientales, agronómicos y tecnológicos.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudiar la influencia de las condiciones ambientales de las diferentes localidades de cultivo de la provincia de San Juan (Argentina) sobre los principales parámetros físico-químicos reglamentados que determinan la calidad del aceite de oliva del cv. Arbequina.

2. Evaluar la composición físico-química del aceite de oliva del cv. Arbequina en función de la fecha de recolección y su procedencia geográfica en el gradiente latitudinal de cultivo a nivel nacional.

3. Estudiar el impacto del uso de un coadyuvante tecnológico sobre el rendimiento industrial y algunos aspectos cualitativos durante el proceso de obtención del aceite de oliva del cv. Arbequina.



CAPITULO 4
MATERIALES Y MÉTODOS

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 OBJETIVO 1: Estudiar la influencia de las condiciones ambientales de las diferentes localidades de cultivo de la provincia de San Juan (Argentina) sobre los principales parámetros físico-químicos reglamentados que determinan la calidad del aceite de oliva del cv. Arbequina.

4.1.1 Localización de los sitios de cultivo

El estudio se llevó a cabo durante cinco ciclos de cultivo consecutivos (2006/07, 2007/08, 2008/09, 2009/10 y 2010/11), en tres plantaciones de olivo (*Olea europaea* L.) cv. Arbequina, ubicadas en los departamentos de Pocito, San Martín y Sarmiento pertenecientes a la provincia de San Juan. En todos los sitios de estudio, las plantas utilizadas tuvieron una edad aproximada de 10 años y se encontraron en un marco de plantación de 6 x 4 m. A continuación, en la Tabla VI se resumen los datos de georeferenciación de cada uno de los sitios de muestreo.

4.1.2 Caracterización climática de los sitios de cultivo

Los registros climáticos fueron tomados de las bases de datos de las Estaciones Meteorológicas de Pocito (INTA, EEA San Juan), de la Estación Meteorológica del Campo Anexo San Martín (INTA, EEA San Juan) y de la Escuela Agrotécnica Sarmiento (Ministerio de Educación Provincial, Rama Técnica).

Tabla VI: Datos de referencia geográfica de los distintos sitios de muestreo pertenecientes a la provincia de San Juan, Argentina.

Puntos de muestreo	Departamentos de la Pcia. de San Juan	Latitud (S)	Longitud (O)
R1	Pocito	-31,654633	-68,587776
R2	Pocito	-31,634910	-68,589721
R3	Pocito	-31,648240	-68,521943
R1	San Martín	-31,525098	-68,397509
R2	San Martín	-31,529570	-68,371640
R3	San Martín	-31,536668	-68,371347
R1	Sarmiento	-32,028701	-68,370872
R2	Sarmiento	-32,011440	-68,368804
R3	Sarmiento	-31,019238	-68,358387

4.1.3 Diseño del muestreo de frutos

Durante las cinco campañas de estudio (2007 - 2011), y desde el comienzo hasta la finalización del período de desarrollo y maduración de los frutos (desde mediados de diciembre hasta mediados de abril), en cada localidad de estudio, se seleccionaron otros tres subsitios de estudio con características similares (riego, modelo de plantación, antigüedad del olivar, etc.). En los mismos, se tomaron muestras de frutos de distintos ejemplares (n = 10; unidades experimentales), los cuales presentaron semejanzas en sus niveles de carga. La recolección de los frutos se realizó

de manera aleatoria y en forma manual, a intervalos de aproximadamente 20 días, tomándolos en las cuatro orientaciones de los árboles. En cada fecha se obtuvieron tres repeticiones, descartándose aquellos frutos que presentaron defectos como golpes, rajaduras, síntomas visuales de contaminación microbiológica, etc.

4.1.4 Obtención del aceite de oliva a partir de los frutos

Los frutos seleccionados se lavaron con agua corriente y se destinaron a la extracción de los aceites mediante un equipo *Oliomio Spremoliva* de carga vertical, el cual permitió procesar 10 kilos de fruta por *bach*. Previamente, se realizó la trituración – molienda en un molino a martillo (capacidad de molienda: 10 kg), seguida de un proceso de batido de la pasta durante 45 minutos a una temperatura ambiente. Finalmente el aceite fue centrifugado a 3500 rpm, y se conservó a – 10 °C, en oscuridad, hasta el momento de su análisis.

4.2 OBJETIVO 2: Evaluar la composición físico-química del aceite de oliva del cv. Arbequina en función de la fecha de recolección y su procedencia geográfica en el gradiente latitudinal de cultivo a nivel nacional.

4.2.1 Localización de los sitios de estudio

El estudio se llevó a cabo durante tres ciclos de cultivo (2007, 2008, 2010), en plantaciones de olivo (*Olea europaea* L. cv. Arbequina),

ubicadas en las siguientes provincias: Dpto. Cruz del Eje (provincia de Córdoba), Dpto. Pocito (provincia de San Juan), Dpto. Lavalle (Mendoza), Dpto Arauco (La Rioja), Dpto Pomán (Catamarca), Dpto. Capital (Catamarca).

4.2.2 Caracterización climática de los sitios de cultivo

Los registros climáticos fueron obtenidos por las Estaciones Meteorológicas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ubicadas en los distintos sitios de estudio mencionados.

Como puede observarse en la Tabla VII, no todas las localidades se encuentran a la misma altitud. Mientras que el Valle Central de Catamarca y Cruz del Eje de Córdoba se encuentran entre 400 y 500 m, el valle de Tulúm (San Juan) está a 620 m, las fincas de Pomán y Arauco de Catamarca y La Rioja, respectivamente, están a aproximadamente a 900 m, así como la finca del Dpto. de Lavalle en Mendoza, lo cual provoca importantes diferencias climáticas, a pesar de encontrarse en latitudes similares. En términos generales, se observa que las localidades ubicadas más al norte (especialmente Catamarca y La Rioja) presentan registros de temperaturas medias anuales superiores comparados con aquellos de las localidades meridionales. En relación a las precipitaciones medias anuales, la mayoría de las localidades presentan registros que rondan los 100 mm, exceptuando el Valle Central de Catamarca y Cruz del Eje en Córdoba (aproximadamente 400 y 600 mm, respectivamente). De esta manera, en las regiones con escasas precipitaciones las principales actividades agrícolas son llevadas a cabo bajo riego (olivo, vid, nogal, jojoba y, en menor cantidad, otros frutales, hortalizas y aromáticas). En el caso de las provincias de San Juan y Mendoza su actividad agrícola se centra en la

vid. Aunque los frutales de hueso y pepita y las hortalizas tuvieron una gran expansión en estas dos provincias, la olivicultura se ha convertido en la actualidad en la segunda actividad agrícola en San Juan.

Tabla VII. Parámetros meteorológicos registrados por las distintas Estaciones meteorológicas del INTA ubicadas en los sitios de estudio, durante los ciclos de cultivo (2007 - 2010).

Localidad	Altitud (msnm)	Temperatura media anual (°C)	Humedad relativa media anual (%)	Precipitación media anual (mm)	Latitud	Longitud
Catamarca (Dpto. Pomán)	859	19,9	44,4	121,7	28° 17´	66° 15´
Catamarca (Dpto Capital, Valle Central)	354	21,9	55,2	397,5	28° 51´	65° 48´
La Rioja (Dpto. Arauco, Mazán)	930	19,7	50,6	54,9	28° 32'	66° 49'
Córdoba (Dpto. Cruz del Eje)	500	18,9	62,6	601,3	30° 48´	65° 06´
San Juan (Dpto. Pocito)	618	17,7	53,8	95,1	31° 37`	68° 32`
Mendoza (Dpto. Lavalle)	900	16,4	47,3	180,1	32° 43´	68°36´

4.2.3 Muestreo de frutos por fecha de cosecha

La toma de muestras se realizó según lo indicado en el apartado 4.1.3 "Diseño de muestreo de frutos". Los ensayos fueron realizados durante tres campañas de producción, a saber: 2007, 2008 y 2010. Cabe aclarar que en el año 2009 se registró un nivel bajo de carga frutal, en todas las localidades, con lo cual no fue considerado en el análisis. Durante los años de producción mencionados se realizaron cinco muestreos de frutos, los cuales fueron categorizados de la siguiente manera: momento de muestreo temprano, intermedio y tardío. Los mismos se corresponden con las siguientes fechas, a saber: desde mediados de marzo a principios de abril (temprano), desde mediados de abril a principios de mayo (intermedio) y desde mediados de mayo a principio de junio (tardío). En la primera fecha, se determinaron sólo el contenido de aceite e índice de madurez de los frutos recolectados. Los rangos de índice de madurez encontrados para cada momento de muestreo durante las campañas de producción fueron los siguientes: 1,4 - 3 (temprano), 2,9 - 4,2 (intermedio) y 2,6 - 5,4 (tardío). Solamente en el año 2010, los tres momentos de muestreo presentaron valores muy similares de índice de madurez de los frutos, registrándose valores entre 1,2 y 1,4. En las dos fechas restantes, además de la determinación de los anteriores parámetros también se llevó a cabo la elaboración del aceite de oliva.

4.2.4 Obtención de aceite de oliva a partir de frutos

En el caso de San Juan, la obtención de aceite a partir de los frutos se llevó a cabo de manera similar a lo reseñado en el apartado 4.1.4 "Obtención de aceite de oliva a partir de frutos"; mientras que en los restantes casos la misma fue realizada en el laboratorio de aceites del INTA - EEA Catamarca. Este laboratorio cuenta con un equipo *Oliomio 50*,

el cual permite procesar 20 kilos de fruta por *bach*. De manera similar, primero se realizó la trituración – molienda en un molino a martillo (capacidad de molienda: 50 kg/hora), seguida de un proceso de batido de la pasta durante 45 minutos a temperatura ambiente. Finalmente el aceite fue centrifugado a 3500 rpm. Todos los aceites obtenidos se conservaron a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, en oscuridad, hasta el momento de su análisis.

4.3 OBJETIVO 3: Estudiar el impacto del uso de un coadyuvante tecnológico sobre el rendimiento industrial y algunos aspectos cualitativos durante el proceso de obtención del aceite de oliva del cv. Arbequina

4.3.1 Diseño del muestreo de frutos

Se recolectaron frutos a partir de olivares implantados en la Estación Experimental Agropecuaria INTA San Juan, los cuales poseen una edad aproximada de 8 años y se encuentran dispuestos en un marco de plantación de 6 x 4 m. Se tomaron lotes de frutos durante tres días consecutivo de cosecha ($n= 3$). Cada lote se dividió en 5 sublotes para lograr implementar los tratamientos de dosificación del coadyuvante denominado talco (control 0%; tratamientos con talco al 0,75; 1,5; 2,0 y 3,0 % peso/peso).

4.3.2 Obtención de aceite de oliva a partir de los frutos

Los aceites fueron elaborados utilizando el equipo *Oliomio 200* perteneciente al INTA – EEA San Juan, que consta de los cuatro elementos

básicos utilizados a nivel industrial, a saber: lavadora, molino de martillos, termobatidora y centrífuga.

Los tratamientos implementados consistieron en el agregado de talco (AC-40, talco micronizado), el cual posee un tamaño medio de partícula igual a 7,6 μm (Sedigraph 5100) durante el inicio del proceso de amasado (duración total: 1 h). La temperatura de amasado se mantuvo siempre constante (30°C) y no se realizó agregado de agua durante el proceso. En función de los tratamientos establecidos, se tomaron muestras tanto de aceituna como de los respectivos aceites para ser analizados posteriormente en laboratorio.

4.4 **MATERIAL VEGETAL:** frutos

4.4.1. Índice de Madurez

Para determinar el índice de madurez se utilizó la metodología propuesta por Beltrán et al. (2008). Los frutos se clasificaron en las 8 clases o categorías que se detallan a continuación (Figura 3):

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.

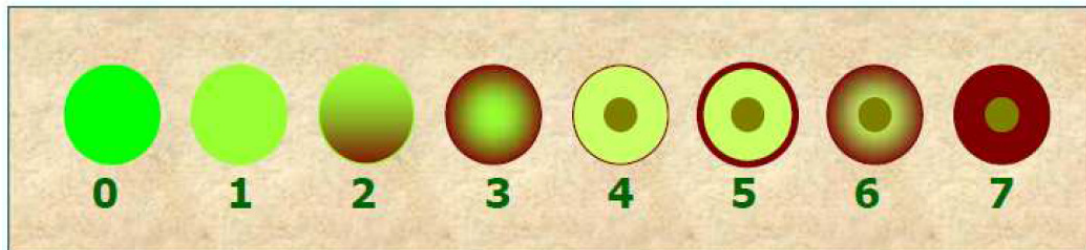


Figura 3. Escala de coloración de los frutos, clasificación por clase desde 0 al 7, desde piel verde intenso a totalmente morado (Torres et al., 2011).

El índice de madurez (IM) se obtuvo en base a la siguiente fórmula:

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

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.

4.4.2 Humedad de las aceitunas

De cada lote de frutos se seleccionó aleatoriamente una muestra de 60 g la cual se trituró en molino de cuchillas de acero inoxidable. Luego, de este material se determinó el porcentaje de humedad (estufa, 105 °C, peso seco constante) (Norma UNE 55-020-73).

La humedad de la pasta se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$H = \frac{P_h - P_s}{P_m} \times 100$$

P_m

siendo,

H: Humedad de la pasta (%)

Ph: Peso inicial de la cápsula con la muestra (g)

Ps: Peso final de la cápsula con la muestra desecada (g)

Pm: Peso de la muestra (g)

4.4.3 Contenido de aceite

Cada lote de frutos deshidratados en estufa se utilizó para la obtención de aceite, mediante extracción continua sólido-líquido en equipo Soxhlet, durante 6 horas, empleando éter etílico como disolvente. El contenido de aceite se cuantificó por diferencia de pesos previo y posterior a la extracción y se expresó como porcentaje de materia grasa en base seca (% BS) y porcentaje de materia grasa en base húmeda (% BH) (Norma UNE 55030), teniendo en cuenta las siguientes fórmulas:

$$CMG (BH) = \frac{(P2 - P1)}{P} \times 100$$

P: Peso inicial de masa sin desecar

P1: Peso de matraz

P2: Peso del matraz + grasa

$$CMG (BS) = \frac{\% BH \times 100}{(100-H)}$$

4.5 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD

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 (Torres et al., 2011). A continuación se resumen los principales métodos que se emplearon para esta finalidad.

4.5.1 Grado de acidez libre (GA)

Este parámetro indica el contenido de ácidos grasos libres en el aceite (expresados como ácido oleico) y resulta muy importante para la clasificación y comercialización del producto (Torres et al., 2011).

Se pesaron 20 g de aceite, con una aproximación de 0,01 g, y se colocaron en un erlenmeyer de 250 ml. El aceite se disolvió en una mezcla

de 10 ml de etanol desnaturalizado, 10 ml de éter etílico y 0,3 ml de solución de fenolftaleína (1 % p/v). El grado de acidez (GA) del aceite se obtuvo al titular esta mezcla con una solución etanólica de KOH (0,1 N) y se expresó como porcentaje (p/p) de ácido oleico (ISO 660:2009) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$GA = (V \times PM \times N) / (10 \times g \text{ de aceite})$$

Donde:

V = ml de solución etanólica de KOH utilizados para la titulación.

PM = peso molecular del ácido oleico.

N = normalidad de la solución de KOH.

4.5.2 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 O₂/kg de aceite) (Torres et al., 2011).

Se pesaron 5 g de aceite con una aproximación de 0,05 g en un erlenmeyer de 250 ml. Se agregaron 50 ml de solución de iso-octano: ácido acético (10:15 v/v) y se agitó vigorosamente hasta disolución. Se adicionaron 0,5 ml de solución saturada de yoduro de potasio, se agitó y luego se dejó en reposo en oscuridad durante 1 minuto. Posteriormente, se agregaron 30 ml de agua destilada y se tituló, agitando continuamente,

con solución 0,1 N de tiosulfato de sodio hasta desaparición del color amarillo. Se agregaron 0,5 ml de solución de almidón (1 %, p/v) y se continuó titulando hasta desaparición del color azul. El índice de peróxidos se expresó como miliequivalentes de oxígeno / kg aceite y se calculó en base a la siguiente ecuación:

$$IP = (S \times N^* \times 1000) / (\text{peso de aceite})$$

Donde:

S = ml de solución de tiosulfato de sodio consumidos

N* = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

* Cuando se utilizaron menos de 0,5 ml de solución 0,1 N, se repitió la determinación con solución 0,01 N.

4.5.3 Coeficientes 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 la autooxidación del ácido linoleico representa el 97 % de los peróxidos formados (Figura 4) (Torres et al., 2011).

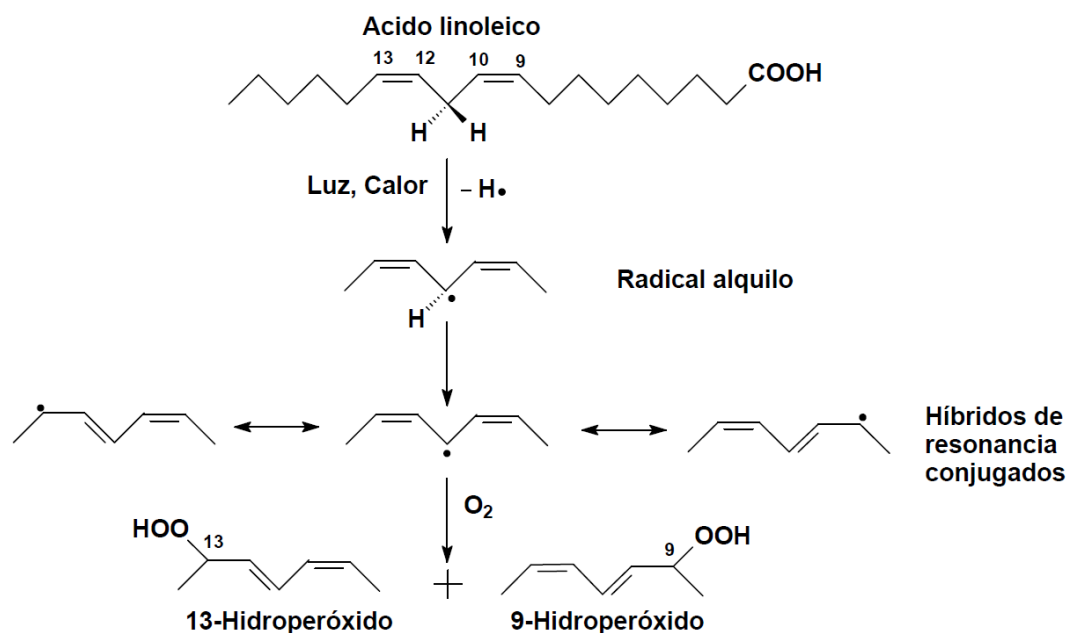


Figura 4. Descomposición del ácido graso linoleico

La absorbancia del aceite determinada 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 medidas 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 (Torres et al., 2011).

Para la determinación de este parámetro, se pesaron 0,25 g de aceite con una aproximación de 0,01 g y se colocaron en un matraz aforado de 25 ml. El volumen final se completó con isooctano de calidad espectrofotométrica. La solución resultante se homogeneizó y una alícuota de la misma se midió a 232, 266, 270 y 274 nm, utilizando el disolvente puro como referencia. Cuando los valores de extinción específica obtenidos no estuvieron comprendidos en el intervalo entre 0,1 y 0,8; se realizaron nuevas determinaciones utilizando soluciones más concentradas o más diluidas según el caso (COI/T.20/Doc. No 19).

La determinación de la variación de la extinción específica (ΔK) se define del siguiente modo:

$$\Delta K = K_m - \left[\frac{K_{m-4} - 4 + K_{m+4} + 4}{2} \right]$$

Donde:

K_m es la extinción específica a la longitud de onda m , longitud de onda de máxima absorción alrededor de 270 nm.

4.5.4 Composición de ácidos grasos

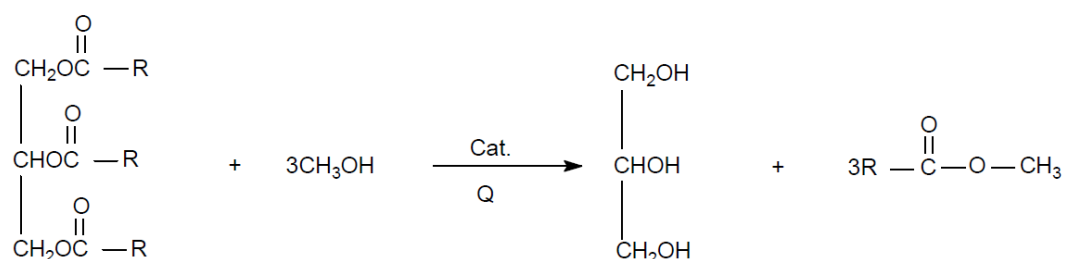
El conocimiento de la composición en ácidos grasos del aceite de oliva, tanto cualitativa como cuantitativamente, ha sido siempre un tema de gran interés debido a su importancia en los trabajos de caracterización y detección de posibles adulteraciones del aceite de oliva. Debido a esto, se

han desarrollado diversos procedimientos para aislar y derivatizar estos compuestos (Torres et al., 2011).

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 y 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 triacilglicerolos) y fosfátidos. También pueden formar ésteres con alcoholes grasos de estructura lineal (ceras) o terpénica (ésteres de terpenos y ésteres de esteroides) (Torres et al., 2011).

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 (Torres et al., 2011; Montedoro et al., 1992).

La reacción que tiene lugar es la siguiente:



Este método rápido es aplicable a los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva con un contenido en ácidos grasos libres inferior al 3,3 %. Los ésteres metílicos se forman por la transesterificación con una solución

metanólica de hidróxido potásico como una fase intermedia antes de que se produzca la saponificación.

