



## CARACTERIZACIÓN DE LA FENOLOGÍA, CONTENIDO Y CALIDAD DEL ACEITE EN OLIVO (*OLEA EUROPAEA* L.) DE UN MONTE AÑOSO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES

Leila M. Hamze<sup>1</sup>; Deborah Rondanini<sup>2-3</sup>, Georgina García Inza<sup>1-3</sup>; Liliana B. Windauer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Cátedra de Fruticultura.

<sup>2</sup>Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía.

Cátedra de Producción Vegetal. <sup>3</sup>CONICET.

E-mail: windauer@agro.uba.ar

Recibido: 05/09/2017

Aceptado: 12/08/2018

### RESUMEN

La producción de olivo (*Olea europaea* L.) ocupa tradicionalmente grandes áreas en la cuenca mediterránea, donde se lo cultiva desde tiempos remotos. Sin embargo, existen otras áreas no tradicionales alrededor del mundo, con diferentes condiciones edafo-climáticas que pueden modificar el comportamiento de variedades de olivo para mesa y aceite. El objetivo del trabajo fue caracterizar el fin de la floración, el cuaje, la dinámica de crecimiento de frutos y la acumulación y calidad de aceite, de árboles de olivo de 70 años cultivados en el Área Metropolitana de Buenos Aires creciendo en condiciones de cultivo tradicional (100 pl/ha) y en secano durante el ciclo productivo 2014/2015. Los árboles se agruparon, según los registros de plantación y características morfológicas, en 4 grupos diferentes: Frantoio (F), Leccino (L), Q (Arbequina) y A (material en colección). Los grupos mostraron diferencias en la fecha de final de floración (5 días entre el grupo A y Q que son el primero y último, respectivamente, en alcanzar dicho estado), mientras que el 40-50% de las inflorescencias cuajaron en todos ellos. El peso seco final del fruto no mostró diferencias entre grupos aunque la tasa de crecimiento de fruto fue significativamente mayor en Q. El contenido final de aceite en el fruto fue mayor en el grupo F, asociado a una mayor tasa de acumulación de aceite. El grupo L tuvo la menor tasa de acumulación de aceite. La proporción de ácidos grasos varió entre grupos. Q presentó el mayor contenido de ácido oleico y el menor de linoleico, pero los cuatro grupos lograron valores dentro de los límites internacionales para aceite de oliva extra virgen. Los resultados indican que es posible obtener aceite de adecuada calidad de un monte añoso en una zona no tradicional para el cultivo de esta especie.

**Palabras clave:** olivo, AMBA, peso de fruto, ácido oleico, aceite de oliva virgen.

## CHARACTERIZATION OF THE PHENOLOGY, OIL CONTENT AND QUALITY IN OLIVE (*OLEA EUROPAEA* L.) FROM AN OLD ORCHARD IN THE METROPOLITAN AREA OF BUENOS AIRES

### ABSTRACT

Olive production (*Olea europaea* L.) traditionally occupies large areas in the Mediterranean basin, where it has been cultivated since ancient times. However, there are other non-traditional areas around the world, with different edapho-climatic conditions that can modify the behavior of olive varieties. The aim of this work was to characterize the end of flowering, the fruit set, the dynamics of fruit growth and the accumulation and quality of oil, olive trees of 70 years grown in the Metropolitan Area of Buenos Aires growing in a traditional grove (100 pl / ha) and rainfed during the productive cycle 2014/2015. The trees were grouped, according to the records

of planting and morphological characteristics, into 4 different groups named: F, L, Q and A. The groups showed differences in the end date of flowering (5 days between group A and Q which are the first and last, respectively, to reach this state), while 40-50% of the inflorescences set in all of them. The final dry weight of the fruit showed no differences between groups although the fruit growth rate was significantly higher in Q. The final oil content in the fruit was higher in group F, associated with a higher rate of oil accumulation. Group L had the lowest rate of oil accumulation. The proportion of fatty acids varied between groups. Q presented the highest oleic acid content and the lowest linoleic content, but the four groups achieved values within the international limits for extra virgin olive oil. The results indicate that it is possible to obtain oil of adequate quality from an old orchard in a non-traditional zone for the cultivation of this species.

**Key words:** olive, AMBA, fruit weight, oleic acid, virgin olive oil.

## INTRODUCCIÓN

El Olivo (*Olea europaea* L.) es una especie perenne cultivada por el valor de sus frutos (*i.e.*, drupas) que acumulan aceite. El fruto se caracteriza por tener un periodo de crecimiento prolongado de entre 5 y 7 meses y la mayor cantidad de aceite se sintetiza y acumula en el mesocarpo (Conde *et al.*, 2008). El aceite de oliva virgen extra es particularmente apreciado por su alta calidad nutricional y estabilidad oxidativa, debido a su alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados (*e.i.*, ácido oleico) y los compuestos fenólicos (Bendini *et al.*, 2007), por lo cual el consumo de aceite de oliva aumenta cada vez más en todo el mundo (Chtourou Bouchaala *et al.*, 2014). Tradicionalmente se lo cultiva en regiones de la cuenca Mediterránea. Sin embargo, la expansión hacia zonas extra mediterráneas amplió el rango de condiciones ambientales de producción.

La Argentina cuenta con 105.000 hectáreas implantadas con olivo (COI, 2013) distribuyéndose principalmente en las provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, y en menor medida en Córdoba y Buenos Aires. El destino de la producción es 65% para la elaboración de aceite y 35% para aceituna de mesa (Matias *et al.*, 2012). La producción nacional oleícola se basa en la obtención de grandes volúmenes de aceites vírgenes, tanto varietales como blends, siendo Arbequina la principal variedad aceitera cultivada en el país. La expansión en el noroeste de la Argentina provocó el corrimiento de etapas fenológicas

del cultivo, del momento de endurecimiento del carozo y del crecimiento del fruto y la acumulación de aceites, con respecto a lo que ocurre en la cuenca del mediterráneo (Cherby-Hoffmann *et al.*, 2013). En estas condiciones de mayor temperatura, el rendimiento en aceite suele ser menor que los obtenidos en Europa. Algunos cultivares, como Arbequina, no siempre logran los parámetros de genuinidad del aceite determinados por el Consejo Oleícola Internacional (COI, 2015) ya que el contenido de ácido oleico se halla por debajo del 53% mínimo exigido, y el ácido linolénico está por encima del 1% máximo permitido para el aceite de oliva virgen (Ceci y Carelli, 2010, Rondanini *et al.*, 2011).

En el sur de la provincia de Buenos Aires existe un cluster olivícola en activa expansión, centrado en el Partido de Coronel Dorrego, cuya estrategia es la diferenciación y la elaboración de aceites de calidad con altos contenidos de ácido oleico, lo cual posiblemente se asocia a las bajas temperaturas de la región (Rosetti, 2016). La implantación del cultivo en regiones alternativas de producción en altas latitudes, como la provincia de Buenos Aires y la incipiente plantación en la región patagónica, jerarquiza el estudio de la fenología de los distintos cultivares, la morfología, la dinámica de acumulación y de los atributos de calidad del aceite obtenido en estas regiones. La concentración final de aceite en el fruto es consecuencia de la tasa y la duración de periodo de acumulación de aceite, y ambas pueden diferir entre cultivares y condiciones ambientales (Trentacoste *et al.*,

2012; Rondanini *et al.*, 2014). Existen evidencias de modificaciones de dichas variables cuando un mismo cultivar explora diferentes ambientes (Perez Lopez *et al.*, 2008, García-Inza *et al.*, 2014).

Dado que la información sobre el comportamiento de cultivares de olivo creciendo en zonas no tradicionales de producción, como la Región Pampeana, es escasa y fragmentada, el objetivo de este trabajo es describir aspectos de la fenología, dinámica de crecimiento de los frutos, acumulación de aceite y composición ácida del aceite de cuatro materiales de olivo de un monte añoso ubicado en la ciudad de Buenos Aires.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio y material vegetal

El ensayo se llevó a cabo durante la temporada 2014/2015 en un monte experimental añoso implantado en el año 1945 en la actual Facultad de Ciencias Veterinarias – UBA localizada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (34° 35' S, 59° 29' O). La forma de conducción de los árboles es en vaso, el distanciamiento entre plantas es del 10 x 10 m en condiciones de secano. Los árboles recibieron una poda de rejuvenecimiento dos años antes de la realización del estudio.