Para la determinación de este parámetro, el procedimiento se llevó a cabo colocando aproximadamente 0,1 g de la muestra de aceite en un tubo roscado de 5 ml. Luego, se añadió 2 ml de heptano y se procedió a la agitación. Posteriormente, se agregó 0,2 ml de una solución de hidróxido de potasio 2 N en metanol, agitándose durante 30 segundos. Finalmente, se decantó la solución y recuperó la fracción superior que contiene los ésteres metílicos. Esta mezcla de ésteres metílicos de ácidos grasos se analizó en una columna de fase Supelcowax, de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μ de espesor de fase. Se empleó nitrógeno como gas portador (1 mL/min) a una temperatura de horno programada desde 180 hasta 220 °C (2 °C/min) manteniendo las temperaturas de inyector y detector (FID) a 250 °C. Los ácidos grasos se identificaron por comparación de sus tiempos de retención relativos con respecto a patrones corridos bajo idénticas condiciones (COI/T.20/Doc.No 28/Rev.2). El contenido de cada uno de los ácidos grasos identificados se expresó como valor porcentual en relación al contenido total de los mismos.

4.5.5 Contenido total de sustancias fenólicas

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 (Torres et al., 2011). 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 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 (Torres et al., 2011).

La determinación de los fenoles totales se realizó de acuerdo con el método descrito por Montedeoro et al. 1992. Una alícuota de 40 g de material (aceite) se sometió a agitación continua durante 15 minutos en oscuridad, con 20 mL de metanol: agua (80 : 20 v/v). Esta operación se repitió tres veces, con la posterior centrifugación y recuperación del sobrenadante. Finalmente, cada alícuota del extracto fenólico recuperado, se homogeneizó y se destinó (0,2 ml, volumen final) para la determinación colorimétrica con el reactivo de Folin-Ciocalteu mediante lectura espectrofotométrica a 725 nm. La concentración se calculó a partir de una curva de calibración construida con concentraciones conocidas de ácido cafeico, expresándose finalmente los valores como mg ácido cafeico/kg de aceite.

4.5.6 Estabilidad oxidativa

La estabilidad frente a la termo-oxidación proporciona una buena estimación de la susceptibilidad del aceite a la degeneración oxidativa, que conduce fundamentalmente a su enranciamiento (Nissiotis y Tasioula-Margari, 2002).

Para determinar este parámetro, se evaluó el periodo de inducción de los aceites mediante el método oficial con el equipo Rancimat (AOCS Method

Cd 12b-92) utilizando 2,5 g de aceite para cada determinación. Los ensayos se llevaron a cabo a 110 °C con un caudal de aire de 20 l/h. El resultado final se expresó en horas.

4.5.7 Análisis Sensorial de los aceites

Se realizó un análisis sensorial de los aceites obtenidos (Objetivo 3) mediante el método establecido por el COI (COI/T.20/DOC. 15. Evaluación organoléptica del aceite de oliva virgen). El mismo fue llevado a cabo por el Panel de Cata de la Universidad Católica de Cuyo, CRESA, el cual se encuentra homologado en la actualidad por el COI.

4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

La base informática utilizada fue el programa INFOSTAT versión 1,1 (Di Rienzo et al. 2009). En cada una de las variables estudiadas se realizó en forma independiente el Análisis de varianza (ANAVA) entre sitios de estudio (Objetivo 1 y 2), épocas de cosecha (Objetivo 2) y tratamientos con talco (Objetivo 3). Asimismo se realizó un ANAVA con interacción entre las fuentes de variación fecha de cosecha y año de producción. En aquellos casos en donde se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$), se utilizó un test a posteriori de comparaciones múltiples (LSD).

Para establecer correlaciones entre las variables analizadas se empleó el test de Pearson. En estos casos la significancia estadística fue $p \leq 0,05$. También se realizó análisis multivariado (componentes principales) para establecer relaciones entre las condiciones ambientales de los sitios de estudio y los parámetros estudiados.



CAPITULO 5
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Los registros de las variables climáticas de los cinco años de ensayo se muestran a continuación en la Tabla VIII. Como se observa, las temperaturas máximas medias y las temperaturas máximas absolutas estivales presentaron diferencias significativas entre las localidades estudiadas. El valor medio más alto de estas temperaturas se evidenció en la localidad de San Martín, como así también la máxima amplitud térmica. Con respecto a la sumatoria de horas frío ($\leq 7^{\circ}\text{C}$), la localidad Pocito presentó el menor valor medio (1017 h) con respecto a los otros dos sitios de estudio. Por otra parte, el año con la mayor acumulación de horas frío fue el 2008 en las tres localidades.

Las precipitaciones en las localidades de Pocito y San Martín no presentaron diferencias significativas entre sí, pero sí con respecto a Sarmiento. En este sentido, los registros de las precipitaciones en Sarmiento fueron tres veces superiores a las restantes localidades.

Gomez del Campo et al. (2010), utilizaron diversas variables ambientales para comparar tres localidades olivícolas de España (Sevilla, Ubeda y Toledo) con otras tres regiones de Argentina (Catamarca, La Rioja y Chilecito), evidenciándose que la sumatoria de horas frío anuales es el parámetro más significativo para diferenciar las condiciones ambientales de tales regiones.

De los datos informados en la Tabla IX, se pudo constatar que, entre las campañas estudiadas, el rendimiento de aceite sobre base seca presentó escasas diferencias en cada una de las localidades bajo estudio. Asimismo, todos los sitios de estudio presentaron valores muy similares de este parámetro, registrándose en Sarmiento los valores más bajos.

Numerosos estudios han demostrado que la concentración y composición de sustancias fenólicas del fruto del olivo son muy variadas y dependen de múltiples factores, destacando el genotipo y factores agronómicos tales como el estado de maduración de la oliva y las condiciones agroclimáticas de la zona de producción, especialmente el régimen hídrico (Pierantozzi et al., 2014; Tovar et al., 2003; Vinha et al., 2005; Tura et al., 2007; Uceda et al., 2008; Torres et al., 2009; Caruso et al., 2014; Bodoira et al., 2012). En relación al genotipo y a las concentraciones encontradas en los aceites, Uceda et al. (2008) informaron variaciones cuantitativas muy marcadas (desde 100 hasta 1200 mg/kg aceite). Se debe notar, sin embargo, que dichas variaciones muchas veces se deben a las condiciones empleadas para la obtención del aceite por lo que el contenido de fenoles en el mismo no siempre se correlaciona con la concentración presente en el fruto (Salvador et al. 1998, Torres et al., 2006). 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 35,8 – 167,1 ppm durante los ciclos de cultivo y localidades estudiados. El año de cultivo fue la principal fuente de variación, explicando el 58,26 % de la variabilidad total encontrada (Tabla X).

Como se ha mencionado anteriormente, la concentración de compuestos fenólicos en el fruto del olivo presenta un marcado efecto estacional y climático. Los aceites de la var. Arbequina cultivada en San Juan presentan un contenido de fenoles totales que se encuentra dentro del rango de valores registrados para aceites de 'Arbequina' de las regiones de Cataluña y Aragón (150-300 mg/kg) (Tous et al., 1997).

Tabla VIII. Temperaturas máxima media estival (desde el 22 de diciembre al 21 de marzo; Tmax md est), máxima absoluta (Tmáx abs) anuales (°C), amplitud térmica media (At md), amplitud térmica máxima (At max), Sumatoria de horas de frío $\leq 7^{\circ}\text{C}$ y precipitación anual (mm) durante los ciclos de cultivo analizados correspondientes a las tres localidades de la provincia de San Juan, Argentina.

Localidad	Año	T.max. md. Est.	T.máx. abs.	At. Md.	At. Max.	Sum. Horas Frío $\leq 7^{\circ}\text{C}$	Precipitación anual
Pocito	2007	33,2	41,1	13,9	28,2	781	79
Pocito	2008	31,2	40,0	12,4	25,9	1210	96
Pocito	2009	33,2	40,7	14,8	29,1	1064	60
Pocito	2010	33,2	41,9	13,9	29,0	925	56
Pocito	2011	31,7	39,3	14,0	30,6	1106	126
	<i>Promedio</i>	32,5^B	40,6^B	13,8^A	28,6^A	1017^A	83^A
San Martin	2007	35,9	45,6	16,6	32,2	883	78
San Martin	2008	32,6	41,1	14,6	28,9	1589	112
San Martin	2009	35,7	43,2	17,7	32,5	1364	63
	<i>Promedio</i>	34,7^C	43,3^C	16,3^B	31,2^B	1279^B	84^A
Sarmiento	2007	30,6	39,0	13,0	31,0	1172	269
Sarmiento	2008	28,6	38,5	12,1	29,0	2157	338
Sarmiento	2009	31,2	40,0	14,1	29,5	1290	142
Sarmiento	2010	31,7	39,5	13,8	29,0	1355	153
Sarmiento	2011	31,8	39,5	13,4	31,5	1076	222
	<i>Promedio</i>	30,8^A	39,3^A	13,3^A	30,0^B	1410^B	286^B

Las letras A, B y C indican diferencias estadísticamente significativas entre localidades independientemente de la campaña de producción ($p \leq 0,05$).

Los aceites objeto del presente estudio contienen un valor promedio de 74,8 mg/kg. Por su parte, Alderete Salas et al. (2004) informan valores medios próximos a 85 mg/kg en aceites de Arbequina del 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 su parte, Ceci et al. (2017) registraron valores medios de contenido de fenoles totales comprendidos entre 70 y 194 mg/kg para índices de madurez de fruta entre 1,62 y 5,22. Asimismo, cabe mencionar que según Uceda et al. (2008), clasifican a los aceites monovarietales de 'Arbequina' en la categoría de bajo contenido de compuestos fenólicos totales por presentar valores entre 150–300 mg/kg.

Por otra parte, el mayor contenido de fenoles en las localidades de Pocito y Sarmiento se alcanzó en la campaña 2011, mientras que en San Martín se observó en la campaña 2009. Posiblemente, la influencia del ambiente explique estas diferencias, como así también el aumento observado en las campañas 2009 y 2011. En estos años 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 115 mm y 138 mm respectivamente. En ese mismo periodo, de los años 2007 y 2008 (años de bajo contenido en fenoles totales), se registraron 215 y 288 mm de precipitaciones, respectivamente. 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.

Como es conocido, este grupo de compuestos es responsable en gran medida de la estabilidad de los aceites de oliva. Con respecto a este último parámetro, los aceites analizados se caracterizaron por presentar bajos tiempos de inducción (3,45 – 7,70 horas, Tabla IX), confirmando así que los aceites de 'Arbequina' son inestables frente a la termo-oxidación. Estos valores resultan similares a los obtenidos por Ravetti (1999) quien informó un rango

comprendido entre 2,8 y 3,9 h, pero inferiores a los informados por Ceci et al. (2017) que encontraron valores medios iguales a 12,4 h.

En la Tabla IX se detallan los porcentajes de los principales ácidos grasos (palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico) de los aceites analizados. En este estudio, se observaron variaciones significativas entre las campañas de producción para cada localidad, siendo el año de cultivo la principal fuente de variabilidad para los ácidos grasos esteárico; encontrándose también diferencias entre localidades para los ácidos palmítico, palmitoleico oleico, linilénico y linoleico. En relación al año de producción, las diferencias más notables se observaron en la campaña 2011 en la cual se produjo un aumento significativo en el contenido de ácido oleico y una disminución en el ácido linoleico. Por otra parte, las concentraciones de ácido linolénico se mantuvieron constantes a lo largo de todas campañas de producción. En consecuencia, los aceites de la campaña 2011 resultaron con los índices más altos de EO. Asimismo, se registraron algunos valores de ácidos grasos inferiores (oleico) y superiores (palmítico, palmitoleico y linoleico) para la categoría virgen extra según la normativa establecida por el COI (Tabla IX, Figura 5) (COI/T.15/NC No 3/Rev. 11).

El contenido de ácido oleico en el aceite del cv. Arbequina es altamente variable en función del ambiente de cultivo. La producción de aceite de la var. Arbequina en España proviene principalmente de la región de Cataluña. Como ya se ha mencionado, 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, 2001). La concentración final obtenida en San Juan (58,3 %) se encuentra dentro del rango encontrado por Ceci et al. (2017) para aceites sanjuaninos (53,9 -62,6 %); mientras que este registro es superior al valor promedio reportado por

Rondanini et al. (2011) en seis ambientes de cultivo de la región NO (provincias de La Rioja y Catamarca) de Argentina. No obstante, en otros estudios realizados a partir de muestras procedentes de la provincia de Catamarca, se han encontrado valores inferiores al 50 % (Ravetti, 1999, Mannina et al., 2001; Matías et al., 2004; Alderete Salas et al., 2004, Dalla Lasta, 2006; Ceci y Carelli, 2007. Por su parte, Torres y Maestri (2006), citan valores de alrededor del 63 % en cultivos localizados en el Valle de Traslasierra (Córdoba), mientras que Bodoira (2015) menciona registros medios de aproximadamente 61 % para las localidades de Cruz del Eje y San Martín (Córdoba y San Juan, respectivamente), los cuales resultan similares a los obtenidos a partir del cultivo de esta variedad en el norte de África (Essori et al., 2014; Haddam et al., 2014).

De esta manera, se confirma el supuesto de que la composición de ácidos grasos del aceite de oliva no sólo es fuertemente dependiente del genotipo, sino también por el ambiente de cultivo (Uceda et al. 2008). Estudios realizados en la cuenca mediterránea dan cuenta de variaciones importantes de la calidad de los aceites entre ciclos de cultivo (Lombardo et al., 2008; Beltrán et al., 2004) y localidades (Tous y Romero, 1994) que pueden ser atribuidos a diferencias climáticas. Al analizar específicamente la concentración de ácido oleico, se ha observado que generalmente decrece en condiciones de menor latitud y altitud, tanto en España (Tous et al., 1997) como en Italia (Orlandi et al., 2012). Estas observaciones se correlacionan con los resultados obtenidos en nuestras zonas de producción de olivo del hemisferio sur (particularmente Argentina y Australia), donde los aceites suelen tener bajos porcentajes de ácido oleico (<55 %), y elevadas concentraciones de los ácidos palmítico (>16 %) y linoleico (>21 %) (Torres et al., 2009; Rondanini et al., 2011; Mailer et al., 2010; Conde et al., 2008).

La tendencia opuesta entre las concentraciones de los ácidos oleico y linoleico, está ampliamente documentada en lípidos de reserva de semillas (Maestri et

al., 1998; Martínez y Maestri, 2008; Werteker et al., 2010), y también se observa claramente en el fruto del olivo (De la Rosa et al., 2013; Rondanini et al., 2014; Bodoira et al., 2015, 2016). Al considerar los datos conjuntos de las localidades y campañas de producción, la evolución de las concentraciones de ambos ácidos grasos se ajusta a una regresión lineal con un valor de R^2 igual a 0,96 (Figura 5). Cuando se relacionan las concentraciones obtenidas durante todos los años de producción y zonas, se obtiene un coeficiente de correlación negativo, altamente significativo ($p \leq 0,001$), igual a $-0,98$. Asimismo, se puede observar que casi el 33 % de las muestras de aceites de oliva analizadas no cumplen con la normativa de calidad del COI en relación a estos dos compuestos.

Con respecto a los ácidos grasos saturados y poliinsaturados, los aceites de la provincia de San Juan se caracterizaron por un mayor contenido de los mismos, en particular de los ácidos palmítico y linoleico, con respecto a los aceites españoles (Torres y Maestri, 2006; Ceci et al., 2017). De esta manera, también resultó influenciada la relación entre los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (AGMI/AGPI), siendo ésta significativamente menor que en los aceites españoles (Torres y Maestri, 2006; Ceci et al., 2017). Particularmente, la localidad de San Martín presentó los valores más bajos de este parámetro comparado con los restantes sitios de estudio (Tabla IX).

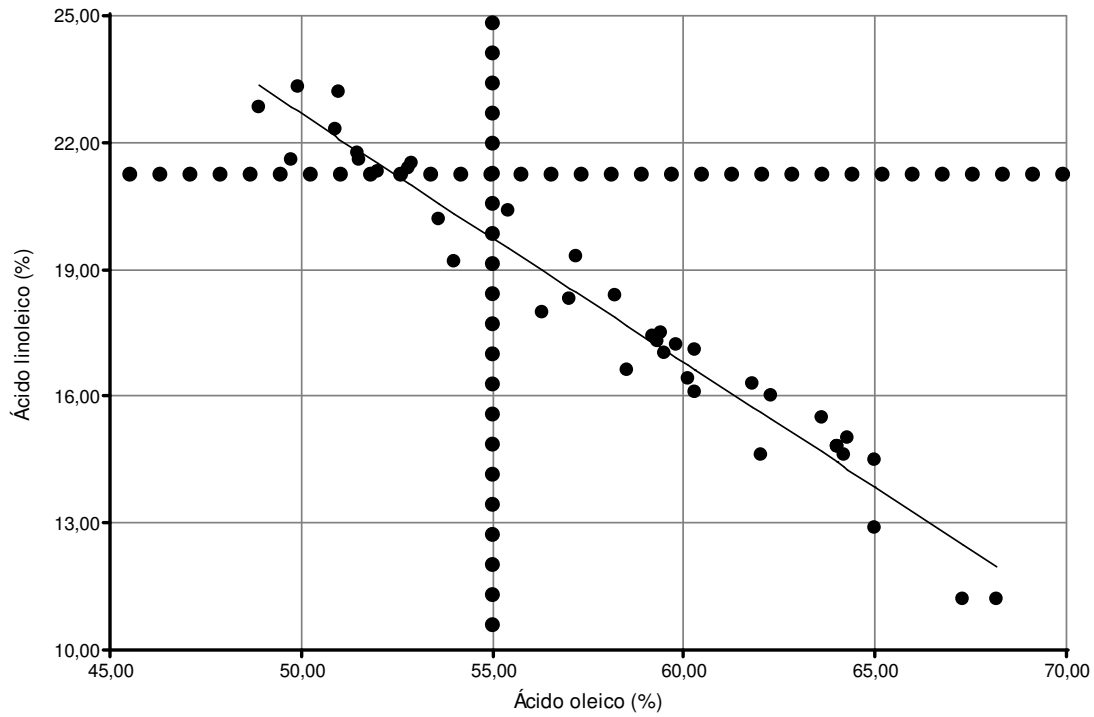


Figura 5. Correlación entre los ácidos grasos oleico y linoleico.

Las líneas de puntos de puntos representan los valores mínimos y máximos permitidos por el Consejo Oleícola Internacional para oleico y linoleico, respectivamente.

Tabla IX. Contenido de materia grasa (CMG), fenoles totales (FT), ácidos grasos, estabilidad oxidativa (EO) y relación monoinsaturados/poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites de oliva del cv. *Arbequina* procedente de las tres localidades de la provincia de San Juan, Argentina durante los ciclos de cultivo analizados.

Localidad	Ciclo de cultivo	CMG (% base seca)	FT (ppm)	EO (h)	Palmítico	Palmitoleico	Estéarico	Oleico	Linoleico	Linolénico	AGMI/AGPI
Pocito	2007	39,5 bc	49,5 a	3,73 a	20,64 c	3,88 c	1,48 a	50,03 a	22,07 b	0,88 bc	2,33 a
Pocito	2008	43,5 c	46,1 a	4,46 ab	17,63 a	2,93 abc	1,50 a	57,97 b	18,37 a	0,70 a	3,27 b
Pocito	2009	39,5 bc	90,2 b	5,07 b	19,50 bc	3,17 bc	1,60 a	51,50 a	22,23 b	0,93 c	2,40 a
Pocito	2010	35,7 b	78,5 Ab	4,50 ab	18,20 a	2,77 ab	1,67 ab	57,10 b	18,30 a	0,77 ab	3,20 b
Pocito	2011	36,8 a	167,1 c	7,70 c	18,57 ab	2,07 a	1,90 b	59,17 b	16,50 a	0,70 a	3,63 b
Promedio		39,0 B	86,3 A	5,1 A	18,9 B	3,0 B	1,6 A	55,2 A	19,5 B	0,8 B	3,0 A
San Martín	2007	38,6 bc	50,6 a	3,45 A	20,13 c	3,25 c	1,49 a	51,47 a	21,73 b	0,90 b	2,47 a
San Martín	2008	40,3 c	46,4 a	4,44 ab	17,23 a	2,37 a	1,60 a	59,43 b	17,57 a	0,73 a	3,43 b
San Martín	2009	38,6 bc	86,8 b	5,27 b	19,50 b	2,77 b	1,57 a	54,00 a	20,30 b	0,83 b	2,73 a
Promedio		39,1 B	61,3 A	4,4 A	19,0 B	2,8 B	1,6 A	55,0 A	19,9 B	0,8 B	2,9 A
Sarmiento	2007	38,7 bc	48,6 a	3,98 a	15,40 a	2,00 b	1,60 a	64,30 bc	15,00 b	0,67 a	4,30 b
Sarmiento	2008	39,2 c	35,8 a	4,62 ab	15,90 a	1,90 b	1,60 a	64,00 b	14,80 b	0,70 a	4,30 b
Sarmiento	2009	38,7 bc	97,7 b	5,40 b	17,33 a	2,03 b	1,67 a	60,40 a	16,83 c	0,70 a	3,60 a
Sarmiento	2010	36,6 b	75,7 ab	4,43 ab	16,97 a	1,77 b	1,70 a	62,10 ab	15,67 bc	0,67 a	3,93 ab
Sarmiento	2011	23,1 a	126,8 c	6,93 c	15,93 a	1,40 a	2,00 b	66,83 c	11,77 a	0,70 a	5,53 c
Promedio		35,3 A	76,9 A	5,1 A	16,3 A	1,8 A	1,7 B	63,5 B	14,8 A	0,7 A	4,3 B
Valores permitidos por el COI de aceite de oliva (COI, 2016) para la categoría AOEV					7,5-20,0%	0,3-3,5%	0,5-5,0%	55,0-83,0%	3,5-21%	≤ 1,0%	

Las letras a, b, c y d indican diferencias estadísticamente significativas entre años de producción para cada localidad ($p \leq 0,05$).

Las letras A, B y C indican diferencias estadísticamente significativas entre localidades independientemente de la campaña de producción ($p \leq 0,05$).

Tabla X. Variabilidad expresada como porcentaje de la suma total de cuadrados de los parámetros químicos evaluados (contenido de materia grasa (CMG), fenoles totales (FT), ácidos grasos, estabilidad oxidativa (EO) y relación monoinsaturados/poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites de oliva de la variedad *Arbequina* procedente de las tres localidades de la provincia de San Juan, Argentina durante los ciclos de cultivo analizados.

Parámetros analizados	Campaña de Producción (Cp)	Localidad (L)	Cp x L
CMG [%]	41,40*	8,80*	17,06*
F T [ppm]	58,26*	0,78	2,63
EO [h]	49,60*	0,15	1,35
Palmítico	22,03*	53,06*	15,50*
Palmitoleico	30,80*	44,84*	6,02*
Esteárico	66,96*	5,22	1,74
Oleico	31,32*	52,29*	8,94*
Linoleico	38,91*	44,89*	6,14*
Linolénico	25,00*	25,00*	20,45*
AGMI /AGPI	37,58*	46,9	6,59*

* Variabilidad estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$).

5.1.2 **CONCLUSIONES PARCIALES**

La mayor parte de los parámetros químicos evaluados en los aceites de oliva vírgenes de la var. Arbequina cultivada en la provincia de San Juan fueron influenciados por el año de cultivo y la zona de cultivo.

La influencia del año de cultivo fue particularmente significativa sobre el contenido de materia grasa, contenido de fenoles, estabilidad oxidativa y el contenido de algunos ácidos grasos saturados.

Por su parte, la zona de cultivo afectó el contenido de ácido oleico de los aceites, como así también el porcentaje de palmítico, palmitoleico, y linoleico. Estas diferencias en el perfil de estos componentes, su influencia sobre la mayor parte de los parámetros químicos analizados fue, en general, mayor que la debida al año de producción.

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 San Juan presentan cantidades de ácido oleico y fenoles totales, y por ende de estabilidad oxidativa, sustancialmente más bajas.

La caracterización llevada a cabo durante cinco campañas de producción permitió establecer, que todos los parámetros evaluados (valores medios) se encuentran dentro de los límites fijados por el Consejo Oleícola Internacional para aceites de oliva extra vírgenes.

5.2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 2

5.2.2. Dinámica de la acumulación y composición del aceite en la variedad Arbequina cultivada en la provincia de San Juan, Argentina.

La biogénesis del aceite en el fruto del olivo involucra un proceso de larga duración. En general se asume que la dinámica de acumulación sigue un patrón de tipo sigmoide, con un periodo de síntesis intensa posterior a la fase de endurecimiento del endocarpo y una contribución de menor cuantía durante la maduración (Conde et al., 2008). La mayor parte de la información disponible respecto a este, ha sido generada por estudios llevados a cabo en las distintas regiones productoras de olivo del hemisferio norte, ubicadas casi exclusivamente en los países ribereños de la cuenca del mar Mediterráneo, donde la fenología del cultivo es diferente respecto de la observada en las principales zonas de producción de Argentina (Searles et al., 2011). En los últimos años, investigaciones realizadas en las regiones NOA, Centro y Cuyo (Torres, 2006; 2011; Trentacoste et al., 2010, 2012; Rondanini et al., 2011, 2014; García-Inza et al. 2014; Bodoira et al., 2015, 2016) han revelado una amplia diversidad entre cultivares en sus patrones de comportamiento en lo que hace al crecimiento de frutos y su relación con el contenido y composición de los aceites.

De los datos informados en la Tabla XI, pudo constatarse que, dentro de cada campaña, el rendimiento de aceite sobre base seca presentó diferencias entre momentos de cosecha, observándose en los últimos muestreos los mayores valores. Estos datos permitieron inferir que el aceite se encontraba totalmente formado al momento de la segunda fecha de cosecha y su cantidad se mantuvo prácticamente constante hacia el final del periodo de recolección.

Tabla XI. Contenido de aceite (% , base seca) de frutos de la var. Arbequina cultivada en Pocito (San Juan), Argentina, obtenidos en diferentes campañas de producción a lo largo de la época de cosecha.

Campaña de producción	Momento de cosecha	Contenido de aceite (%, base seca)
2007	Temprano	43,73 ^a
2007	Intermedio	40,77 ^a
2007	Tardío	41,78 ^a
<i>Promedio[‡]</i>		42,03^B
2008	Temprano	30,33 ^a
2008	Intermedio	42,27 ^b
2008	Tardío	47,84 ^b
<i>Promedio[‡]</i>		40,16^{AB}
2009	Temprano	37,43 ^a
2009	Intermedio	44,98 ^b
2009	Tardío	44,70 ^b
<i>Promedio[‡]</i>		42,37^B
2010	Temprano	30,09 ^a
2010	Intermedio	34,01 ^{ab}
2010	Tardío	36,38 ^b
<i>Promedio[‡]</i>		33,49^A
2011	Temprano	36,40 ^a
2011	Intermedio	39,50 ^a
2011	Tardío	45,22 ^b
<i>Promedio[‡]</i>		40,38^{AB}

Valores medios \pm error estándar (n = 3) seguidos por letras minúsculas diferentes, indican diferencias estadísticamente significativas entre momentos de cosecha para cada campaña de producción.

[‡] Valores medios \pm error estándar (n = 3) seguidos por letras mayúsculas diferentes, indican diferencias estadísticamente significativas entre campañas de producción independientemente del momento de cosecha.

La influencia de la fecha de recolección fue mayor que debida al año de cultivo (Tablas XI y XII). El contenido graso de los frutos tuvo los valores más elevados durante la campaña 2009, coincidiendo con lo observado por Hermoso et al. (1999) y Trentacoste et al. (2010) quienes sostienen

que los años de baja cosecha suelen presentar rendimientos grasos más altos que los obtenidos en años de mayor producción.

Los índices generales de calidad de los aceites (grado de acidez, índice de peróxidos y coeficientes de extinción específica K_{232} , K_{270} y ΔK) de la var. Arbequina cultivada en San Juan no mostraron grandes fluctuaciones durante los diferentes momentos de cosecha de los frutos ni a lo largo de los ciclos de cultivo. Cabe mencionar, que todos estos parámetros se encontraron dentro de los límites fijados por el Consejo Oleícola para aceites de oliva extra vírgenes (COI/T.15/NC No 3/Rev. 11) (Tablas XII y XIII).

Con respecto al grado de acidez, los aceites obtenidos presentaron valores promedios comprendidos entre 0,10 (campaña 2007) y 0,28 (campaña 2011) expresados como porcentaje de ácido oleico. (Tablas XII). En los años 2008 y 2011 se registraron valores superiores iguales a 0,54 y 0,49 en el último período de cosecha (tardío), respectivamente. Precisamente, es en estas dos campañas donde pudo visualizarse con mayor claridad una tendencia hacia un incremento en la acidez de los aceites a medida que se retrasaba la fecha de recolección (Tabla XII). Esta tendencia fue confirmada al encontrarse una correlación positiva estadísticamente significativa entre el grado de acidez y el índice de madurez de los frutos ($r = 0,63$, $p = 0,01$) durante estas campañas. El mismo comportamiento ha sido observado para las variedades Blanqueta, Arbequina (García et al., 1996; Torres, 2006), 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).

En relación al comportamiento del índice de peróxidos, este parámetro presentó un comportamiento errático a lo largo del periodo de recolección de los frutos y las campañas de producción (Tablas XII y XIII). En las

campañas 2008 y 2011, se observa una tendencia hacia un aumento de esta variable a medida que avanza el momento de recolección de los frutos y este fenómeno concuerda con lo observado para el grado de acidez (Tabla XII). En contraposición a lo descrito, en los años 2009 y 2010 se observó una disminución de este parámetro en los últimos momentos de cosecha. En tanto, que en la primera campaña (2007) no se 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.

Con respecto a los coeficientes de extinción específica, ya se ha mencionado que los mismos se relacionan con la estabilidad de los aceites y corresponden a la máxima absorción de dienos (K_{232}) y trienos (K_{270}) conjugados que se forman en la primera etapa de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados. El comportamiento del coeficiente K_{232} mostró una tendencia decreciente a medida que avanzaba la época de recolección de los frutos (Tabla XII), excepto en la última campaña (2011), y aunque se observó una influencia significativa del año de cultivo, este representó menos del 20% de la variabilidad observada (Tabla XIII).

Por su parte, los valores del coeficiente de extinción específica K_{270} y ΔK se mantuvieron estables a lo largo de los tres momentos de cosecha y diferentes campañas de producción (Tabla XII y XIII). Los registros de K_{270} , variaron entre 0,09 y 0,16 (campañas 2011 y 2010, respectivamente), mientras que los valores de ΔK se mantuvieron muy por debajo del valor establecido por la normativa COI para los aceites de oliva extra-virgenes a lo largo de las diferentes campañas de producción y momentos de cosecha (COI/T.15/NC No 3/Rev. 11).

Los fenoles son compuestos que se encuentran en pequeñas cantidades en el aceite de oliva, aumentando su estabilidad frente a las oxidaciones. 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.

Las concentraciones medias de compuestos fenólicos totales estuvo comprendida entre el rango de 72,66 – 152,52 ppm (campañas 2008 y 2010, respectivamente) (Figura 6). Estos registros concuerdan con aquellos reportados por Ceci et al. (2017) para aceites monovarietales de Arbequina procedentes de la provincia de San Juan (Argentina). Por su parte, el año de cultivo fue la principal fuente de variación ya que explicó casi el 41% de la variabilidad total (Tabla XIII). En general, se observó que el mayor contenido de fenoles se alcanzó en la primera fecha de recolección (temprana), disminuyendo paulatinamente en las restantes fechas de muestreo. En el año 2007, se registraron valores más homogéneos pero notablemente inferiores a los de las restantes campañas (Figura 6). El metabolismo de los compuestos fenólicos en el olivo es muy complejo, y está modulado por factores genéticos (Talhaoui et al., 2016; Pérez et al., 2018) y ambientales (Romero y Motilva, 2010) que determinan la composición fenólica de los frutos. De manera similar, ha sido descrita la influencia de las prácticas agrícolas tales como déficit hídrico (Cirilli et al., 2017), optimización de la poda tendiente a incrementar la disponibilidad de luz (Proietti et al., 2012) o selección del momento óptimo de cosecha (Famiani et al., 2000).

Tabla XII. Valores medios del grado de acidez (% ácido oleico), índice de peróxidos (meq oxígeno/kg), coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270} y ΔK de aceites de la var. Arbequina cultivada en Pocito (San Juan), obtenidos en diferentes momentos de cosecha y campañas de producción. Valores medios \pm error estándar (n = 3).

Campaña de producción	Momento de muestreo	Grado de acidez [% ácido oleico]	Índice de Peróxido [meq O_2 kg^{-1}]	K_{232}	K_{270}	ΔK
2007	Temprano	0,12 \pm 0,02 a	4,49 \pm 1,33 a	2,12 \pm 0,18 a	0,11 \pm 0,004a	-0,010 a
2007	Intermedio	0,10 \pm 0,02 a	4,68 \pm 0,33 a	1,92 \pm 0,08 a	0,13 \pm 0,0 a	-0,003 a
2007	Tardío	0,09 \pm 0,02 a	4,49 \pm 0,31 a	1,47 \pm 1,16 a	0,13 \pm 0,01 a	-0,003 a
<i>Promedio</i>		0,10 A	4,55 AB	1,84 A	0,12 BC	-0,005 A
2008	Temprano	0,09 \pm 0,05 a	2,71 \pm 0,07 a	1,96 \pm 0,03 b	0,15 \pm 0,03b	-0,010 a
22 a2008	Intermedio	0,12 \pm 0 a	3,37 \pm 0,31b	1,88 \pm 0,03 a	0,12 \pm 0,01 a	0,000 a
2008	Tardío	0,54 \pm 0,04 b	3,90 \pm 0,25 c	2,10 \pm 0,05 c	0,11 \pm 0,01 a	0,000 a
<i>Promedio</i>		0,25 BC	3,33 A	1,98 A	0,13 C	0,00 A
2009	Temprano	0,13 \pm 0,02 a	7,61 \pm 0,51 b	2,17 \pm 0,14 a	0,12 \pm 0,01 a	-0,010
2009	Intermedio	0,15 \pm 0,03 a	3,32 \pm 0,96 a	1,99 \pm 0,13 a	0,10 \pm 0,01 a	0,000 a
2009	Tardío	0,15 \pm 0,02 a	2,69 \pm 0,47 a	1,82 \pm 0,17 a	0,10 \pm 0,01 a	-0,010 a
<i>Promedio</i>		0,14 AB	4,54 AB	1,99 A	0,11 AB	-0,01 A
2010	Temprano	0,15 \pm 0 c	5,93 \pm 1,30 b	2,32 \pm 0,17 a	0,16 \pm 0,01b	0,000 b
2010	Intermedio	0,11 \pm 0,02 b	3,71 \pm 0,10 a	2,27 \pm 0,13 a	0,12 \pm 0,01 a	-0,010 a
2010	Tardío	0,09 \pm 0 a	5,34 \pm 0,29 b	2,06 \pm 0,21 a	0,10 \pm 0,02 a	-0,010 a
<i>Promedio</i>		0,12 A	4,99 B	2,22 A	0,13 C	-0,01 A
2011	Temprano	0,19 \pm 0,02 a	5,21 \pm 1,72 a	1,67 \pm 0,07 a	0,10 \pm 0,01 a	0,000 a
2011	Intermedio	0,17 \pm 0,02 a	5,20 \pm 0,64 a	1,74 \pm 0,10 a	0,09 \pm 0,01 a	0,000 a
2011	Tardío	0,49 \pm 0,22 b	6,52 \pm 0,81 a	1,95 \pm 0,26 a	0,11 \pm 0,03 a	0,000 a
<i>Promedio</i>		0,28 C	5,64 B	1,79 A	0,10 A	0,00 A
Valores permitidos por el COI de aceite de oliva (COI, 2016) para la categoría AOEV		$\leq 0,8$	≤ 20	$\leq 2,5$	$\leq 0,22$	$\leq 0,01$

Las letras a, b y c indican diferencias estadísticamente significativas entre momentos de cosecha para cada campaña de producción ($p \leq 0,05$). Las letras A, B y C indican diferencias estadísticamente significativas entre campañas de producción independientemente del momento de muestreo ($p \leq 0,05$).

Tabla XIII. Variabilidad expresada como porcentaje de la suma total de cuadrados de algunos de los parámetros químicos evaluados (grado de acidez, índice de peróxidos, coeficientes de extinción específica, ácidos grasos, fenoles totales - FT -, estabilidad oxidativa - EO - y relación monoinsaturados/poliinsaturados - AGMI/AGPI) de aceites de oliva del cv. *Arbequina* procedente de la provincia de San Juan, Argentina, durante los momentos de cosecha y ciclos de cultivo analizados.

<i>Parámetros</i>	Campaña de		Mc x Cp
	Momento de Cosecha (Mc)	Producción (Cp)	
Grado de acidez [% ác. oleico]	20,4*	25,8*	41,9*
Índice de peróxidos [meq O ₂ kg ⁻¹]	9,5*	25,5*	46,4*
K ₂₃₂	3,8*	18,6*	17,3*
K ₂₇₀	15,5*	50,0*	50,0*
FT (ppm)	20,9*	40,9*	22,8*
EO (h)	34,1*	21,3*	26,2*
Palmítico	12,4*	66,5*	12,8*
Palmitoleico	6,2*	67,5*	18,1*
Esteárico	11,1*	64,4*	11,1*
Oleico	6,1*	77,3*	10,8*
Linoleico	19,6*	65,0*	9,4*
Linolénico	3,4*	34,5*	13,8*
AGMI /AGPI	14,2*	69,3*	9,2*

En relación a la influencia varietal, se sabe que los distintos genotipos de olivo presentan contenidos máximos de fenoles en diferentes estadios de madurez de los frutos. De acuerdo a Uceda y Hermoso (1999) 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. Por su parte, Torres (2006) obtuvo las mayores concentraciones de fenoles de '*Arbequina*' (Córdoba, Argentina) con IM algo más elevados. En contraste, Bodoira (2015), observó los mayores registros de fenoles totales en esta variedad cultivada en San Juan (Argentina) a valores de IM inferiores a 1. Posiblemente, tanto el momento de cosecha como la influencia del ambiente expliquen en parte

estas diferencias observadas. En los años 2008, 2010 y 2011, durante la primera fecha de cosecha, se registraron los mayores porcentajes de fenoles totales; excepto en los años 2007 y 2009 en los cuales los porcentajes de dichos compuestos antioxidantes se encontraron distribuidos de manera proporcional a lo largo de la maduración del futo. Sin embargo, no se observó una clara tendencia entre el registro de precipitaciones caídas desde el inicio del desarrollo de los frutos hasta la finalización de la cosecha (mediados de diciembre a mediados de abril), y el contenido de fenoles totales de cada año (Tabla XIV, Figura 6).

Con respecto a la estabilidad oxidativa de los aceites de 'Arbequina' estudiados, la misma disminuyó a medida que se retrasaba la cosecha de los frutos en todas las campañas de producción (Figura 7). La interacción entre ambas fuentes de variación influyeron significativamente sobre este parámetro (Tabla XIII). Por otra parte, se observó una correlación significativa entre la estabilidad oxidativa y algunas de las siguientes variables: ácido oleico ($r: 0,52$), ácido linoleico ($r: -0,60$) y la relación ácidos grasos monoinsaturados/ácidos grasos poliinsaturados ($r: 0,60$).

Los porcentajes de los principales ácidos grasos (palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico) de los aceites analizados se muestran en la Tabla XV. Se observaron variaciones significativas entre las campañas de producción, siendo la principal fuente de variabilidad para todos los ácidos grasos evaluados (Tabla XIII). También se encontraron diferencias entre fechas de cosecha, aunque en menor medida, para estos compuestos. De esta manera, se observa que tanto la campaña de producción como el estado de maduración de los frutos, ejercen un efecto significativo sobre la concentración de los ácidos grasos mayoritarios del aceite de oliva.

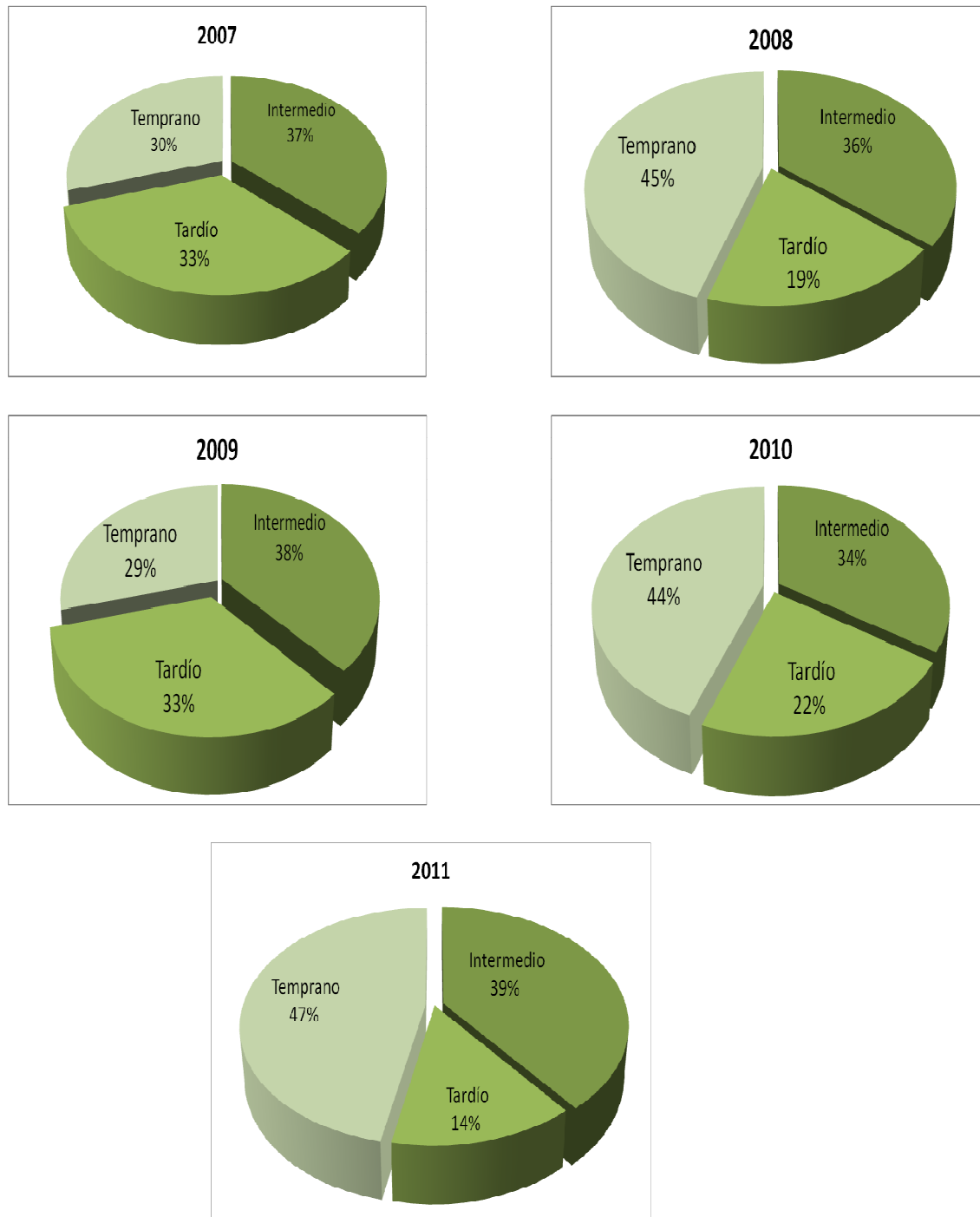


Figura 6. Porcentaje del contenido de fenoles totales (%) de aceites de la var. Arbequina cultivada en Pocito (San Juan), obtenidos en diferentes momentos de cosecha y campañas de producción. Contenido medio anual de fenoles totales (expresado como ppm): año 2007 (78,2), año 2008 (72,6), año 2009 (90,3), año 2010 (152,5) y año 2011 (147,6).