De acuerdo a los registros de plantación de 1945 (plano original conservado desde el momento de su implantación) y las características morfológicas actuales de los árboles, se identificaron 4 grupos diferentes de árboles (Fotografía 1) denominados: F (Frantoio), L (Leccino), Q (Arbequina) y el grupo A (Ascolano en los registros, pero que sin embargo presentaban diferencias morfológicas en hojas y frutos respecto a las características descritas en la bibliografía Matias *et al.*, 2013; Trentacoste, 2014). Cada árbol individual fue una unidad muestral con 3 repeticiones por tratamiento, considerándose tratamientos a los cuatro grupos.



**Fotografía 1.** Frutos (paneles izquierdos A, C, E, G) y hojas (paneles derechos B, D, F, H) de los diferentes grupos identificados: Arbequina (A y B), A (C y D), Frantoio (E y F), Leccino (G y H) en registros de 1945.

### Fenología

A mediados de septiembre de 2014, se marcaron al azar en cada árbol 13 brindillas con primordios florales, situadas en la parte externa de la copa y a 2 m de altura desde el suelo (Fotografía 2). Se registró el largo, el número de nudos y el número de inflorescencias de cada brindilla.

Para la determinación de las fechas de ocurrencia de los distintos estados fenológicos se utilizó la metodología descrita por el INTA "Fenología del Olivar" (Aybar *et al.*, 2006). Las observaciones se iniciaron a mediados de septiembre (cuando la floración había comenzado en la mayoría de los grupos) y fueron hechas cada cuatro días sobre las brindillas seleccionadas y marcadas inicialmente, y determinando cual era el estado de maduración más atrasado, más abundante y más adelantado de los frutos en cada brindilla individual. A partir de dichas observaciones se determinó, para cada unidad muestral, la fecha de final de floración (FFL); de cuajado de frutos (CF) y de comienzo de envero (CE),



**Fotografía 2.** Vista de los árboles de olivo con brindillas marcadas mediante cintas de colores en un monte añoso en la ciudad de Buenos Aires. (A) Brindilla en árbol del grupo F. (B) Árbol entero del grupo F (C) Brindilla en árbol del grupo A.

momento de cambio en la coloración del fruto). De acuerdo al método mencionado se establece como fecha de final de floración aquella en la cual aparecen las primeras flores con pétalos pardos y caídos, el momento de cuajado como aquel en el cual en la mayoría de las flores se distinguen los frutos sobrepasando el cáliz y como comienzo de envero el momento en el cual los primeros frutos adoptan el color característico de esta etapa.

La fecha de floración obtenida en el experimento fue comparada por la simulada a partir del modelo propuesto por De Melo-Abreu *et al.*, (2004) y validado por Aybar *et al.*, (2015) para la región del NOA. Para la simulación se utilizaron datos meteorológicos obtenidos en la Facultad de Agronomía (aproximadamente a 200 m del experimento) y provistos por la cátedra de Climatología y Fenología Agrícola (FAUBA). De acuerdo al modelo, las horas de frío se acumulan en el período comprendido entre el día 1 de abril y la fecha en la cual se alcanza el requerimiento de unidades de frío propio de cada cultivar. En

este caso utilizamos los parámetros correspondientes al cv. Arbequina. Para comparar resultados con un área climáticamente contrastante con el sitio del experimento, se simuló la fecha de salida de dormición y de floración para la localidad de Valle Central de Catamarca en una serie de diez años, utilizando datos meteorológicos provistos por el Servicio Meteorológico Nacional.

En las brindillas marcadas se determinó el porcentaje de cuaje de acuerdo con Cherbiy-Hoffmann *et al.*, (2013), relacionando el número de inflorescencias presentes al inicio de la floración con el número de frutos persistentes en la fecha en que la mayoría de los frutos se encontraban entre estado I (crecimiento del fruto) y J (endurecimiento del carozo) de la escala de Colbrant y Fabre (1975). A partir de la FFL para cada una de los grupos se calculó el momento de CF y de CE, en días después de final de floración (DDFL).