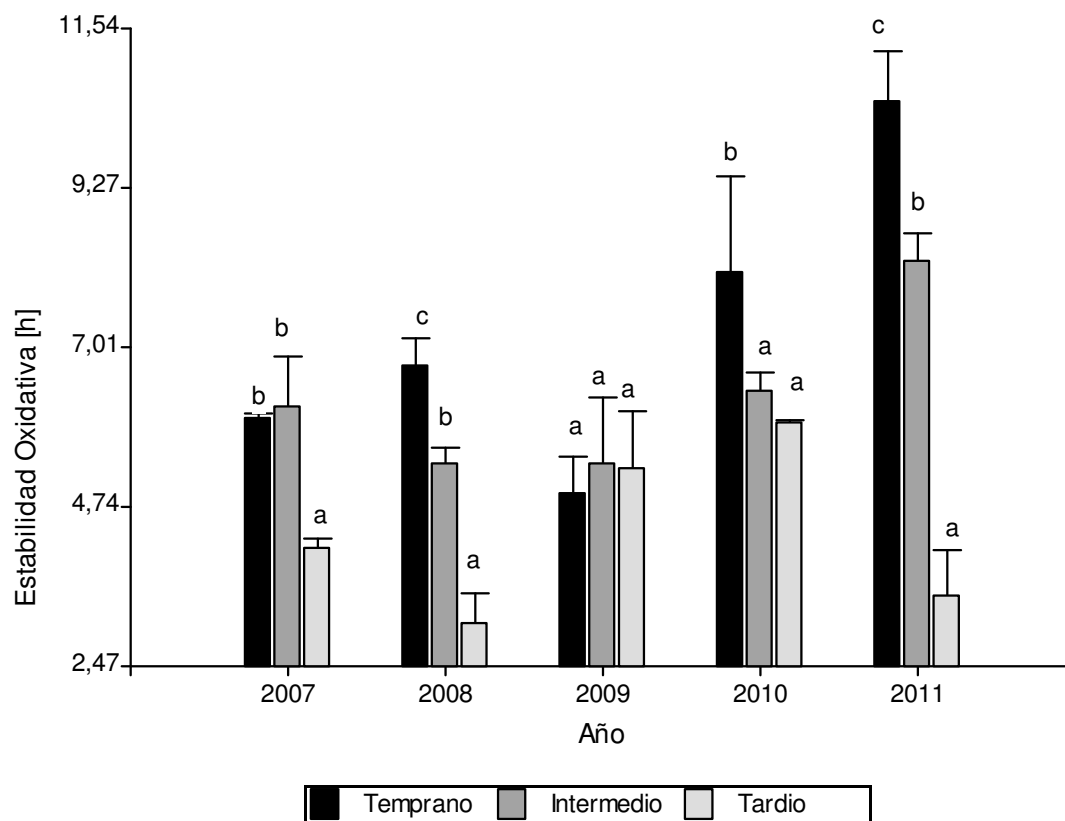


Figura 7. Valores de estabilidad oxidativa (h) pertenecientes a los aceites de la var. Arbequina cultivada en Pocito (San Juan), obtenidos en diferentes fechas de cosecha y campañas de producción. Valores medios \pm error estándar (n = 3).

Las letras a, b y c indican diferencias estadísticamente significativas entre momentos de cosecha para cada campaña de producción ($p \leq 0,05$).

Tabla XIV. Temperaturas máxima media estival (desde el 22 de diciembre al 21 de marzo; Tmax md est), máxima absoluta (Tmáx abs) anuales (°C), amplitud térmica media (At md), amplitud térmica máxima (At max), Sumatoria de horas de frío $\leq 7^{\circ}\text{C}$ y precipitación estival (mm) durante los ciclos de cultivo analizados correspondientes a la localidad de Pocito (San Juan, Argentina).

Campaña de producción	T.max. md. Est.	T.máx. abs.	At. Md.	At. Max.	Sum. Horas Frío $\leq 7^{\circ}\text{C}$	Precipitación estival
2007	33,2	41,1	13,9	28,2	781	48,3
2008	31,2	40,0	12,4	25,9	1210	82,9
2009	33,2	40,7	14,8	29,1	1064	55,4
2010	33,2	41,9	13,9	29,0	925	6,4
2011	31,7	39,3	14,0	30,6	1106	111,0

En relación al año de producción, las diferencias más notables se observaron en las campañas 2010 y 2011 en las cuales se produjo un aumento significativo en el contenido de ácido oleico y disminución en el ácido linoleico (Tabla XV). En términos generales, se observa que la concentración de este ácido graso mayoritario se mantiene estable entre los tres momentos de cosecha durante las cinco campañas de producción evaluadas. Los valores medios hallados se encontraron dentro de los límites establecidos por el COI (COI/T.15/NC No 3/Rev. 11), excepto en la campaña 2009 donde se registraron valores medios por debajo del límite inferior establecido por este Consejo (Tabla XV). Precisamente, en este sentido se encontró una correlación significativa entre el contenido de oleico y la amplitud térmica media ($r= 0,33$; $p= 0,09$). Las concentraciones de ácido linolénico se mantuvieron prácticamente constantes a lo largo de las todas campañas de producción, mientras que las de ácido palmitoleico registraron cambios menores. En consecuencia, los aceites de las campañas 2010 y 2011 resultaron con los registros más altos de estabilidad oxidativa.

La relación entre la concentración de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) se presenta en la Tabla XV. Estos valores concuerdan con aquellos reportados por otros autores para esta variedad cultivada en Argentina (Ceci y Carelli, 2007; Ceci et al., 2017; Torres, 2006; Bodoira, 2015). La evolución de esta relación en función de la maduración ha sido analizada recientemente por Dag et al. (2014) en los cultivares Barnea, Coratina, Picual. Estos autores informan una reducción significativa de la relación AGMI/AGPI en frutos cuyo IM está comprendido entre 1 y 5. Esta misma tendencia han reportado Bodoira y colaboradores (2015, 2016) para los cvs. Arbequina, Manzanilla y Arauco cultivados en San Juan, Argentina, pero a valores de IM comprendidos entre 0,5 y 4. Es importante mencionar que un mayor contenido de AGPI puede resultar en aceites con menor estabilidad oxidativa (Gutierrez et al., 1999; Tura et al., 2007) aunque esta característica depende también de la concentración de compuestos con capacidad antioxidante presentes en el fruto.

Tabla XV. Composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) y relación entre ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites de la var. Arbequina cultivada en Pocito, San Juan, durante los ciclos de cultivo analizados. Valores medios \pm error estándar (n = 3).

Campaña de producción	Momento de muestreo	Palmítico	Palmitoleico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico	AGMI/AGPI
2007	Temprano	19,2 ^b	2,8 ^b	1,6 ^a	55,1 ^a	19,5 ^a	0,8 ^a	2,9 ^a
2007	Intermedio	18,1 ^a	2,3 ^b	1,5 ^a	55,7 ^a	20,2 ^a	0,7 ^a	2,8 ^a
2007	Tardío	18,0 ^a	2,5 ^a	1,5 ^a	56,1 ^a	20,1 ^a	0,7 ^a	2,8 ^a
Promedio		18,5^B	2,7^B	1,5^A	55,6^B	19,9^C	0,8^B	2,8^A
2008	Temprano	18,3 ^a	2,2 ^a	1,8 ^c	60,4 ^b	15,5 ^a	0,7 ^a	3,9 ^b
2008	Intermedio	19,3 ^b	3,2 ^b	1,6 ^b	55,3 ^a	18,9 ^b	0,7 ^a	3,1 ^a
2008	Tardío	18,2 ^a	3,2 ^b	1,5 ^a	55,0 ^a	20,4 ^c	0,8 ^a	2,8 ^a
Promedio		18,6^B	2,9^B	1,6^{AB}	56,9^B	18,3^B	0,7^B	3,2^B
2009	Temprano	19,2 ^a	2,4 ^a	1,7 ^b	55,9 ^b	18,9 ^a	0,8 ^a	3,0 ^b
2009	Intermedio	19,5 ^a	3,3 ^b	1,6 ^a	53,1 ^a	21,0 ^b	0,7 ^a	2,6 ^a
2009	Tardío	19,3 ^a	2,7 ^a ^b	1,6 ^a	52,3 ^a	22,3 ^b	0,8 ^a	2,4 ^a
Promedio		19,3^C	2,7^B	1,6^B	53,7^A	20,7^C	0,8^B	2,6^A
2010	Temprano	17,8 ^b	1,9 ^a	1,9 ^a	61,6 ^a	14,8 ^a	0,7 ^a	4,1 ^a
2010	Intermedio	17,9 ^b	2,1 ^b	1,8 ^a	60,5 ^a	15,9 ^a	0,7 ^a	3,8 ^a
2010	Tardío	16,6 ^a	1,8 ^a	1,9 ^a	61,7 ^a	16,2 ^a	0,7 ^a	3,8 ^a
Promedio		17,4^A	1,9^A	1,9^C	61,3^C	15,6^A	0,7^B	3,9^C
2011	Temprano	17,6 ^a	1,8 ^a	1,8 ^a	61,1 ^a	15,9 ^a	0,6 ^a	3,8 ^b
2011	Intermedio	17,5 ^a	1,7 ^a	1,8 ^a	61,3 ^a	15,7 ^a	0,7 ^a	3,9 ^b
2011	Tardío	16,6 ^a	2,0 ^a	1,7 ^a	59,8 ^a	18,3 ^b	0,6 ^a	3,3 ^a
Promedio		17,2^A	1,8^A	1,8^D	60,8^C	16,6^A	0,6^A	3,7^C
Valores permitidos por el COI para Aceite de Oliva (COI, 2016) en la categoría AOEV		7,5-20,0%	0,3-3,5%	0,5-5,0%	55,0-83,0%	3,5-21%	≤ 1,0%	

Las letras a, b y c indican diferencias estadísticamente significativas entre momentos de cosecha para cada campaña de producción ($p \leq 0,05$). Las letras A, B, C y D indican diferencias estadísticamente significativas entre campañas de producción independientemente del momento de muestreo ($p \leq 0,05$).

5.2.3. Composición físico-química del aceite de oliva del cv. Arbequina en función de su procedencia geográfica en el gradiente latitudinal de cultivo a nivel nacional

En la Tabla XVI se detalla los valores registrados para el contenido de fenoles totales de los aceites procedentes de las diferentes localidades durante las campañas de producción analizadas. Como se ha mencionado anteriormente, la concentración de compuestos fenólicos en el fruto del olivo presenta un marcado efecto estacional y climático. Teniendo en cuenta estos factores y considerando un valor promedio para cada localidad geográfica en las tres campañas de producción analizadas, puede observarse que los aceites de la var. Arbequina cultivada en este gradiente latitudinal de Argentina presentan un contenido de fenoles totales que se encuentra dentro del rango de valores registrados para aceites de Arbequina española (Tabla III, Capítulo 2). 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 114,8 ppm, exceptuando los aceites procedentes de CAP-CAT (valores iguales a 35,3 ppm). Esto último concuerda con lo reportado por Alderete Salas et al. (2004), quienes observaron valores medios próximos a 85 mg/kg en aceites de Arbequina del 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 obtenidos en el presente trabajo. Además, los resultados mencionados concuerdan con aquellos informados por otros autores (Ceci et al., 2007; 2017; Torres, 2006; Torres et al., 2011; Bodoira et al., 2015; 2016; Monasterio et al., 2017) quienes analizaron la composición total e individual de compuestos fenólicos de los aceites y frutos de la var. Arbequina cultivada en San Juan, Córdoba y Mendoza. Asimismo, se observó que tanto el año de cultivo como la localidad geográfica fueron las

principales fuentes de variación ya que explicaron en forma conjunta casi el 30 % de la variabilidad total (Tabla XVII). En este sentido, se registraron los máximos valores en las localidades de PO-CAT y ARA-LR en la campaña 2010 (209,4 y 220,2 ppm, respectivamente). Por lo tanto, para una posible explicación de las diferencias observadas entre los aceites de la zona del Valle Central de Catamarca y el resto de las localidades estudiadas 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. No obstante, no debe descartarse el efecto de diferentes condiciones agroecológicas entre estas zonas de producción (ej.: altitud) ni la posible influencia de distintos regímenes de riego (Tabla VII).

Con respecto a la estabilidad oxidativa de los aceites analizados, se registraron valores comprendidos entre 5,3 (CAP-CAT) y 8,5 h (LAV-MZA). A pesar del amplio rango observado, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las localidades estudiadas (Tabla XVI). No obstante, la influencia del año de cultivo fue particularmente significativa sobre este parámetro (casi el 30 % de la variabilidad observada; Tabla XVII). Además, se encontró una correlación significativa entre el contenido de fenoles totales y la estabilidad oxidativa ($r = 0,80$, $p < 0,001$) y en general, los valores de estabilidad oxidativa de los aceites analizados se encuentran dentro del rango usual para aceites de oliva virgen de este cultivar (Torres, 2006; Ceci et al., 2017).

Las concentraciones de los diferentes ácidos grasos encontrados en los aceites analizados estuvieron comprendidas dentro del rango establecido para aceites de oliva vírgenes, excepto aquel procedente del Valle Central de Catamarca (Tabla XVI). En este último caso, los porcentajes de los ácidos grasos palmítico, palmitoleico y linolénico presentaron registros superiores al límite máximo establecido por el COI. Del mismo modo, la relación AGMI/AGPI presentó el valor más bajo en esta localidad (Tabla XVI). Precisamente, esta influencia significativa de la localidad geográfica

se ve reflejada en la Tabla XVII. El resto de las localidades situadas en la región NOA de nuestro país, si bien presentaron valores medios dentro de los límites permitidos por el COI, exhiben valores muy similares al de CAP-CAT. Este comportamiento, se explica en parte a las altas temperaturas medias registradas durante el período de acumulación de aceite en los frutos, lo cual influye de manera notoria sobre la calidad final de sus aceites y este fenómeno confirma lo reportado por otros autores (Torres et al., 2009; Rondanini et al., 2011; Contreras et al., 2017).

En relación al contenido del ácido graso oleico, se observa una tendencia hacia un aumento del mismo a lo largo del gradiente latitudinal de cultivo (PO-CAT = ARA-LR < CE-CBA = POC-SJ < LV-MZA; exceptuando CAP-CAT).

En términos generales, los aceites producidos en estas localidades resultaron inferiores a aquellos registrados en sus análogos españoles (Tous et al., 1997; Uceda y Hermoso, 1999) (Tabla III, Capítulo 2). Como ya se ha mencionado en Capítulos anteriores, la producción de aceite de la var. Arbequina en España proviene principalmente de la región de Cataluña. Los aceites procedentes de estas localidades del norte presentan valores medios de ácido oleico superiores a los registrados en la regiones olivícolas de Andalucía (sur España) (Tous et al., 1997; Uceda y Hermoso, 1999).

Con respecto a los ácidos grasos saturados y poliinsaturados, los aceites argentinos de 'Arbequina' evaluados 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 (AGMI/AGPI), siendo ésta significativamente menor que en los aceites españoles (Tabla III, Capítulo 2).

Tabla XVI. Contenido medio de fenoles totales, estabilidad oxidativa y composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) y relación entre ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites de la var. Arbequina cultivada en cinco localidades de Argentina: Dpto. Cruz del Eje (provincia de Córdoba; CE-CBA), Dpto. Pocito (provincia de San Juan; POC-SJ), Dpto. Lavalle (Mendoza; LAV-MZA), Dpto Arauco (La Rioja; ARA-LR), Dpto Pomán (Catamarca; PO-CAT), Dpto. Capital (Catamarca; CAP-CAT) durante los ciclos de cultivo analizados. Valores medios \pm error estándar (n = 3).

Localidad geográfica	Campaña de producción	Fenoles Totales (ppm)	Estabilidad oxidativa (h)	Composición de ácidos grasos (%)						
				Palmítico	Palmitoleico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico	AGMI/AGPI
PO-CAT	2007	95,6 ^a	5,4 ^a	20,2 ^b	2,5 ^b	1,7 ^a	51,9 ^a	21,7 ^a	0,9 ^a	2,5 ^{ab}
PO-CAT	2008	126,5 ^{ab}	7,4 ^b	19,5 ^{ab}	2,7 ^b	1,6 ^a	55,1 ^b	19,3 ^a	0,8 ^a	2,9 ^a
PO-CAT	2010	209,4 ^b	10,8 ^b	17,9 ^a	1,8 ^a	1,8 ^b	59,3 ^b	17,1 ^a	0,9 ^a	3,5 ^b
<i>Promedio</i>		143,8^B	7,9^A	19,2^{BC}	2,3^B	1,7^{AB}	55,4^{AB}	19,4^B	0,9^C	2,9^B
CAP-CAT	2007	35,0 ^a	5,0 ^a	22,2 ^b	4,6 ^b	1,6 ^a	46,0 ^a	23,5 ^a	1,1 ^a	2,1 ^{ab}
CAP-CAT	2008	37,5 ^a	5,5 ^b	20,3 ^{ab}	3,8 ^b	1,5 ^a	54,5 ^b	17,6 ^a	1,1 ^a	3,2 ^a
CAP-CAT	2010	33,4 ^b	5,2 ^b	20,7 ^a	3,2 ^a	1,6 ^b	52,3 ^b	19,8 ^a	1,1 ^a	2,8 ^b
<i>Promedio</i>		35,3^A	5,3^A	21,1^C	3,9^C	1,6^A	50,9^A	20,3^B	1,1^D	2,7^C
ARA-LR	2007	57,9 ^a	4,7 ^a	20,7 ^b	2,9 ^b	1,6 ^a	51,5 ^a	21,5 ^a	0,8 ^a	2,5 ^{ab}
ARA-LR	2008	61,0 ^a	6,4 ^b	19,7 ^{ab}	3,0 ^b	1,5 ^a	55,2 ^b	18,8 ^a	0,8 ^a	3,0 ^a
ARA-LR	2010	220,2 ^b	9,1 ^b	18,7 ^a	2,1 ^a	2,0 ^b	58,4 ^b	16,6 ^a	1,0 ^a	3,5 ^b
Valores permitidos por el Consejo Internacional de Aceite de Oliva (COI, 2016) para la categoría aceites de oliva extra vírgenes				7,5-20,0%	0,3-3,5%	0,5-5,0%	55,0-83,0%	3,5-21%	≤ 1,0%	

Las letras a, b y c indican diferencias estadísticamente significativas entre campañas de producción para una misma localidad ($p \leq 0,05$).

Las letras A, B y C indican diferencias estadísticamente significativas entre localidades independientemente de la campaña de producción ($p \leq 0,05$).

Continuación Tabla XVI: Contenido medio de fenoles totales, estabilidad oxidativa y composición de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) y relación entre ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (AGMI/AGPI) de aceites de la var. Arbequina cultivada en cinco localidades de Argentina: Dpto. Cruz del Eje (provincia de Córdoba; CE-CBA), Dpto. Pocito (provincia de San Juan; POC-SJ), Dpto. Lavalle (Mendoza; LAV-MZA), Dpto Arauco (La Rioja; ARA-LR), Dpto Pomán (Catamarca; PO-CAT), Dpto. Capital (Catamarca; CAP-CAT) durante los ciclos de cultivo analizados. Valores medios \pm error estándar (n = 3).

<i>Promedio</i>		113,0^{AB}	6,7^A	19,7^{BC}	2,7^B	1,7^{AB}	55,0^{AB}	19,0^B	0,9^{BC}	3,0^B
CE-CBA	2007	88,3 ^a	4,8 ^a	19,6 ^b	2,4 ^a	1,7 ^a	54,3 ^a	20,1 ^a	0,8 ^a	2,8 ^{ab}
CE-CBA	2008	97,6 ^a	7,1 ^b	18,4 ^{ab}	2,1 ^a	1,7 ^a	59,1 ^b	15,6 ^a	0,7 ^a	3,8 ^a
CE-CBA	2010	81,3 ^b	6,8 ^b	18,3 ^a	2,4 ^a	1,8 ^b	58,8 ^b	16,4 ^a	1,0 ^a	3,6 ^b
<i>Promedio</i>		89,0^{AB}	6,2^A	18,8^{AB}	2,3^B	1,7^B	57,4^B	17,4^{AB}	0,8^{BC}	3,4^B
POC-SJ	2007	70,7 ^a	5,1 ^a	18,8 ^b	2,6 ^b	1,6 ^a	55,4 ^a	19,8 ^a	0,8 ^a	2,8 ^{ab}
POC-SJ	2008	73,4 ^a	5,1 ^b	18,7 ^{ab}	3,0 ^b	1,6 ^a	56,4 ^b	18,7 ^a	0,7 ^a	3,1 ^a
POC-SJ	2010	165,0 ^b	7,1 ^b	17,5 ^a	1,9 ^a	1,9 ^b	61,4 ^b	15,4 ^a	0,7 ^a	4,0 ^b
<i>Promedio</i>		103,1^{AB}	5,8^A	18,3^{AB}	2,5^B	1,7^{AB}	57,7^B	17,9^B	0,8^{AB}	3,3^{AB}
LAV-MZA	2007	51,4 ^a	4,7 ^a	18,6 ^b	1,8 ^a	1,5 ^a	62,5 ^a	13,9 ^a	0,7 ^b	4,4 ^{ab}
LAV-MZA	2008	184,5 ^b	12,2 ^b	16,7 ^{ab}	1,6 ^a	1,6 ^a	65,3 ^b	13,1 ^a	0,6 ^a	4,9 ^a
LAV-MZA	2010	139,2 ^b	8,6 ^b	16,0 ^a	1,7 ^a	1,7 ^b	63,9 ^b	14,8 ^a	0,8 ^c	4,3 ^b
<i>Promedio</i>		125,0^B	8,5^A	17,1^A	1,7^A	1,6^{AB}	63,9^C	13,9^A	0,7^A	4,5^A
Valores permitidos por el Consejo Internacional de Aceite de Oliva (COI, 2016) para la categoría aceites de oliva extra vírgenes				7,5-20,0%	0,3-3,5%	0,5-5,0%	55,0-83,0%	3,5-21%	≤ 1,0%	

Las letras a, b y c indican diferencias estadísticamente significativas entre campañas de producción para una misma localidad ($p \leq 0,05$).

Las letras A, B y C indican diferencias estadísticamente significativas entre localidades independientemente de la campaña de producción ($p \leq 0,05$).

Tabla XVII. Variabilidad expresada como porcentaje de la suma total de cuadrados de los parámetros químicos evaluados (ácidos grasos, fenoles totales, estabilidad oxidativa y relación monoinsaturados/poliinsaturados - AGMI/AGPI) de aceites de la var. Arbequina cultivada en las diferentes localidades y campañas de producción evaluadas.

<i>Parámetros</i>	<i>Localidad geográfica (LG)</i>	<i>Campaña de producción (CP)</i>	<i>LG x CP</i>
Fenoles Totales (ppm)	27,5*	22,3*	28,9*
Estabilidad oxidativa (h)	19,7	24,8*	24,8
Palmítico	53,0*	20,2*	4,1
Palmitoleico	69,4*	11,0*	11,9*
Esteárico	15,6*	53,1*	17,2
Oleico	58,9*	20,5*	7,4*
Linoleico	41,5*	22,2*	12,7*
Linolénico	69,3*	11,4*	8,0
AGMI /AGPI	56,2*	17,0*	10,3

* Variabilidad estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$).

5.2.4 **CONCLUSIONES PARCIALES**

El año de cultivo fue la principal fuente de variación para la mayoría de los parámetros analizados en los aceites de oliva vírgenes de la var. Arbequina cultivada en la provincia de San Juan. Por su parte, el momento de cosecha afectó en menor medida las cantidades de las variables químicas analizadas, lo que puede estar indicando que para los índices de madurez considerados en este trabajo (1,4 - 5,4), los componentes principales del aceite de la var. Arbequina se encuentran pre-formados y sus proporciones se mantienen más o menos constantes hasta la finalización del período de cosecha.

Con respecto a los valores de fenoles totales y estabilidad oxidativa de los aceites analizados en función de su procedencia geográfica en el gradiente latitudinal nacional de cultivo, los mismos se encuentran dentro del rango de valores registrados para los aceites de Arbequina española. Además, estos parámetros se vieron afectados por el momento de cosecha, observándose una disminución de sus valores a medida que avanza la maduración de la fruta.

Por otra parte, en relación al contenido del ácido graso monoinsaturado oleico se observa un comportamiento diferencial de 'Arbequina' a lo largo del gradiente latitudinal de cultivo analizado, registrándose una tendencia hacia un aumento del mismo a lo largo del gradiente latitudinal de cultivo (PO-CAT = ARA-LR < CE-CBA = POC-SJ < LV-MZA; exceptuando CAP-CAT). En términos generales, también es importante remarcar que los aceites producidos en estas localidades resultaron con contenidos de oleico inferiores a aquellos registrados en sus análogos españoles (especialmente los procedentes de Cataluña).

Finalmente, cabe mencionar que prácticamente todos los atributos químicos de los aceites analizados estuvieron comprendidos dentro de los valores establecidos por el Consejo Oleícola Internacional para la categoría de aceite de oliva (excepto los valores medios correspondiente a la

campaña de producción del año 2007 en todas las localidades excepto LV-MZA , y la mayoría de los ácidos grasos de la localidad de CAP-CAT).

5.3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Los resultados de la aplicación del coadyuvante tecnológico durante el proceso de elaboración del aceite se muestran en la Tabla XVIII. A partir de los valores de peso e índice de madurez de los frutos, se demuestra que los lotes de partida fueron homogéneos.

En relación al contenido de humedad de los frutos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, registrándose valores medios comprendidos entre 54,9 y 57,2 %. Este mismo comportamiento se evidenció en los contenidos de materia grasa, base húmeda y seca, observándose rangos entre 19,7 – 20,7 % y 44,9 – 46,8 %, respectivamente. Si bien tampoco se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en el parámetro rendimiento industrial, existió una leve tendencia de aumento en los tratamientos con microtalco natural (MTN) con respecto al control (sin talco). La aplicación de MTN de 1,5 % y 3% presentaron los mayores valores de rendimiento industrial en relación al control, registrándose un 12,5 y 7 % más de aceite, respectivamente. La tendencia observada en este parámetro concuerda con lo observado por otros autores (Aguilera et al., 2010; Uceda et al., 2006; Caponio et al., 2015), quienes señalaron una disminución en el contenido de aceite en los orujos derivados de los tratamientos con MNT con respecto al control.

Al evaluar los índices generales de calidad (grado de acidez, índice de peróxidos y coeficientes de extinción específica) de los aceites analizados, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y los registros observados estuvieron comprendidos dentro de los valores reglamentados por el COI para la categoría de aceite de oliva virgen extra (Tabla XIX). En cuanto al contenido de fenoles totales no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos con talco y el control (Tabla XIX). Sin embargo, entre los tratamientos con

coadyuvante se observó que la dosis intermedia de MTN (1,5 %) presentó el mayor contenido de estos compuestos antioxidantes (147,23 ppm), mientras que las dosis más bajas y altas mostraron una tendencia opuesta.

A pesar de que existe una vasta bibliografía sobre la temática, los resultados encontrados son muy disimiles, dependiendo a su vez de otros factores de proceso tales como el tiempo y la temperatura de batido, cantidad de agua en frutos y/o agregado de agua en la molienda, como así también del estadio de maduración de la materia prima utilizada.

Caponio et al. (2015) evaluaron el efecto del agregado de microtalco al 1 y 2% sobre parámetros de rendimiento y calidad del aceite de 'Coratina'. Los resultados obtenidos evidenciaron que la adición de talco determinó un incremento significativo del rendimiento de aceite con respecto al tratamiento control sin talco, pero solamente después de la primera centrifugación. Asimismo, se observó un escaso incremento del rendimiento de aceite después de la segunda centrifugación, en presencia de talco, lo cual haría económicamente inviable el uso de una segunda línea de trabajo. A su vez, el aceite obtenido de la segunda centrifugación ('repasso') mostró una mayor degradación de los parámetros relacionados a la degradación oxidativa e hidrolítica con respecto a aquel procedente de la primera centrifugación. Del mismo modo, también se detectaron algunos compuestos volátiles, derivados de los fenómenos oxidativos y fermentativos, en los aceites provenientes del repaso.

Ben David et al. (2010), observaron que la eficacia de extracción al aplicar talco depende tanto de la cantidad de agua presente en las aceitunas como del tiempo de batido. Estos autores observaron que el rendimiento de aceite del cv. Barnea aumentó cuando el tiempo de batido fue de 30 minutos; mientras que si se aplican tiempos más prolongados este parámetro no aumenta. Este mismo fenómeno fue confirmado por Cruz et

al. (2007). Asimismo, las investigaciones de Ben David et al. (2010) confirmaron que cuando los frutos o pastas presentan mayores contenidos de agua (ej.: frutos provenientes de olivares irrigados o agregado de agua en proceso) es recomendable el uso de talco, ya que no sólo favorece la extractabilidad del aceite sino también la calidad del mismo (especialmente el contenido de fenoles totales). Esto último también fue observado por Carrapiso y colaboradores (2013), al estudiar el efecto de la adición de talco y agua sobre parámetros generales de calidad y compuestos antioxidantes en el cv. Carrasqueña.

Existen reportes de otros autores donde se compara la eficiencia a nivel industrial y aspectos cualitativos de distintos coadyuvantes tecnológicos (MNT, carbonato de calcio, cloruro de sodio y enzimas) y las combinaciones de los mismos (Espinola et al., 2009; Koprivnjak et al., 2015; Moya et al., 2010; Peres et al., 2014).

Por su parte, Moya et al. (2010), analizaron a escala industrial el efecto de dos tipos de coadyuvantes que actúan físicamente sobre el rendimiento y calidad de aceite del cv. Picual. Para tal fin, utilizaron talco y carbonato de calcio con distintos tamaño de partícula y rango de dosis comprendidas entre 0,3 y 1 % p/p. Los autores concluyeron que el carbonato de calcio (0,3 % p/p) fue el mejor coadyuvante en relación al rendimiento de aceite extraído. Asimismo, observaron que a igual tamaño de partícula el carbonato de calcio extrae mayor cantidad de aceite que el talco, y que un mayor tamaño de partícula también disminuye el contenido de aceite extraído. Considerando la calidad del aceite, no se observaron alteraciones de los aceites procedentes de la aplicación con coadyuvantes durante el proceso de extracción. Este mismo comportamiento fue observado a nivel de los parámetros sensoriales, con lo cual los autores afirman que estos compuestos solamente actúan físicamente sobre el proceso de extracción de aceite.

En tanto, Espínola et al. (2009) evaluaron el efecto del carbonato de calcio (1 y 2% p/p) sobre el proceso de extracción del aceite, en tres cultivares diferentes de olivo (Picual, Hojiblanca y Arbequina); luego también compararon la acción de este coadyuvante con aquella del talco. Estos autores observaron que el carbonato de calcio produjo un incremento sobre el rendimiento de extracción del aceite hasta un 24 % cuando la temperatura fue mantenida a 30 °C durante 55 minutos. Con respecto a las determinaciones analíticas del aceite, los autores concluyeron que no existió una influencia significativa sobre los indicadores de deterioro hidrolítico u oxidativo (ácidos grasos libres, índice de peróxidos y coeficientes de extinción en el UV) entre los aceites procedentes de los tratamientos con coadyuvante y los del control (sin carbonato de calcio), siendo clasificados todos los aceites en la categoría 'extra virgen'. Finalmente, no se observaron diferencias entre los dos tipos de coadyuvantes tecnológicos evaluados en términos de rendimiento de extracción. Este incremento del rendimiento de extracción de aceite en función del uso de carbonato de calcio, también ha sido señalado en el cv. Coratina por Squeo et al. (2016). En particular, estos autores observaron que para aceitunas menos maduras, las dosis de carbonato de calcio comprendidas entre 1 y 2%, y de mayor tamaño de partícula, determinaron un aumento significativo de la efectividad de la extracción de aceite, que varió entre el 4,0 al 4,9 %, mientras que las aceitunas más maduras requirieron cantidades más altas de coadyuvante (2 - 4% cuando se usa el tamaño de partícula más grande, y 4% cuando se usa el más pequeño), con un aumento significativo del rendimiento de extracción de hasta el 5 %. Por otra parte, en algunos casos se observó un aumento de la percepción del atributo picante al agregar carbonato de calcio a las aceitunas más maduras.

Por otro lado, Koprivnjak et al. (2015) evaluaron la posibilidad de mejorar la extractabilidad del aceite, a escala laboratorio, mediante la adición de

talco o cloruro de sodio (NaCl) (1, 2 y 3 % p/p) y sus combinaciones (talco 1,5 % + NaCl 1,5 %; talco 1,0 % + NaCl 2 %; talco 2 % + NaCl 1,0 %). Los mayores valores de extractabilidad de aceite (25 - 29 % en relación al tratamiento control) fueron obtenidos con la adición del 3% de talco o NaCl y sus combinaciones 1:2 o 2:1. Con la adición del 3% de coadyuvante, no se observaron disminuciones significativas de aldehídos de 6 átomos de carbono, mientras que si se registraron incrementos significativos de los alcoholes de 6 átomos de carbono (talco o sal) como así también de los compuestos de 5 átomos de carbono y terpenos (sal). El agregado de talco no afectó la fracción de los compuestos ortodifenólicos (fracción hidrofílica, de gran importancia nutricional), mientras que la adición de NaCl produjo un mayor contenido de estos compuestos comparado con el control (10 - 15 %).

Además, Peres et al. (2014) evaluaron a escala laboratorio (Abencor) el impacto de la utilización de enzimas pectolíticas y microtalco natural (MTN) sobre el rendimiento de aceite en dos cultivares de olivo portugueses ('Cobrançosa' y 'Galega Vulgar'). En términos generales, los resultados indicaron que tanto la adición de enzimas como la de MTN pueden aumentar el rendimiento de aceite de oliva (hasta un 34 % para dosis de talco igual a 0,4 - 0,5 %, y 0,1 % de enzimas para el cv. 'Galega Vulgar'), sin alterarse la calidad química de los aceites obtenidos a partir de dichos coadyuvantes. Estos resultados concuerdan con aquellos de Sadkaoui et al. (2016), quienes realizaron ensayos a escala laboratorio para evaluar la acción de diferentes concentraciones de pectinas (0,5; 1; 1,5 y 2 %) y microtalco (diferentes tamaño de partícula y dosis), y la acción conjunta de estos dos coadyuvantes. Por una parte, se observó que el aumento de la concentración de pectina produjo un incremento en la actividad emulsionante. El efecto emulsionante de las pectinas se debilitó con el aumento de la dosis de MTN. Las características fisicoquímicas del MTN afectaron notablemente la ruptura de las emulsiones de aceite en

agua. Sin embargo, su efecto depende de la dosis de MTN aplicada a la emulsión. La menor actividad emulsionante fue observada con el tamaño de partícula de MTN más bajo (2,4 mm) y la tasa de carbonato más alta (4%) (MTN 0,5%). De esta manera, se registró que el MTN que contuvo un tamaño de partícula más bajo y una tasa alta de carbonato mostró una mejor capacidad para romper la emulsión de aceite en agua.

Tabla XVIII. Peso fresco (g), índice de madurez (IM), contenido de humedad (%), materia grasa en base húmeda (%), materia grasa en base seca (%), y rendimiento industrial de frutos pertenecientes al cv. Arbequina en función de la aplicación de los tratamientos con microtalco natural.

Dosis de microtalco [% p/p]	Peso [g] [†]	IM	Humedad [%]*	Materia Grasa [%, Base húmeda]*	Materia Grasa [%, Base seca]*	Rendimiento industrial de aceite [kg aceite/100 kg aceituna]
0 (Control)	223	3,96	55,99 ± 9,2	20,66 ± 4,8	46,84 ± 2,9	14,33 ± 4,6
0,75	232	3,92	57,15 ± 9,0	19,84 ± 6,4	45,62 ± 4,9	15,17 ± 5,5
1,50	231	3,92	57,03 ± 6,9	19,71 ± 4,7	45,49 ± 3,6	16,37 ± 4,5
2,00	227	4,05	54,88 ± 8,6	20,16 ± 5,9	44,93 ± 3,6	15,10 ± 4,4
3,00	230	3,83	56,83 ± 7,9	19,84 ± 3,9	45,89 ± 0,6	15,40 ± 5,0

[†] Estimado en base a 100 frutos

* Determinado en frutos

No se registraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los valores medios de los tratamientos con microtalco natural.

Finalmente, en relación al análisis sensorial de los aceites procedentes de los distintos tratamientos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los mismos. Cabe mencionar, que dichos aceites correspondieron a la categoría virgen extra según la normativa COI (Tabla XIX) (COI/T.15/NC No 3/Rev. 11). El aceite procedente del tratamiento con MTN 0,75 % (p/p) presentó los mejores valores medios del perfil sensorial comparado con aquellos de los restantes tratamientos (8,5; Figura 8), destacándose los atributos de frutado y picante. Los

restantes aceites siguieron en orden de valoración sensorial: MTN 1,5% (7,4); MTN 3% (6,96); control sin talco (6,5) y MTN 2% (6,0).

Tabla XIX. Determinación de parámetros físico-químicos y mediana de atributos sensoriales de los aceites pertenecientes al cv. Arbequina obtenidos a partir de la aplicación de los diferentes tratamientos con microtalcó natural.

Dosis con microtalcó natural (MTN)	Determinaciones analíticas [‡]							Parámetros sensoriales [†]			
	Grado de acidez (% ácido oleico]	Índice de peróxidos [meq O ₂ /kg]	K ₂₃₂	K ₂₇₀	ΔK	Fenoles Totales [ppm]	Estabilidad Oxidativa [h]	Defecto	Frutado	Amargo	Picante
0 (Control)	0,30 + 0,04	2,18 + 0,18	1,78 + 0,05	0,14 + 0,06	0,00033	187,63 ± 13,15	19,43 ± 0,30	0	2,63 ± 0,82	1,87 ± 0,35	2,00 + 0,4
0,75	0,23 + 0,03	2,12 + 0,18	2,00 + 0,23	0,15 + 0,07	0,0017	114,33 ± 25,01	17,07 ± 1,55	0	3,07 ± 0,12	2,00 + 0,40	3,40 + 0,46
1,5	0,23 + 0,03	1,96 + 0,16	1,95 + 0,18	0,16 + 0,07	0,0017	147,23 ± 31,87	15,73 ± 1,02	0	2,80 ± 0,2	1,97 + 0,35	2,63 + 0,29
2,0	0,22 + 0,05	2,01 + 0,23	1,96 + 0,13	0,14 + 0,06	-0,0027	133,33 ± 14,57	16,27 ± 1,17	0	2,40 ± 0,15	1,27 + 0,33	2,33 + 0,55
3,0	0,24 + 0,05	2,40 + 0,06	1,95 + 0,15	0,15 + 0,06	-0,0017	134,07 ± 28,87	15,93 ± 2,7	0	2,63 ± 0,41	1,63 + 0,24	2,70 + 0,25
Valores establecidos por el COI para AOEV (2016)	≤ 0,8	≤ 20	≤ 2,5	≤ 0,22	≤ 0,01			0	> 0		

[‡] Valores medios ± desvío estándar (n = 3). [†] Mediana de los atributos (n = 3).

Valores medios de cada parámetro no presentaron diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05) entre los tratamientos con microtalcó natural, y entre éstos y el control.

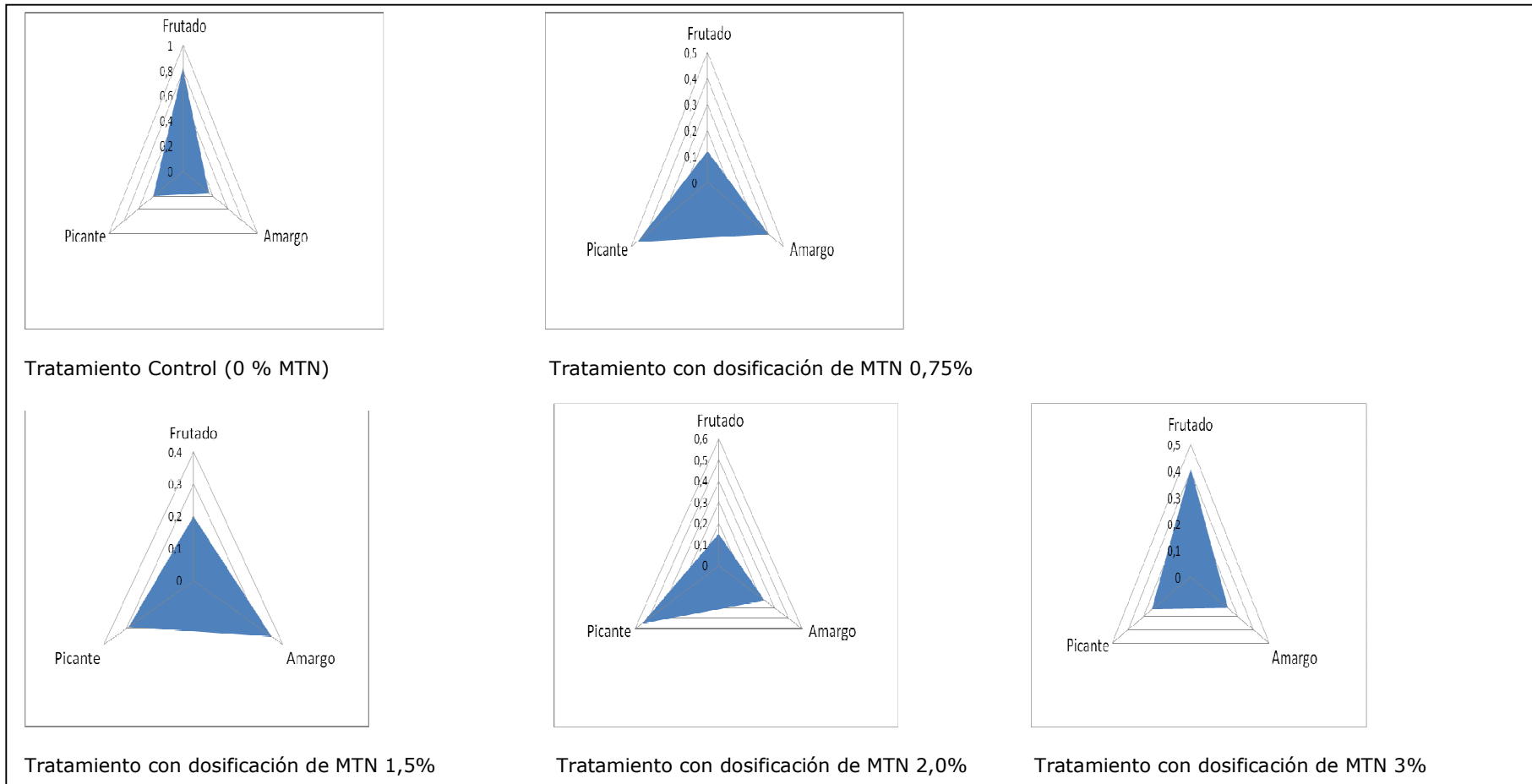


Figura 8. Perfiles sensoriales de los aceites pertenecientes al *cv. Arbequina* obtenidos a partir de la aplicación de los diferentes tratamientos con microtalcó natural (MTN).