La determinación del endurecimiento de carozo se realizó penetrando los mismos des-

de su extremo pistilar con una navaja y se determinó que el carozo estaba endurecido cuando más del 50% de los endocarpos no pudieron ser penetrados.

### Crecimiento de frutos

Entre diciembre de 2014 y mayo de 2015 se recolectaron mensualmente 10 frutos por árbol al azar situados en la parte externa de la copa y de la zona media del árbol hasta que se observó una estabilización en el crecimiento de los mismos. El tamaño reducido de la muestra se debió a la baja carga de los árboles (<10 kilos de fruta por árbol) asociado a la intensa poda de rejuvenecimiento realizada en 2012. Manualmente se separó la pulpa y el carozo, determinando el peso fresco de ambos utilizando una balanza electrónica. Las muestras fueron llevadas a estufa a 70°C durante 72 h para determinar su peso seco. A partir de los pesos frescos y secos de los frutos durante la estación de crecimiento se calculó el porcentaje de humedad (en base húmeda) en los mismos.

Se ajustó un modelo de regresión lineal con punto de corte a la relación entre el peso y el tiempo térmico (TT) desde final de floración, utilizando el siguiente modelo condicional:

$$y = a + bx \text{ si } x < c \quad y = a + bc \text{ si } x \geq c$$

(ecuación 1)

Donde  $y$  es la variable dependiente (peso),  $x$  es el TT desde FFL,  $a$  es la ordenada al origen,  $b$  es la pendiente de la fase lineal (la tasa de crecimiento) y  $c$  es el punto de quiebre que indica el TT necesario para alcanzar el máximo peso, a partir del cual se mantiene constante.

El TT se calculó según el modelo:

$$TT (\text{°Cd}) = (T_m - T_b) \times \text{duración (días)}$$

(ecuación 2)

donde  $T_m$ : es la temperatura media diaria,  $T_b$ : es la temperatura base (5°C, de acuerdo con la temperatura utilizada en trabajos pre-

vios por Tentracoste *et al.*, 2012 y Rondanini *et al.*, 2014). La  $T_m$  se obtuvo de la estación meteorológica Villa Ortúzar del Servicio Meteorológico Nacional, ubicada a 300 m del olivar (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Temperatura media mensual y precipitación acumulada mensual en la Ciudad de Buenos Aires desde el 1/10/ 2014 al 31/05/ 2015

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)
octubre	20,2	200,0
noviembre	20,8	235,4
diciembre	23,5	80,8
enero	24,3	175,9
febrero	24,7	38,1
marzo	23,0	18,1
abril	20,7	64,9
mayo	16,7	51,8

A partir del ajuste de las curvas (ecuación 1) se estimaron los parámetros, tasa de crecimiento (pendiente de la recta de acumulación de peso seco), duración de crecimiento (tiempo térmico desde floración hasta la estabilización del peso seco) y máximo peso seco. Las diferencias entre grupos de árboles se analizaron mediante ANOVA y test de Tukey, con una significancia del 5%.

### Extracción de aceite de la pulpa

A partir de las muestras de pulpa seca obtenidas en cuatro fechas de muestreo (diciembre, marzo, abril y mayo) se determinó el porcentaje de materia grasa (MG). Debido al escaso número de frutos por árbol, el índice de madurez no se midió en muestras de 100 frutos como indica la técnica, sino en 10 frutos. El procedimiento se realizó sólo para las muestras obtenidas en estas fechas ya que se consideró suficiente a los fines del trabajo. El aceite fue extraído mediante la técnica de Soxhlet (IUPAC, 1992) a partir de la pulpa procesada en molinillo eléctrico y utilizando hexano como solvente. Se obtuvo así el contenido de aceite de la pulpa, y fue ex-

presado como porcentaje de MG del fruto, considerando el peso total correspondiente a pulpa y a endocarpo (carozo). Se usó un modelo de regresión lineal con punto de quiebre (ecuación 3) para modelar la relación entre MG y la duración (TT) desde final de floración.

$$y = a + bx \text{ si } x < c \text{ ó } y = a + bc \text{ si } x \geq c$$

(ecuación 3)

En este caso  $y$  representa el contenido de MG (%MS) en el fruto en un momento determinado. El contenido de aceite del fruto es el máximo y alcanzado cuando finaliza la síntesis de aceite. El factor  $b$  representa la pendiente o tasa de acumulación de materia grasa en el fruto en función el tiempo térmico (% MG/°Cd) y  $c$  es el punto del quiebre que indica el TT necesario para alcanzar el máximo contenido de MG. La duración de la acumulación de aceite (ecuación 2) es el tiempo térmico (°Cd) al cual se alcanza el máximo contenido de aceite (es decir, el valor al cual se maximiza  $y$ )

### Determinación de composición ácida del aceite

Se determinó la composición del aceite extraído obteniendo su perfil de ácidos grasos. Para esto, las muestras de aceite fueron metiladas en frío en medio básico (COI, 2013) y luego separadas por cromatografía gaseosa (Perkin Elmer Pregisley Claurus 500, USA) con columna capilar (ZB-WAX, Zebron USA) de 30 m. El gas carrier fue hidrógeno, las temperaturas de inyección y detección fueron de 240°C y 300°C respectivamente. Los ácidos grasos mayoritarios: palmítico (16:0),

oleico (18:1), linoleico (18:2) y linolénico (18:3) fueron determinados por comparación con los tiempos de retención de un estándar conocido (AOCS-1, Sigma-Aldrich, USA) y expresados como porcentaje del total. Las diferencias entre grupos de árboles se analizaron mediante ANOVA y test de Tukey, con una significancia del 5%.

## RESULTADOS

### Fenología de un monte añoso de olivo creciendo en el área Metropolitana Buenos Aires.

La fecha de final de floración (FFL), de cuajado (CF) y comienzo de envero (CE) se muestran en el (Cuadro 2). No se obtuvo la fecha de comienzo de floración debido a que las mediciones comenzaron tarde. CF y CE se expresaron en días después de final de floración (DDFF) a fin de hacer estas fechas comparables entre los grupos de olivo. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los grupos para la fecha de CF, ni para la fecha de CE (Cuadro 2).

El modelo de De Melo-Abreu *et al.* (2004) predijo como fecha de plena floración para Arbequina en Buenos Aires en el año 2014, el día 14 de octubre, 287 Días Julianos (DJ). La fecha de salida de la dormición invernal estimada por el modelo para Buenos Aires en el año de experimento (178 DJ) resulta más temprana que la estimada para el Valle Central de Catamarca en una serie de 10 años (195 DJ), es decir que las unidades de frío parecen acumularse más rápidamente en

**Cuadro 2.** Fecha de final de floración (FFL), cuajado del fruto (CF) y comienzo de envero (CE) para cuatro grupos de olivo provenientes de un monte añejo en la ciudad de Buenos Aires.

Grupos de olivo	L	A	F	Q
FFL (fecha)	octubre 14 ab	octubre 9 a	octubre 14 ab	octubre 15 b
CF (DDFF)	5 a	9 a	5 a	4 a
CE (DDFF)	130 a	134 a	120 a	119 a

DDFF: días después de final de floración.

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre grupos.

Buenos Aires. Sin embargo, el modelo predice que la fecha de floración en Catamarca será más temprana que la correspondiente a Buenos Aires, lo cual se podría explicar por la rápida acumulación de tiempo térmico luego de salida de la dormición en este sitio del NOA, mientras que dicha acumulación es más lenta en Buenos Aires.

Tampoco se observaron diferencias entre grupos de olivo en el porcentaje de cuaje de los frutos, siendo del 40 al 50% de frutos cuajados en relación al número de inflorescencias presentes inicialmente en cada brindilla (Cuadro 3). El endurecimiento del carozo ocurrió durante la primera quincena del mes de diciembre para todos los grupos.