5.3.2 **CONCLUSIONES PARCIALES**

Con respecto a los contenidos de rendimiento industrial, si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con MTN y el control, existe una leve tendencia de aumento en este parámetro cuando se aplican dosis comprendidas entre 1,5 y 3 % (p/p). Sin embargo, es importante considerar en futuros ensayos el contenido residual de aceite en los orujos.

Asimismo, la incorporación de este coadyuvante tecnológico no afectó las características químicas y sensoriales de los aceites, encontrándose los registros observados comprendidos dentro de los valores reglamentados por el COI para la categoría de aceite de oliva virgen extra. En ese sentido, la adición de MTN al 1,5 % (p/p), bajo las condiciones operativas ensayadas y teniendo en cuenta la materia prima empleada, podría resultar una dosis óptima para el sector industrial.



CAPITULO 6
CONCLUSIONES FINALES

6. CONCLUSIONES FINALES

La calidad del aceite de oliva se encuentra influenciada por diversos 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 el cultivar, el ambiente de cultivo, las prácticas culturales y el sistema de extracción.

En el presente trabajo, la mayor parte de las características físico-químicas evaluadas fueron afectadas por el año de producción, el momento de cosecha de la fruta y el ambiente de cultivo; y en menor medida por factores tecnológicos empleados para obtener los aceites.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre campañas y entre localidades geográficas de cultivo para gran parte de los parámetros evaluados; mientras que no se registraron prácticamente diferencias importantes entre los momentos de cosecha considerados.

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

Fortalezas	Debilidades
Los aceites producidos son reconocidos y valorados tanto en el mercado nacional como internacional.	La falta de homogeneidad en la producción y en consecuencia en la composición de los aceites, pueden constituirse en un obstáculo para su comercialización.
La mayor parte de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites establecidos por las normativas nacionales e internacionales para aceites de oliva extra vírgenes.	Espectro varietal reducido a nivel territorial.

Con respecto a las características de los aceites procedentes del resto de las regiones olivícolas en Argentina, se destaca una fuerte componente

ambiental que afecta las cualidades químicas de los mismos, resultando así 'Arbequina' un genotipo plástico desde el punto de vista químico. Este comportamiento, se explica en parte a las altas temperaturas medias registradas durante el período de acumulación de aceite en los frutos, lo cual influye de manera notoria sobre la calidad final de sus aceites.

Teniendo en cuenta esto último, es importante considerar la diversidad genética que presenta el olivo. Existen a nivel mundial más de 2000 cultivares de olivo; sin embargo, a nivel comercial sólo se cultivan unas pocas decenas de tales cultivares. De esta manera, tanto el sector técnico como el productivo necesitamos comenzar a revalorizar este patrimonio olivícola y reflexionar sobre diversos aspectos del cultivo: adaptabilidad a nuevas regiones, manejo distintivo y uso de diversos recursos (agua, nitrógeno, etc.), producción y comercialización diferenciada del aceite de oliva y aceituna de mesa, entre otros aspectos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, M.P., Beltran, G., Sanchez-Villasclaras, S., Uceda, M., Jimenez, A. (2010). Kneading olive paste from unripe 'Picual' fruits: I. Effect on oil process yield. *J. Food Eng.* 97: 533-538.
- Alderete Salas, S., Gómez, P.E., Matías, A.C., Moyano, P.L, Luna, M.C., Benitez, J., Dalla Lasta, F., Montalbán, 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* 55 (XIV) 2: 336- 342.
- Andrewes, P., Busch, J.L.H.C., Joode, T., Groenewegen, A., Alexandre, H. (2003). Sensory properties of virgin olive oil polyphenols: identification of deacetoxyligstroside aglycon as a key contributor to pungency. *J. Agric. Food Chem.* 51 (5): 1415-1420.
- Angerosa, F., 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, 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., Vito, R. (2000). Virgin olive oil odour notes: their relationships with volatile compounds from the lipoxygenase pathway and secoiridoid compounds. *Food Chemistry* 68 (3): 283-287.
- Angerosa, F., Basti, C. (2001). Olive oil volatile compounds from the lipoxygenase pathway in relation to fruit ripeness. *Ital. J. Food Sci.* 13:421-428.
- Angerosa, F., M. Servili, R. Selvaggini, A. Taticchi, S. Esposto, Montedoro, G. (2004). Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence

and their relationship with the quality. *J. Chromatogr. A.* 1054 (1-2):17-31.

— AOCS Method Cd 12b-92, 1997. Oil Stability Index (OSI). Sampling and analysis of commercial fats and oils. 1-5.

— Aparicio, R., Rocha, S.M., Delgadillo, I., Morales, M.T. (2000). Detection of rancid defect in virgin olive oil by the electronic nose. *J. Agr. Food Chem.* 48:853-860.

— Babelis, G., Vita Serman, F., Sierra, E. (2013). Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum. ISBN 978-987-510-230-9. 1:13-18

— Baccouri, O., Cerretani, L., Bendini, A., Lercker, G., Zarrouk, M. y Ben Miled, D.D. (2006). Determination of triglyceride composition of Tunisian and Sicilian virgin olive oil using High Performance Liquid Chromatography and Evaporative Light Scattering Detection (HPLC-ELSD). *Proc. Olivebioteq.* 2006, Nov. 5-10, Mazara del Vallo—Marsala, Italy. 2:477-480

— Baccouri, B. S., Ben Temime, W., Taamalli, D., Daoud, M.M'Sallem, Zarrouk, M. (2007). Analytical characteristics of virgin olive oils from two new varieties obtained by controlled crossing on Meski variety. *J. Food Lipids* 14:19-34.

— Baccouri, O., Guerfel, M., Baccouri, B., Cerretani, L., Bendini, A., Lercher, 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.

— Baccouri, B., Guerfel, M., Zarrouk, W., Taamalli, W., Daod, D., Zarrouk, M. (2010). Wild olive (*Olea europaea* L.) selection for quality oil production. *J. Food Biochem.* 35: 161-176

- Baiano, A., Gambacorta, G., Terracone, C., Previtali, M.A., Lamacchia, C., La Notte, E. (2009). Changes in phenolic content and antioxidant activity of Italian extra-virgin olive oils during storage. *J. Food Sci.* 74: 177-183.
- Baldioli, M., Servili, M., Perretti, G., Montedoro, G.F. (1996). Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73: 1589-1593.
- Barranco Navero, D., Cimato, A., Fiorino, P., Rallo Romero, L., Touzani, A., Castañeda, C., Serafini, F., Trujillo Navas, I. (2000). *Catálogo Mundial de Variedades de Olivo*. Ed. Consejo Oleícola Internacional. Madrid, España, 360.
- Beauchamp, G.K., Keast, R.S.J., Morel, D., Lin, J., Pika, J., Han, Q., Lee, C-H., Smith, A.B., Breslin, P.A.S. (2005). Ibuprofen-like activity in extra-virgin olive oil. *Nature* 437: 45-46.
- Bellini, E., E. Giordani, A. Ranalli, S. Contento, Parlati, M.V. (2002). Analytical characteristics of the virgin olive oils from three new genotypes obtained at Florence by cross-breeding. *Acta Hort.* 586:125-128.
- Bendini, A., Cerretani, L., Vecchi, S., Carrasco-Pancorbo, A., Lercker, G., (2006). Protective effects of extra virgin olive oil phenolics on oxidative stability in the presence or absence of copper ions. *J. Agric. Food Chem.* 54: 4880-488.
- Beltrán, G., Del Rio, C., Sánchez, S., 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 (11), 3434-3440.
- Beltrán, G., Aguilera, M.P., Del Río, C., Sánchez, S., Martínez, L. (2005). Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Food Chem.* 89: 207-215.

- Beltrán, G., Uceda, M., Hermoso, M., Frías, L. (2008). Maduración. En: El cultivo del olivo (Barranco, D.; Fernández- Escobar, R. y L, Rallo, Eds.). Ediciones Mundi Prensa. Andalucía, España. 163-187.
- Ben-David, E., Kerem, Z., Zipori, I., Weissbein, S., Basheer, L., Bustan, A., Dag, A. (2010). Optimization of the Abencor system to extract olive oil from irrigated orchards. *Eur. J. Lipid. Technol.* 112: 1158-1165.
- Bendini, A., Cerretani, A., Carrasco-Pancorbo, A., Gomez-Caravaca, A., Segura-Carretero, A., Fernandez-Gutierrez, Lercker, G. (2007). Phenolic molecules in virgin olive oils: A survey of their sensory properties, health effects, antioxidant activity and analytical methods. An overview of the last decade. *Molecule* 12: 1679–1719.
- Bodoira, R., Torres, M., Pierantozzi P., Maestri, D. (2012). Oil Accumulation Pattern from Arauco, an Autochthonous Argentinean Olive Cultivar VII Simposio Internacional de Olivicultura. San Juan.pp.70.
- Bodoira, R., Torres, M., Pierantozzi, P., Taticchi, A., Servili, M., Maestri, D. (2015). Oil biogenesis and antioxidant compounds from “Arauco” olive (*Olea europaea* L.) cultivar during fruit development and ripening. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117: 377–388.
- Bodoira, R., Torres, M., Pierantozzi, P., Aguate, F., Taticchi, A., Servili, M. (2016). Dynamics of fatty acids, tocopherols and phenolic compounds biogenesis during olive (*Olea europaea* L.) fruit ontogeny. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 93: 1289–1299.
- Bonoli, M., Bendini, A., Cerretani, L., Lercker, G., Toschi, T.G. (2004). Qualitative and semiquantitative analysis of phenolic compounds in extra virgin olive oils as a function of the ripening degree of olive fruits by different analytical techniques. *J. Agric. Food Chem.* 52: 7026-7032.
- Boskou, D. (1996). *Olive Oil: Chemistry and Technology*. AOCS Press, Champaign, Illinois. ISBN 9781439832028, pp. 288.

- Briante, R., Patumi, M., Limongelli, S., Febbraio, F., Vaccaro, C., Di Salle, A., La Cara, F., Nucci, R. (2002). Changes in phenolic and enzymatic activities content during fruit ripening in two Italian cultivars of *Olea europaea* L. *Plant Science* 162: 791-798.
- Capella, P., E. Fedeli, G. Bonaga, Lerker, G. (1997). *Manuale degli oli e dei grassi*. Tecniche Nuove, Milano. ISBN 8870819795, pp 488.
- Caponio, F., Alloggio, V., Gomes, T. (1999). Phenolic compounds of virgin olive oil: Influence of paste preparation techniques. *Food Chem.* 64:203-209.
- Caponio, F., Gomes, T., Pasqualone, A. (2001). Phenolic compounds in virgin olive oils: influence of the degree of olive ripeness on organoleptic characteristics and shelf-life. *Eur. Food. Res. Technol.* 212: 329-333.
- Caponio, F., Squeo, G., Monteleone, J.I., Paradiso, V.M., Pasqualone, A. Summo, C. (2015). First and second centrifugation of olive paste: Influence of talc addition on yield, chemical composition and volatile compounds of the oils. *LWT - Food Sci. Technol.* 64: 439-445
- Carrapiso, A.I., García, A., Petró, M.J., Martín, L. (2013). Effect of talc and water addition on olive oil quality and antioxidants. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 115: 583-538.
- Carluccio, M.A., Siculella, L., Ancora, M.A., Massaro, M., Scoditti, E., Storelli, C., Visioli, F., Distanti, A., 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., 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.

— Caruso, T., Motisi, A., Sebastiani, L. (2006). Recent Advances in Olive Industry. Second Intl. Seminar Olivebioteq. Special Seminars and Invited Lectures, 5-10 Nov, Marsala - Mazara del Vallo (TP), Italy.

— Caruso, G., Gucci, R., Urbani, S., Esposto, S., Taticchi, A., Di Maio, I., Selvaggini, R., Servili, M. (2014). Effect of different irrigation volumes during fruit development on quality of virgin olive oil of cv. Frantoio. *Agric. Water Management* 134: 94-103.

— Cavagnaro, P., Juárez, M., Bauza, M. y Masuelli, R.W. (2001). Discriminación de variedades de olivo a través del uso de caracteres morfológicos y de marcadores moleculares. *Agriscientia XVIII*: 27-35.

— Ceci, L.N., Carelli, A.A. (2007). Characterization of monovarietal argentinian olive oils from new productive zones. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 84: 1125-1136.

— Ceci, N., Mattar, S., Carelli, A. (2017). Chemical quality and oxidative stability of extra virgin olive oils from San Juan province (Argentina). *Food Res. Int.* 100(1)764-770

— Cirilli, M., Caruso, G., Gennai, C., Urbani, S., Frioni, E., (2017). The role of polyphenoloxidase, peroxidase, and β -glucosidase in phenolics accumulation in *Olea europea* L. fruits under different water regimes. *Front. Plant Sci.* 8:717.

— Cimato, A., Cantini, C., Sani, G. (1990). Climate-phenology relationships on olive cv. Frantoio. *Acta Hortic.* 286: 171-174.

— Cioffi, G., Pesca, M.S., De Caprariis, P., Braca, A., Severino, L., De Tommasi, N. (2010). Phenolic compounds in olive oil and olive pomace

from Cilento (Campania, Italy) and their antioxidant activity. *Food Chem.* 121: 105-111.

— Civantos, H.F. (2008). La olivicultura en el mundo y en España. En: *El cultivo del olivo* (Barranco, D.; Fernández- Escobar, R. y Rallo, L., Eds.). Ediciones Mundi Prensa. Andalucía, España. 17-35.

— COI/T.15/NC No 3/Rev. 11 - NORMA COMERCIAL APLICABLE A LOS ACEITES DE OLIVA Y LOS ACEITES DE ORUJO DE OLIVA (JULIO 2016). <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/222-standards>

— COI/T.20/DOC. 15/2013 Evaluación organoléptica del aceite de oliva virgen. <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/224-testing-methods>

— COI/T.20/Doc. No 19/Rev. 4- 2017. Índice espectrofotométrico al ultravioleta. <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/224-testing-methods>

— COI/T.20/Doc. No 28/Rev.2 2017. Determinatio of the content of wases, fatty acid methyl esters y fatty acid ethyl esters by capillary gas chromatography.<http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/224-testing-methods>

— Conde, C., Delrot, S., Gerôs, H. (2008). Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. *J. Plant Physiol.* 165, 1545–1562.

— Contreras, C., Pierantozzi, P., Maestri, D., Searles, P., Brizuela, M., Fernandez, F., Toro, A., Puertas, C., Trentacoste, E., Kiessling, J., Torres, M. (2017). XXXV Reunión Científica Anual, Sociedad de Biología de Cuyo, "Evaluation of the genotype - environment interaction in two olive cultivars (*Olea europaea* L.) in the latitudinal gradient of cultivation in Argentina", San Luis, Merlo, Argentina.

- Cornejo, V., Aballay, P., Storniolo, L., Gines, L. (2010). Evaluación de coadyuvantes en la extracción de aceite de oliva. Jornadas de Ciencia y Técnica UNSJ, 16 y 17 de septiembre 2010, ISBN 978.950.605.623-0.
- Cruz, S., Yousfi, K., Pérez, A.G., Mariscal, C. García, J.M. (2007). Salt improves physical extraction of olive oil. *Eur. Food Res. Tech.* 225: 359-365.
- Dabbou, S., Dabbou, S., Chehab, H., Brahmi, F., Taticchi, A., Servili, M., Hammami, M. (2011). Chemical composition of virgin olive oils from Koroneiki cultivar grown in Tunisia with regard to fruit ripening and irrigation regimes. *Int. J. Food Sci. Technol.* 46: 577-585.
- Dabbou, S., Chaieb, I., Rjiba, I., Issaoui, M., Echbili, A., Nakbi, A., Gazzah, N., Hammami, M. (2012). Multivariate data analysis of fatty acid content in the classification of olive oils developed through controlled crossbreeding. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 89: 667-674.
- Dag, A., Kerem, Z., Yogev, N., Zipori, I., Lavee, S., Ben-David, E. (2011). Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. *Sci. Hortic.* 127: 358-366.
- Dag, A., Harlev, G., Lavee, S., Zipori, I., Kerem, Z. (2014). Optimizing olive harvest time under hot climatic conditions of Jordan Valley, Israel. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 116: 169-176.
- Dalla Lasta, M. (2006). Estudio de parámetros de genuinidad de aceites varietales de la provincia de Catamarca- Campaña 2005. *Aceites y Grasas* 63: 312-317.
- Damak, N., Bouaziz, M., Ayadi, M., Sayadi, S., Damak, M. (2008). Effect of the maturation process on the phenolic fractions, fatty acids, and antioxidant activity of the Chétoui olive fruit cultivar. *J. Agric. Food Chem.* 56: 1560-1566.

- De la Rosa, R., Talhaoui, N., Rouis, H., Velasco, L., León, L. (2013). Fruit characteristics and fatty acid composition in advanced olive breeding selections along the ripening period. *Food Res. Int.* 54: 1890-1896.
- De la Rosa, R., Arias-Calderón, R., Velasco L., León, L. (2016). Early selection for oil quality components in olive breeding progenies. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 118: 1160-1167
- De Stefano, G., Piaquadio, P., Servili, M., Di Giovacchino, L., Sciancalepore, V. (1999). Effect of the extraction systems on the phenolic composition of virgin olive oils. *Fett/Lipid* 101:328-332.
- D' Imperio, M., Dugo, G., Alfa, M., Mannina, L., Segre, A. (2007). Statistical analysis on Sicilian olive oils. *Food Chem.* 102:956-965.
- Dhifi, W., Harrouni, I., Ayachi, S., Chaed, T., Saidani, M., Marzouk, B. (2004). Biochemical characterization of some Tunisian olive oils. *J. Food Lipids* 11: 287-296.
- Di Matteo, M., Spagna Musso, S., Grassog, G., Bufalo, G. (1992). Caratterizzazione agronomica e merceologica in relazione al grado di maturazione delle produzioni di alcune cultivar olearie della provincia di Avellino. *Rivista della Societa Italiana di Scienza dell'Alimentazione* 21:35-36.
- Diraman, H., Saygi, H., Hisil, Y. (2010). Relationship between geographical origin and fatty acid composition of Turkish virgin olive oils for two harvest years. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 87(7) 781-789.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat versión 2009*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- Di Vaio, C., Nocerino, S., Paduano, A., Sacchi, R. (2012). Influence of some environmental factors on drupe maturation and olive oil composition. *J. Sci. Food and Agric.* 93: 1134-1139.
- Dugo, G., Lo Turco, V., Pollicino, D., Mavrogeni, E., Pipitone, F. (2004). Caratterizzazione degli oli di oliva vergini siciliani. Variazione qualitativa di oli da cv 'Biancolilla, Nocellara del Belice, Cerasuola, Tonda Iblea, e Crastu in funzione delle tecniche e del período di raccolta. *Olivae* 101:44-52.
- Espínola F., Moya M., Fernández D.G., Castro E. (2009). Improved extraction of virgin olive oil using calcium carbonate as coadjuvant extractant. *J. Food Eng.* 92, 112-118.
- Esposto, S., Montedoro, G.F., Selvaggini, R., Riccò, I., Taticchi, A., Urbani, S., Servili, M. (2008). Monitoring of virgin olive oil volatile compounds evolution during olive malaxation by an array of metal oxide sensors. *Food Chem.* 113:345-350.
- Essiori, M., Zouhair, R., Chimi, H. (2014). Contribución al estudio de la tipicidad de los aceites de olive vírgenes producidos en la región de Sais (Marruecos) OLIVAE N°119. Revista oficial del Consejo Oleícola Internacional www.internationaloliveoil.org
- Famiani F., Proietti P., Farinelli D., Tombesi A. (2000). Oil quality in relation to olive ripening. *Acta Hort.*, 586: 671-674.
- Farinelli, D., Pierantozzi, P., Palese, M.A. (2012). Pollenizer and Cultivar Influence Seed Number and Fruit Characteristics in *Olea europaea* L. *HortScience* 47 (10): 1430-1437.
- Fedeli, E. (1996). Tecnología de producción y de conservación del aceite. En: *Enciclopedia Mundial del Olivo* (Plaza y Jánés, eds.). Barcelona, España, pp. 479.

- Ferreiro, L., Aparicio, R. (1992). Influencia de la altitud en la composición química de los aceites de oliva vírgenes de Andalucía. Ecuaciones matemáticas de clasificación. *Grasas y Aceites* 43 (3):149–156.
- Fiorino, P., Nizzi Grifi, F. (1991). Olive maturation and variations in certain oil constituents. *Olivae* 35:25–33.
- Fiorino, P., Alessandri, S. (1996). Tecniche agronomiche e caratteristiche dell'olio di oliva. In: *P World Olive Encyclopaedia*. Intl. Olive Council, Madrid. 195–222.
- Fiorino, P., Ottanelli, A. (2004). Crescita ed inolizione dei frutti di cultivar di olivo (*Olea europaea*) nella Toscana interna e possibili influenze dell'ambiente nella determinazione dei trigliceridi. *Atti Convegno Germoplasma Olivicolo e Tipicità dell'Olio*, Perugia, Italy, December 5, 2003. 158–164.
- Fiorino, P. (2005). Comportamento di cv di olivo e risposte all'ambiente. *L'Informatore Agrario* 2:45–49
- Fito, M., Covas, M.I., Lamuela-Raventos, R.M., Vila, J., Orrents, J., De La Torre, C., Marrugat, J. (2000). Protective effect of olive oil and its phenolic compounds against low density lipoprotein oxidation. *Lipids*, 35: 633-638.
- Fito, M., R. de la Torre, M. Farre Albaladejo, O. Khymenetz, J. Marrugat, Covas, M.I. (2007). Bioavailability and antioxidant effects of olive oil phenolic compounds in humans: a review. *Ann. Ist. Super. Sanita* 43 (4):375–381.
- Frezzotti, G. (1934). *Influenza dei fattori ambientali sulla costituzione chimica dell'olio d'oliva*. Tipografia Economica, Perugia, Italy. 1–8.

- Ganz, T.R., Harris, D., Abbott, L.K., Kailis, S.G. (2002). Organoleptic and nutritional quality of olive oil from south-western region of Australia. *Adv. Hort. Sci.* 16:267–272.
- García, J.M., Sellar, S., Pérez-Camino C. (1996). Influence of fruit ripening on olive oil quality. *J. Agr. Food Chem.* 44:3516–3520.
- García-Gonzales, D.L., Aparicio, R. (2002a). Detection of defective virgin olive oil by metal oxide sensors. *Eur. Food Res. Technol.* 215:118–123.
- García-Gonzales, D.L., Aparicio, R. (2002b). Detection of vinegary defect in virgin olive oils by metal oxide sensors. *J. Agr. Food Chem.* 50:1809–1814.
- García-Inza, G.P., Castro, D.N., Hall, A.J., Rousseaux, M.C. (2014). Responses to temperature of fruit dry weight, oil concentration, and fatty acid composition in olive (*Olea europaea* L. var. 'Arauco'). *Eur. J. Agron.* 54: 107-115.
- Gimeno, E., Castellote, A.I., Lamuela-Raventós, R.M., de la Torre-Boronat, M.C., 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.
- Gómez del Campo A., Morales-Sillero, Vita Serman F., Rousseaux M.C., Searles P.S. (2010). El olivar en los valles áridos del Noroeste de Argentina (provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan). ISSN: 0255-996X. *Olivae* 114, 23-44.
- Gómez-González, S., Ruiz-Jiménez, J., De Castro, M.D.L. (2011). Oil content and fatty acid profile of Spanish cultivars during olive fruit ripening. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 88: 1737-1745.

- Gouveia, J. (1997). Comparación de los aceites de oliva de los cultivares cobrancosa, blanqueta, azeiteira y picual con los del cv. Galega Vulgar, Producidos en el Norte del Alentejo. I. Principales características químicas y sensoriales. *Olivae* 66:34–45.
- Gucci, R., Servili, M. (2006). L'irrigazione in deficit controllato in olivicoltura. *Accademia dei Georgofili —Quaderni—2005—IV*, Firenze. 119–142.
- Gucci, R., Lodolini, E., Rapoport, H.F. (2007). Productivity of olive trees with different water status and crop load. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 82: 648-656.
- Guerin, J., G. Collins, Sedgley, M. (2000). Selection and breeding of olive cultivars. *Outlook Agr.* 29 (4)269–274.
- Gutiérrez, F., T. Arnaud, Albi, M.A. (1999). Influence of ecological cultivation on virgin olive oil quality. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76:617–621.
- Gutiérrez Rosales, F. Perdiguero, S., Gutiérrez, R., Olias, J. M. (1992). Evaluation of the bitter taste in virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69 (4) 394–395.
- Gutiérrez-Rosales, F., Paz Romero, M., Casanovas, M., Motilva, M.J., Mínguez-Mosquera, M.I. (2012). β -Glucosidase involvement in the formation and transformation of oleuropein during the growth and development of olive fruits (*Olea europaea* L. cv. Arbequina) grown under different farming practices. *J. Agric. Food Chem.* 60: 4348–4358.
- Haddam, M., Chimi, H., El-Antari, A. (2014). Physicochemical characterisation and oxidative stability of olive oils produced from the 'Picholine marocaine', 'Haouzia', 'Koroneiki' and 'Arbequina' varieties in the central olive growing region of Morocco (Chaouia-Ouardigha). *Olivae* 119: 22–34.

- Hammami, S.B.M., Manrique, T., Rapoport, H.F. (2011). Cultivar-based fruit size in olive depends on different tissue and cellular processes throughout growth. *Sci. Hort.* 130: 445-451.
- Hannachi, H., Breton, C., Msallem, M., El-Hadj, S. B., El-Gazzah, M., Bervillé, A. (2008). Differences between native and introduced olive cultivars as revealed by morphology of drupes, oil composition and SSR polymorphisms: a case study in Tunisia. *Sci. Hort.* 116: 280-290.
- Hannachi, H., H. Sommerlatte, C. Breton, M. Msallem, M. El Gazzah, Ben El Hadj, S., Berville, A. (2009). Oleaster (var. *sylvestris*) and subsp. *cuspidata* are suitable genetic resources for improvement of the olive (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *europaea*). *Gen. Res. Crop Evol.* 56 (3):393-403.
- Hannachi, H., Nasri, N., Elfalleh, W., Tlili, N., Ferchichi, A., Msallem, M. (2013). Fatty Acids, sterols, polyphenols, and chlorophylls of olive oils obtained from Tunisian wild olive trees (*Olea europaea* L. var. *sylvestris*). *Int. J. Food Prop.* 16, 1271-1283.
- Hermoso, M., Uceda, M., Frias, L., Beltran, G. (1999). Maduración. En: *El cultivo del olivo* (Barranco, D.; Fernández- Escobar, R. y L, Rallo, eds.). Ediciones Mundi Prensa. Andalucía, España. 168-171.
- Hernández, M.L., Padilla, M., Mancha, M., Martínez-Rivas, J.M. (2009). Expression analysis identifies FAD2-2 as the olive desaturase gene mainly responsible for the linoleic acid content in virgin olive oil. *J. Agric. Food Chem.* 57: 6199-6206.
- Inglese, P., Famiani, F. (2008). Linee di sviluppo dell'olivicoltura italiana tra tradizione ed innovazione. *Riv. Frutticoltura Ortofloricoltura* 6:60-67.

- Inglese, P., Famiani, F., Galvano, F., Servili, M., Esposito, S., Urbani, S. (2010). Factors affecting extra-virgin olive oil composition. *Horticultural Reviews*: 83-147.
- ISO 660:2009. International Standard. Animal and Vegetable fats and oils- Determination of acid value and acidity.
- ISO 3960:2017. International Standard. Animal and Vegetable fats and oils- Determination of peroxide value-Iodometric (visual) endpoint determination.
- Jiménez, B., Sánchez-Ortiz, A., Lorenzo, M.L., Rivas, A. (2013). Influence of fruit ripening on agronomic parameters, quality indices, sensory attributes and phenolic compounds of Picudo olive oils. *Food Res. Int.* 54: 1860-1867.
- Kalua, C.M., Allen, M.S., Bedgood, D.R., Bishop, A.G., Prenzler, P.D., Robards, K. (2007). Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. *Food Chem.* 100 (1):273–286.
- Keys, A. (1980). Seven countries: A multivariate analysis of death and coronaric heart disease. Harvard Univ. Press. Cambridge, MA.
- Kiritsakis, A.K. (1998). Flavour components of olive oil—a review. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75:673–681.
- Klepo, T., De la Rosa, R. Satovic, Z. León, L. Belaj, A. (2013). Utility of wild germplasm in olive breeding. *Sci. Hortic.* 152:92-101.
- Klepo, T., Toumi, A., de la Rosa, R., León, L., Belaj, A. (2014). Agronomic evaluation of seedlings from crosses between the main Spanish olive cultivar 'Picual' and two wild olive trees. *J. Hortic. Sc.Biotech.* 89: 508-512.
- Koprivnjak O., Bubola K.B., Kosić U. (2015) Sodium chloride compared to talc as processing aid has similar impact on volatile

compounds but more favorable on ortho-diphenols in virgin olive oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 118: 318-324.

— Lavee, S. (1986). Olive. Handbook of fruit set and development (Monselise, S., Ed.). CRC Press. 261-276.

— Lavee, S., Wodner, M. (1991). Factors affecting the nature of oil accumulation in fruit of olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *J. Hortic. Sci.* 66: 583-591.

— Lavee, S. (1996). Biología y Fisiología del olivo. En: Enciclopedia Mundial del Olivo. Consejo Oleícola Internacional. Madrid, España. p.: 61-110.

— Lavee, S., Wodner, M. (2004). The effect of yield, harvest time and fruit size on the oil content in fruits of irrigated olive trees (*Olea europaea* L.), cvs. Barnea and Manzanillo. *Sci. Hortic.* 99:267-277.

— Lavelli, V., Bondesan, L. (2005). Secoiridoids, tocopherols, and antioxidant activity of monovarietal extra virgin olive oils extracted from destoned fruits. *J. Agr. Food Chem.* 53:1102-1107.

— Lazzez, A., Perri, E., Caravita, M.A., Khlif, M., Cossentini, M. (2008). Influence of olive maturity stage and geographical origin on some minor components in virgin olive oil of the chemlali variety. *J. Agric. Food Chem.* 56: 982-988.

— León, L., M. Uceda, A. Jiménez, L.M. Martín, Rallo, L. (2004). Variability of fatty acid composition in olive (*Olea europaea* L.) progenies. *Spanish J. Agr. Res.* 2 (3):353-359.

— León, L., De la Rosa, R., Gracia, A., Barranco, D., Rallo, L. (2008). Fatty acid composition of advanced olive selections obtained by crossbreeding. *J. Sci. Food Agr.* 88 (11):1921-1926.

- León, L., Beltrán, G., Aguilera, M. P., Rallo, L., Barranco, D., de la Rosa, R. (2011). Oil composition of advanced selections from an olive breeding program. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol*, 113, 870–875
- De la Rosa, R., Arias-Calderón, R., Velasco L., León, L. (2016). Early selection for oil quality components in olive breeding progenies. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*. 118: 1160-1167.
- Lotti, G., Izzo, R., Riu, R. (1982). Influenza del clima sulla composizione acidica e sterolica degli oli di oliva. *Rivista della Società Italiana di Scienza dell'Alimentazione* 2:115–126.
- Lo Curto, S., Dugo, G., Mondello, L., Errante, G., Russo, M. T. (2001). Variation of tocopherol content in virgin Italian olive oils. *J. Ital. Food Sci*. 13:221–228.
- Lombardo, N., Marone, E., Alessandrino, M., Godino, G. (2008). Influence of growing season temperatures in the fatty acids (FAs) of triacylglycerols (TAGs) composition in Italian cultivars of *Olea europaea* L. *Adv. Hort. Sci*. 22: 49-53.
- Lombardo S., Pandino G., Mauro R., Mauromicale G. (2008). Polyphenol content in globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori] as affected by genotype, head part and harvest time. *Proceedings of 24th International Conference on Polyphenols*. 563–564
- Liotta, M. (2000) Los suelos del Valle del Tulúm, Zonda y Ullúm. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-Suelos_valle_del_tulum_ullum_y_zonda.pdf
- Maestro-Durán R., Borja-Padilla R., (1990). La calidad del aceite de oliva en relación con la composición y maduración de la aceituna. *Grasas y Aceites* 41: 171-178.

- Mahjoub Haddada, F., H. Manai, I. Ouselati, D. Daoud, Zarrrouk, M. (2007). Parametri di qualita, composizione degli acidi grassi e composizione dei triacilgliceroli presso nuove varietà mediterranee coltivate in Tunisia—uno studio comparativo. *Olivae* 108:12–20.
- Mailer, R.J., Ayton, J., Graham, K. (2010). The influence of growing region, cultivar and harvest timing on the diversity of Australian olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 87(8): 877-884
- Manai H., Haddada, F.M., Trigui A., Daud, D., Zarrrouk M. (2007). Compositional quality of virgin olive oil from two new Tunisian cultivars obtained through controlled crossings. *J. Sci. Food Agric.* 87: 600-606.
- Manai, H., Mahjoub-Haddada, F., Oueslati, I., Daoud, D., Zarrrouk, M. (2008). Characterization of monovarietal virgin olive oils from six crossing varieties. *Sci. Hortic.* 115 (3):252–260.
- Mannina L., Fontanazza G., Patumi M., Ansanelli G., Segre A. (2001). Italian and Argentine olive oils: a NMR and gas chromatographic study. *Grasas y Aceites* 52(6): 380-388.
- Mannina, L., Dugo, G., Salvo, F., Locicero, L., Ansanelli, G., Calcagni, C. (2003). Study of the cultivar composition relationship in Sicilian olive oils by GC, NMR and statistical methods. *J. Agr. Food Chem.* 51:120–127.
- Manrique, T. (1997). Pautas y procesos celulares en el crecimiento de la aceituna. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Córdoba, pp.95.
- Manrique, T., Castro, J., Pastor, M., Rapoport, H.F. (1999). Mesocarp cell division and expansion in the growth of olive fruit. *Acta Hort.* 474: 301-304.
- Martín-Vertedor, A.I., Pérez Rodríguez, J.M., Prieto Losada, H., Ferreres Castiel, E. (2011). Interactive responses to water deficits and crop

load in olive (*Olea europaea* L., cv. Morisca). II: Water use, fruit and oil yield. *Agric. Water Manag.* 98: 950-958.

— Martínez Suárez, J. (1973). Recientes estudios de la almazara experimental del Instituto de la Grasa. *Riv. It. Sostanze Grasse* 50: 325-330

— Masella, R., Vari, R., D'Archivio, M., Di Benedetto, R., Matarrese, P., Malorni, W., Scazzocchio, B., 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.

— Matías, A.C., Luna M.C., Moyano P.L., Alderete Salas S., Gómez P.E., Dalla Lasta F., Benítez J.L., Montalván L.D. (2004). Determinación del momento oportuno de cosecha para la obtención de aceite de oliva virgen extra de las variedades Pendolino, Moraiolo, Picual y Arbequina cultivadas en el valle central de Catamarca (República Argentina). *Aceites y Grasas* 57: 676-681

— Matos, L.C., Cunha, S.C., Amaral, J.S., Pereira, J.A., Andrade, P.B., Seabra, R.M. Oliveira, B.P.P. (2007). Chemometric characterization of three varietal olive oils (Cvs. Cobrançosa, Madural and Verdeal Transmontana) extracted from olives with different maturation indices. *Food Chem.* 102: 406-414.

— Matteucci, M., D'Angeli, S., Errico, S., Lamanna, R., Perrotta, G., Altamura, M.M. (2011). Cold affects the transcription of fatty acid desaturases and oil quality in the fruit of *Olea europaea* L. genotypes with different cold hardiness. *J. Exp. Bot.* 62: 3403-3420.

— Menz, G., Vriesekoop, F. (2010). Physical and chemical changes during the maturation of Gordal Sevillana olives (*Olea europaea* L., cv. Gordal Sevillana). *J. Agric. Food Chem.* 58: 4934-4938.

- Mulinacci, N., C. Giaccherini, M. Innocenti, A. Romani, F.F. Vincieri, F. Marotta, Mattei, A. (2005). Analysis of extra virgin olive oils from stoned olives. *J. Sci. Food Agr.* 85:662–670.
- Monasterio, R. P., Olmo-García, L., Bajoub, A., Fernández-Gutiérrez, A., Carrasco-Pancorbo, A. (2017). Phenolic Compounds Profiling of Virgin Olive Oils from Different Varieties Cultivated in Mendoza, Argentina, by Using Liquid Chromatography–Mass Spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 65: 8184–8195.
- Montedoro, G.F., Garofolo, L. (1984). Caratteristiche qualitative degli oli vergini di oliva. Influenza di alcune variabili: varietà, ambiente, conservazione, estrazione, condizionamento del prodotto finito. *Riv. Ital. Sostanze Grasse* 61:3–11.
- Montedoro, G.F., Servili, M., Baldioli, M., Miniati, E. (1992). Simple and hydrolyzable compounds in virgin olive oil. 1. Their extraction, separation and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. *J. Agric. Food Chem.* 40: 1571-1576.
- Montedoro, G.F., Servili, M., Pannelli, G. (2003). Le caratteristiche del prodotto e le relazioni con le variabili agronomiche. In: P. Fiorino (ed.), *Olea—Trattato di olivicoltura*. Edagricole—Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE Edagricole, Bologna. 263–289
- Morales, M., Aparicio, R. (1999). Effect of extraction conditions on sensory quality of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76(3): 295-300.
- Morales, M.T., Luna, G., Aparicio, R. (2000). Sensory and chemical evaluation of wineyvinegary defect in virgin olive oils. *Eur. Food Res. Technol.* 211:222–228.
- Morales M.T., Luna, G., Aparicio, R. (2005). Comparative study of virgin olive oil sensory defects. *Food Chem.* 91:293–301.

- Morelló, J.R., Moltiva, M.J., Ramo, T., Romero, M.P. (2003). Effect of freeze injuries in olive fruit on virgin olive oil composition. *Food Chem.* 81:547–553.
- Morelló, J.R., Romero, M.P., Motilva, M.J. (2004). Effect of the maturation process of the olive fruit on the phenolic fraction of drupes and oils from Arbequina, Farga, and Morrut cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 52: 6002-6009.
- Morelló, J.R., Romero, M.P., Ramo, T., Motilva, M.J. (2005). Evaluation of L-phenylalanine ammonia-lyase activity and phenolic profile in olive drupe (*Olea europaea* L.) from fruit setting period to harvesting time. *Plant Sci.* 168:65–72.
- Morettini, A. (1972). Biología floral e della fruttificazione. In *Olivicoltura*, Ramo Editoriale degli agricoltori - Roma: 95-127.
- Moscatelli, G. Lutens, A., Aleska, A. (1990). Provincia de San Juan Escala 1:1.000.000 en Atlas de Suelos de la Republica Argentina Centro de Investigación de Recursos Naturales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 355- 76.
- Mousa, Y.M., Gerasopoulos, D., Metzidakis, I., Kiritsakis, A. (1996). Effect of altitude on fruit and oil quality characteristics of 'Mastoides' olives. *J. Sci. Food Agr.* 71:345–350.
- Mousavi, S., Mariotti, R., Regni, L., Nasini, N., Bufacchi, M., Pandolfi, S., Baldoni, L., Proietti, P. (2017) The First Molecular Identification of an Olive Collection Applying Standard Simple Sequence Repeats and Novel Expressed Sequence Tag Markers. *Front. Plant Sci.*, 19 July 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01283>.
- Moya M., Espínola F., Fernández D.G., Moreno, M.V. (2006). Obtención de aceite de oliva virgen de calidad. Estudio mediante

metodología de superficie de respuesta. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 211: 31-35.

— Moya M., Espínola F., Fernández D.G., de Torres A., Marcos J., Josue J., Sánchez T., Castro E. (2010). Industrial trials on coadjuvants for olive oil extraction. *J. Food Eng.* 97: 57-63.

— Nergiz, C., Engez, Y. (2000). Compositional variation of olive fruit during ripening. *Food Chem.* 69: 55-59.

— Newmark, H.L. (1997). Squalene, olive oil, and cancer risk: A review and hypothesis. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 6:1101-1103.

— Nicklas, T.A., Hampl, J.S., Taylor, C. A., Thompson, V.J., Heird, W.C. (2004). Monounsaturated fatty acid intake by children and adults: Temporal trends and demographic differences. *Nutr. Rev.* 62:132-141.

— Nissiotis, M. y Tasioula-Margari, M. (2002). Changes in antioxidant concentration of virgin olive oil during thermal oxidation. *Food Chem.* 77: 371-376.

— Norma UNE 55-020-73. Aenor, Asociación Española de Normalización y Certificación. (1973). *Materias Grasas. Humedad y materias volátiles (Método de la estufa de aire)*, Madrid, España.

— Norma UNE 55030. Aenor, Asociación Española de Normalización y Certificación. (1961). *Cuerpos Grasos. Determinación del contenido en materia grasa total de la aceituna*. Madrid, España.

— Novello, R. y Robert, M. (2009). Cadena del olivo en la provincia de San Juan, en: Cáceres, R; Novello, R. y Robert, M. 2009. *Análisis de la Cadena del Olivo en Argentina. Estudios Socioeconómicos de los Sistemas agroalimentarios y Agroindustriales Nº 2*. Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina. 61-77. ISSN 1852-4605.

- Orlandi, F., Bonofiglio, T., Romano, B., Fornaciari, M. (2012). Qualitative and quantitative aspects of olive production in relation to climate in southern Italy. *Sci. Hortic.* 138, 151-158.
- Osman, M., I. Metzidakis, D. Gerasopoulos, Kiritsakis, A. (1994). Qualitative changes in olive oil of fruits collected from trees grown at two altitudes. *Riv. Ital. Sostanze Grasse* 71:187-190.
- Oviedo, A.S. (2015). El proceso de innovación tecnológica en la producción familiar olivícola del departamento Pocito, San Juan, Argentina. Tesis de Maestría en Universidad de Buenos Aires, Argentina. [Http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2015oviedoalejandros_ebastian.pdf](http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2015oviedoalejandros_ebastian.pdf)
- Owen, R.W., Mier, W., Giacosa A., Hull, W. E., Spiegelhalder, B., Bartsch, H. (2000). Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. *Food Chem. Toxicol.* 38: 647-659.
- Panaro, V., Clodoveo, M.L., Leone, A., Montel, G.L. (2003). Produttività di diversi cantieri di raccolta e loro influenza sulla qualità dell'olio extra vergine di oliva. *Olivae* 98: 29-35.
- Pannelli, G., Montedoro, G.F. (1988). Scelte varietali, condizioni pedoclimatiche, maturazione del frutto e caratteristiche qualitative dell'olio di oliva. Atti Convegno "Aspetti fisiologici della cascola, della maturazione, della conservazione e della trasformazione post raccolta dei frutti", Torino, Italy, October 3-4, 1988. 99-105.
- Pannelli, G., Famiani, F., Servili, M., Montedoro, G.F. (1990). Agro-climatic factors and characteristics of the composition of virgin olive oils. *Acta Hortic.* 286:477-480
- Pannelli, G., Servili, M., Baldioli, M., Selvaggini, R., Montedoro, G.F. (1994). Effect of agronomic and seasonal factors on olive (*Olea europaea*

L.) production and on the qualitative characterization of the oil. *Acta Hortic.* 356:239–243.

— Pannelli, G., Selvaggini, R., Servili, M., Baldioli, M., Montedoro, G.F. (1996). La produzione e la composizione dell'olio in relazione alla fisiologia dello stress idrico in olivo (*Olea europaea* L.) cv. Leccino. Atti "L'olivicoltura Mediterranea: stato e prospettive della coltura e della ricerca," Rende (CS), January 26–28, 1995. 701–721.

— Parenti A., Spugnoli, P., Masella, P., Calamai, L. (2006a). Carbon dioxide emission from olive oil pastes during the transformation process: Technological spinoffs. *Eur. Food Res. Technol.* 222: 521–526.

— Parenti, A., Spugnoli, P., Masella, P., Calamai, L., Pantani, O.L. (2006b). Improving olive oil quality using CO₂ evolved from olive pastes during processing. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 108: 904–912.

— Paz Aguilera, M., G. Beltrán, D. Ortega, A. Fernández, A. Jiménez, Uceda, M. (2005). Characterization of virgin olive oil of Italian olive cultivars 'Frantoio' and 'Leccino, grown in Andalusia. *Food Chem.* 89:387–391.

— Peres F., Martins L.L., Ferreira-Dias S. (2014). Laboratory-scale optimization of olive oil extraction: Simultaneous addition of enzymes and microtalc improves the yield. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.* 116: 1054-1062.

— Pérez, A.G., León, L., Sanz, C., De La Rosa, R. (2018). Fruit phenolic profiling: a new selection criterion in olive breeding programs. *Frontiers Plant Sci.* 9: 241.

— Pereyra, B. R. (2000). Clima de la provincia de San Juan. Argentina. Recursos y problemas ambientales de la zona árida. *Prog. Coop. Junta Gobierno Andalucía. PAN-GTZ, Primera Parte:* 71-78.

- Petroni, A., Blasevich, M., Salami, M., Papini, N., Montedoro, G.F., Galli, C. (1995). Inhibition of platelet aggregation and eicosanoid production by phenolic components of olive oil. *Thromb. Res.* 78:151-160.
- Petursson, S., Decker, E.A., McClements, D.J. (2004). Stabilization of oil-in-water emulsions by cod protein extracts. *J. Agric. Food Chem.* 52. 3996–4001.
- Pierantozzi P., Farinelli D., Tombesi A. (2006). Efectos de la polinización sobre algunas características de los frutos pertenecientes a cuatro variedades de *Olea europaea* L. I Simposio Internacional de Olivicultura, XXIX Congreso Argentino de Horticultura, Catamarca-Argentina.
- Pierantozzi, P., Torres, M., Lavee, S., Maestri, D. (2014). Vegetative and reproductive responses, oil yield and composition from olive trees (*Olea europaea*) under contrasting water availability during the dry winter-spring period in central Argentina, Londres, *Ann. Appl. Biol.* 116 – 127.
- Proietti, P., Nasini L, Famiani F, Guelfi P, Standardi A. (2012). Influence of light availability on fruit and oil characteristics in *Olea europaea* L. *Acta Hortic.*, 949: 243-250.
- Rallo, P., Rapoport, H.F. (2001). Early growth and development of the olive fruit mesocarp. *J. Hort. Sci. Biotech.* 76: 408-412.
- Rallo, L., Cuevas, J. (2008). Fructificación y producción. En: *El cultivo del olivo* (Barranco, D.; Fernández- Escobar, R. y Rallo, L., Eds.). Ediciones Mundi Prensa. Andalucía, España. 127-162.
- Rallo L., Muñoz-Diez, C. (2010). Olive growig in a time of change. *Soils, Plant Growth Crop Prod. Life Support Syst. (EOLSS)*, Dev. under Auspices UNESCO.

- Ranalli, A., De Mattia, G. (1997). Characterization of olive oil production with a new enzyme processing aid. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 74:1105–1113.
- Ranalli, A., De Mattia, G., Ferrante, M.L., Giansante, L. (1997). Incidence of olive cultivation area on the analytical characteristics of the oil. Note 1. *Riv. It. Sostanze Grasse* 73:501–508.
- Ranalli, A., Pollastri, L., Contento, S., Lannucci, E., Lucera L. (2003a). Effect of olive paste kneading process time on the overall quality of virgin olive oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 105: 57-67.
- Rangel, B., Platt, K.A., Thomson, W.W. (1997). Ultrastructural aspects of the cytoplasmic origin and accumulation of oil in olive fruit (*Olea europaea* L.). *Physiol. Plant.* 101: 109-114.
- Rapoport, H.F. (2008). Botánica y morfología. En: *El cultivo del olivo* (Barranco, D.; Fernández- Escobar, R. y Rallo, L., Eds.). Ediciones Mundi Prensa. Andalucía, España, 37-62.
- Rapoport, H., Moreno-Alias, (2017). Botánica y morfología. En: *El cultivo del olivo* (Barranco, D.; Fernández- Escobar, R. y Rallo, L., Eds.). Ediciones Mundi Prensa. Andalucía, España.699-727.
- Ravetti L. (1999). Caracterización preliminar de variedades y aceites de oliva vírgenes de la provincia de Catamarca. *Aceites y Grasas* 36:361–369.
- Ripa, V., De Rose, F., Caravita, M.L., Parise, M.R., Perri, E., Rosati, A., Pandolfi, S., Paoletti, A., Pannelli, G., Padula, G., Giordani, E., Bellini, E., Buccoliero, A., Mennone, C. (2008). Qualitative evaluation of olive oils from new olive selections and effects of genotype and environment on oil quality. *Adv. Hort. Sci.* 22 (2):95–103.

- Romero, M.P., Motilva, M.J. (2010) Effect of climatic conditions on quality of virgin olive oil. In *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*; Preedy, V.R., Watson, R.R., Eds.; Elsevier Inc: San Diego (CA). 43–50.
- Rondaninni, D. P., Castro D.N., Searles P.S., Rosseaux M.C. (2011). Fatty acid profiles of varietal virgin olive oils (*Olea europaea* L.) from mature orchards in warm arid valleys of Northwestern Argentina (La Rioja). *Grasas y Aceites* 62(4)399-409.
- Rondanini, D.P., Castro, D.N., Searles, P.S., Rousseaux, M.C. (2014). Contrasting patterns of fatty acid composition and oil accumulation during fruit growth in several olive varieties and locations in a non-Mediterranean region. *Eur. J. Agron.* 52: 237-246.
- Rotondi, A., Alfei, B., Magli, M., Pannelli, G. (2010). Influence of genetic matrix and crop year on chemical and sensory profiles of Italian monovarietal extra-virgin olive oils. *J. Sci. Food Agric.* 2010; 90: 2641–2648.
- Rugini, E., Lavee, S. (1992). Olive. In: Hammerschlag, F.A., Litz, R.E. (Eds.) *Biotechnology of Perennial Fruit Crops*. CAB Int., Wellingford, UK. 371–382.
- Ryan, D., Prenzler, P., Lavee, S., Antolovich, M., Robards, K. (2003). Quantitative changes in phenolic content during physiological development of the olive (*Olea europea* L.) cultivar Hardy's Mammoth. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2532-2538.
- Sadkaoui, A., Jimenez, A., Pacheco, R., Beltrán, G. (2016). Micronized natural talc with a low particle size and a high carbonate rate is more effective at breaking down oil-in-water emulsion. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2016. 118: 545–552

- Sakouhi, F., Herchi, W., Sbei, K., Absalon, C., Boukhchina, S. (2011). Characterization and accumulation of squalene and n-alkanes in developing Tunisian *Olea europaea* L. fruits. *Int. Food Sci. Technol.* 46: 2281–2286.
- Salas, J.L., Sánchez, J., Ramli, U.S., Manaf, A.M., Williams, M., Harwood, J.L. (2000). Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruits. *Prog. Lipid Res.* 39: 151-180.
- Salcedo, E.N., Castro, T.S., Massanés, E.F. (1977). Estudio de Suelo y Drenaje de los Valles de Ullúm y Zonda. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-suelos_valle_del_tulum_ullum_y_zonda.pdf
- Salvador, M. D., Aranda, F., Fregapane, G. (1998). Chemical composition of commercial Cornicabra virgin olive oil from 1995/96 and 1996/97 crops. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75(10) 1305-1311.
- Salvador, M.D., Aranda, F., 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.
- Saseghi, H., Talaii, A.R. (2002). Impact of environmental conditions on fatty acids combination of olive oil in an Iranian olive, cv. Zard. *Acta Hortic.* 586:579- 582.
- Saumitou-Laprade, P., Vernet, P., Vekemans, X., Billiard, S., Gallina, S., Essalouh, L., Mhaïs, A., Moukhli, A., El Bakkali, A., Barcaccia, G., Alagna, F., Mariotti, R., Cultrera, N., Pandolfi, S., Rossi, M., Khadari, B., Baldoni, L. (2017). Elucidation of the genetic architecture of self-incompatibility in olive: Evolutionary consequences and perspectives for orchard management. *Evolutionary Applications* 10 (9) 867-880.
- Searles, P.S., Agüero Alcaras, M., Ruseaux, M.C. (2011). El consumo del agua por el cultivo del olivo (*Olea Europea* L.) en el noroeste

de Argentina: una comparación con la Cuenca Mediterránea. *Ecología Austral* 21(1) 15-28.

— Searles, P., Rousseaux, M.C., Ladux, J., Trentacoste, E., Arjona, C., Cólica, J., Matias, C., Bueno, L., Vita Serman, F. (2012). Argentina. En El-Kholy, M.; Avanzato, D.; Caballero J.; Chartzoulakis K. y Vita Sherman, F. (eds.). *Following Olive Footprints (Olea europaea L.) Cultivation and Culture, Folcklore and History, Traditions and Uses*. 13-23.

— SECH. (1998). Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. *Diccionario de Ciencias Hortícolas*. Ed. Mundi-Prensa. pp.605.

— Servili, M., Montedoro, G.F., Pannelli, G., Famiani, F. (1990). Influenza delle variabili pedologiche, tecnologiche e varietali sulla qualità degli oli vergini di oliva. *Atti Convegno "Problematiche qualitative dell'olio di oliva," Sassari, Italy, November 6, 1990*. 231-245.

— Servili, M., Baldioli, M., Selvaggini, R., Miniati, E., Macchioni, A. (1999). High-performance liquid chromatography evaluation of phenols in olive fruit, virgin olive oil, vegetation waters and pomace and 1D- and 2D-nuclear magnetic resonance characterization. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76:873-882.

— Servili, M., Montedoro, G.F. (2002a). Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 104:602-613.

— Servili, M., Piacquadio, P., De Stefano, G., Taticchi, A., Sciancalepore, V. (2002b). Effect of extraction systems on the phenolic composition of virgin olive oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 104:483-489.

— Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S., Montedoro, G.F. (2003a). Air exposure time of olive pastes during the extraction process and phenolic and volatile composition of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 80:685-695.

- Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S., Montedoro, G.F. (2003b). 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. Agr. Food Chem.* 51: 7980–7988.
- Servili, M., Selvaggini, R., Esposto, S., Taticchi, A., Montedoro, G.F., Morozzi, G. (2004). Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: Agronomic and technological aspect of production that affect their occurrence in the oil. *J. Chromatogr.* 1054: 113–127.
- Servili, M., Taticchi, A., Esposto, S., Urbani, S., Selvaggini, R., Montedoro, G. F. (2007). Effect of olive stoning on the volatile and phenolic composition of virgin olive oil. *J. Agr. Food Chem.* 55: 7028–7035.
- Servili, M., Taticchi, A., Esposto, S., Urbani, S., Selvaggini, R., Montedoro, G.F. (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. Agr. Food Chem.* 56: 10048–10055.
- Servili M., Esposto S., Fabiani R. (2009a). Phenolic compounds in olive oil: antioxidant, health and sensory activities according to their chemical structure. *Inflammopharmacology* 17: 76–84.
- Servili M., Esposto S., Taticchi A., Urbani, I. Di Maio, B. Sordini, R. Selvaggini, Montedoro, G.F., Angerosa, F (2009b). Volatile compounds of virgin olive oil: their importance in the sensory quality. In: Berti L, Maury J, eds. *Advances in Olive Resources*. 45–77
- Servili, M., Sordini, B., Esposto, S., Urbani, S., Veneziani, G., Di Maio, I., Selvaggini, R., Taticchi, A. (2014). Biological activities of phenolic compounds of extra virgin olive oil. *Antioxidants* 3: 1-23.

- SMN - Servicio Meteorológico Nacional - "Atlas Climático". Base de datos electrónica consultada el 13 de diciembre de 2013. Disponible en: <https://www.smn.gob.ar/>
- Solinas, M. (1987). Analisi HRGC delle sostanze fenoliche di oli vergini di oliva in relazione al grado di maturazione e alla varietà delle olive. *Riv. It. Sostanze Grasse*, 64: 255-262.
- Solinas, M., Angerosa, F., Camera, L. (1988). Oxidative changes in vegetable oils during frying: Determination of volatiles by HRGC and HPLC. *Riv. Ital. Sostanze Grasse* 65:567–574.
- Solinas, M. (1990). La qualità dell'olio di oliva e i fattori che la influenzano. Atti Convegno "Problematiche qualitative dell'olio di oliva" Sassari, Italy, November 6:23–56.
- Squeo G., Silletti R., Summo C., Paradiso V.M., Pasqualone A., Caponio F. (2016). Influence of calcium carbonate on extraction yield and quality of extra virgin oil from olive (*Olea europaea* L. cv. Coratina). *Food Chem.* 209: 65–71.
- Stefanoudakii, E., Kotsifaki, F., 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.
- Sweeney, S., K. Butler, D. Konlan, R. Correl, G. Jones, P. McClure, Tailor, R. (2002). A survey of selected oil composition and fruit characteristic in different olive varieties across Australia. *Adv. Hort. Sci.* 3–4:254–258.
- Talhaoui N., Gómez-Caravaca, A. M., León, L., De la Rosa, R., Fernández-Gutiérrez, A., Segura-Carretero, A. (2016) From Olive Fruits to Olive Oil: Phenolic compound Transfer in Six Different Olive Cultivars Grown under the Same Agronomical Conditions. *Int. J. Mol. Sci.* 17: 337.

- Taticchi, A., Esposto, S., Veneziani, G., Urbani, S., Selvaggini, R., Servili, M. (2013). The influence of the malaxation temperature on the activity of polyphenoloxidase and peroxidase and on the phenolic composition of virgin olive oil. *Food Chem.* 136: 975-983.
- Tognetti, R., d'Andria, A., Lavini, A., Morelli, G. (2006). The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea europaea* L. (cvs. Frantoio and Leccino). *Eur. J. Agronomy* 25: 356-364.
- Torres, M.M. (2006). Caracterización química – organoléptica y molecular de variedades y aceites de oliva vírgenes de la provincia de Córdoba (Argentina). Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. pp 127.
- Torres, M.M., Maestri, D.M. (2006a). Chemical composition of Arbequina virgin olive oil in relation to extraction and storage conditions. *J. Sci. Food Agric.* 86: 2311-2317.
- Torres, M.M., Maestri, D.M. (2006b). The effects of genotype and extraction methods on chemical composition of virgin olive oils from Traslasierra Valley (Córdoba, Argentina). *Food Chem.* 96(4): 507-511.
- Torres, M. M., Pierantozzi, P., Cáceres, M. E., Labombarda, P., Fontanazza, G., Maestri, D.M. (2009). Genetic and chemical assessment in Arbequina olive cultivar grown in Córdoba province (Argentina). *J. Sci. Food Agric.* 89(3) 523–530.
- Torres, M.M., Pierantozzi, P., Orecchia, E., Maestri, D. (2011). Mejoramiento de la calidad de la producción de aceite de oliva de la provincia de Córdoba. En el Marco del Proyecto de Transferencia de los resultados de investigación (PROTRI) del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba (I.S.B.N 978-987-33-0985-8).
- Torres, M.M., Martínez, M.L., Pierantozzi, P., Albanese, M.L., Nasjleti, A., Maestri, D.M. (2011). Contribution of compositional

parameters to the oxidative stability of olive and walnut oil blends. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 88: 755-762.

— Torres, M., Pierantozzi, P., Searles, P., Rousseaux, C., García-Inza, G., Miserere, A., Bodoira, R., Contreras, C., Maestri, M. (2017). Olive Cultivation in the Southern Hemisphere: Flowering, Water Requirements and Oil Quality Responses to New Crop Environments. *Journal Frontiers in Plant Scienc.* October 2017. Volume 8. Artículo 1830.

— Tous, J., Romero, A. (1994). Cultivar and location effects on olive oil quality in Catalonia, Spain. *Acta Hortic.* 356:323–326.

— Tous, J., Romero, A. (1994). Aceites catalanes. Denominación de origen. En: *Olivicultura. Fundación "La Caixa" Agrolatino, S.L.* 364-370.

— Tous, J., Romero, A., Plana, J., Guerrero, L., Díaz, I. y Hermosos, J.F. (1997). Chemical and sensory characteristics of Arbequina olive oil obtained in different growing areas of Spain. *Grasas y Aceites* 48(6): 415-424.

— Tous, J., Romero, A., Plana, J., Guerrero, L., Diaz, I., Hermoso J.F. (1997). Características de los aceites de oliva virgen de la variedad Arbequina *Olivicultura II Ed. Agro Latino S.L. Barcelona España* 88:118-124.

— Tovar M.J., Romero M.P., Alegre S., Girona J., Motilva M.J. (2003). Composition and organoleptic characteristic of oil from Arbequina olive (*Olea europea L*) trees under deficit irrigation. *J. Sci. Food Agric.*, 82: 1755-1763.

— Trentacoste, E.R., Puertas, C.M., Sadras, V.O. (2010). Effect of fruit load on oil yield components and dynamics of fruit growth and oil accumulation in olive (*Olea europaea L.*). *Eur. J. Agron.* 32: 249-254.

- Trentacoste, E.R., Puertas, C.M., Sadras, V.O. (2012). Modelling the intraspecific variation in the dynamics of fruit growth, oil and water concentration in olive (*Olea europaea* L.) *Eur. J. Agron.* 38: 83-93.
- Tura D., Gigliotti C., Pedro` S., Failla O., Bassi D., Serraiocco A. (2007). Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic and hydrophilic antioxidants in virgin olive oils (*Olea europea* L.) and correlations with oxidative stability. *Sci. Hortic.* 112: 108–119.
- Tura, D., O. Failla, S. Pedò, C. Gigliotti, D. Bassi, Serraiocco, A. (2008). Effects of seasonal weather variability on olive oil composition in northern Italy. *Acta Hort.* 791: 769–776.
- Uceda M., 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. 571-596.
- Uceda, M., Hermoso, M. (2001). La calidad del aceite de oliva. *El cultivo del olivo*. Eds D Barranco, R.Fernandez-Escobar, L Rallo. (Junta de Andalucía- Ediciones Mundi-Prensa: Madrid). 589-614.
- Uceda M., Jiménez A. Beltrán G. (2006). Olive oil extraction and quality. *Grasas y Aceites* 57: 25- 31.
- Uceda, M., Hermoso, M., Aguilera, M.P. (2008). La calidad del aceite de oliva. En: *El cultivo del olivo* (Barranco, D.; Fernández- Escobar, R. y Rallo, L., Eds.). Ediciones Mundi Prensa. Andalucía, España, 699-727.
- Velasco, J., Dobarganes, C. (2002). Oxidative stability of virgin olive oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 104: 661–676.
- Vierhuis, E., M. Servili, M. Baldioli, H.A. Schols, A.G.J. Voragen, Montedoro, G. F. (2001). Effect of enzyme treatment during mechanical extraction of olive oil on phenolic compounds and polysaccharides. *J. Agr. Food Chem.* 49:1218–1223.

- Vinha, A.F., Ferreres, Branca, F., Silva, M., Valentão, P., Gonçalves, A., Pereira, J., Oliveira, A., Seabra, R. M., 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., Galli, C. (1998). Olive oil phenols and their potential effects on human health. *J. Agric. Food Chem.* 46: 4992-4296.
- Vitagliano, M., A.M. Leone, Vodret, A. (1961). Ricerche sull'olio per via gas-cromatografica e possibilita di difenderne la genuinita. *Riv. Ital. Sostanze Grasse* 38:111-120.
- Youssef, N.B., Zarrouk, W., Carrasco-Pancorbo, A., Youssef, O., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., Daoud, D., Zarrouk, M. (2009). Effect of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of chétoui virgin olive oil. *J. Sci. Food Agric.* 90(2)199-204
- Zarrouk, W., Baccouri, B., Taamalli, W., Trigui, A. (2009). Oil fatty acid composition of eighteen Mediterranean olive varieties cultivated under the arid conditions of Boughrara (southern Tunisia). *Grasas y Aceites* 60: 498-506.
- Ziogas, V., Tanou, G., Molassiotis, A., Diamantidis, G., Vasilakakis, M. (2010). Antioxidant and free radical-scavenging activities of phenolic extracts of olive fruits. *Food Chem.* 120: 1097-1103.