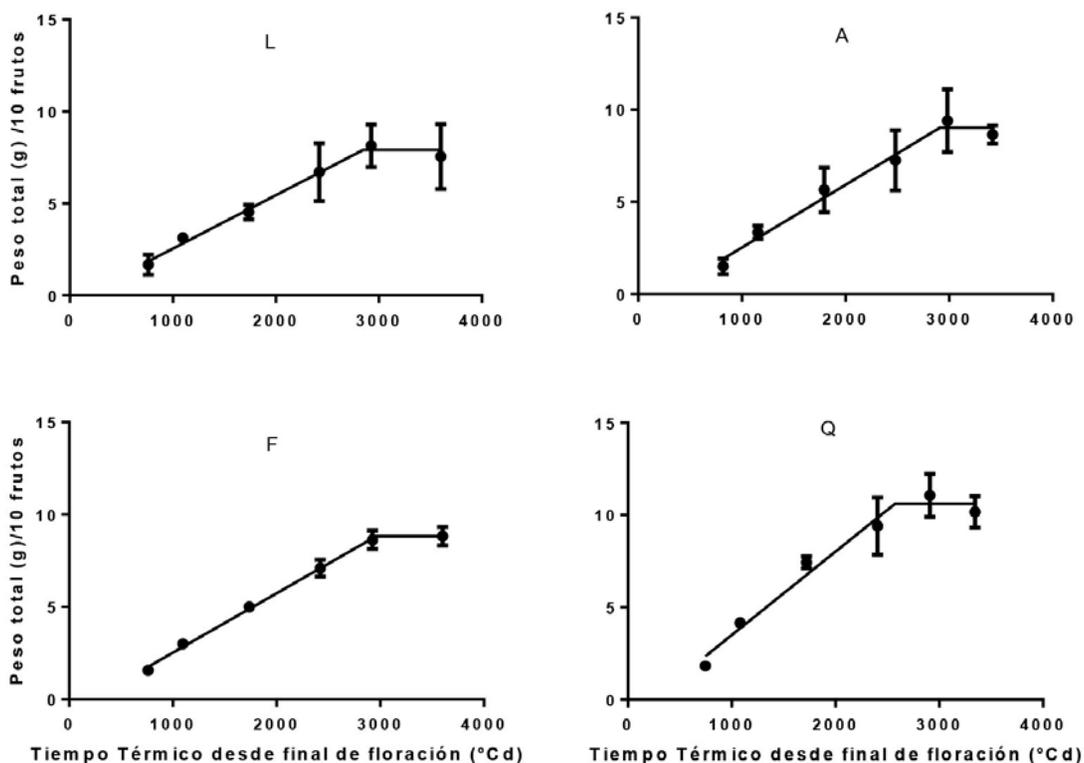
**Cuadro 3.** Cuaje de frutos (% frutos formados/inflorescencias por brindilla) para los cuatro materiales de olivo provenientes de un monte añejo en la ciudad de Buenos Aires.

	L	A	F	Q
Cuaje (%)	39,9 a	50,5 a	44,4 a	39,8 a

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre grupos.

### Dinámica del peso seco del fruto

El peso seco final de los frutos varió entre 0,8 y 1 g (Figura 1; Cuadro 4). La dinámica del peso seco de los frutos fue descrita en función del TT acumulado desde FFL (Figura 1). La duración del crecimiento del fruto en peso seco, así como el peso seco máximo total alcanzado no difirió significativamente entre los grupos evaluados (Cuadro 4), mientras que sí hubo



**Figura 1.** Evolución del peso seco de 10 frutos en función del tiempo térmico desde final de floración en grupos de olivo provenientes de un monte añejo en la ciudad de Buenos Aires. Cada punto es el promedio de 3 árboles ( $n = 3$ ) y las barras horizontales indican  $\pm 1$  error estándar de la media

**Cuadro 4.** Tasa de crecimiento, duración (desde FFL) del período de crecimiento y peso seco final de fruto de materiales de olivo provenientes de un monte añejo en la ciudad de Buenos Aires.

Grupo	Tasa de crecimiento (g MS cada 100°Cd)	Duración del crecimiento (°Cd)	Peso seco final (g)
L	0,29 ± 0,0004 a	2844 ± 264 a	0,80 ± 0,01 a
A	0,34 ± 0,0006 a	2912 ± 207 a	0,90 ± 0,04 a
F	0,32 ± 0,0001 a	2963 ± 80 a	0,91 ± 0,05 a
Q	0,45 ± 0,0004 b	2575 ± 148 a	1,06 ± 0,01 a
Valor p	0,071	0,2207	0,0633

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre materiales.

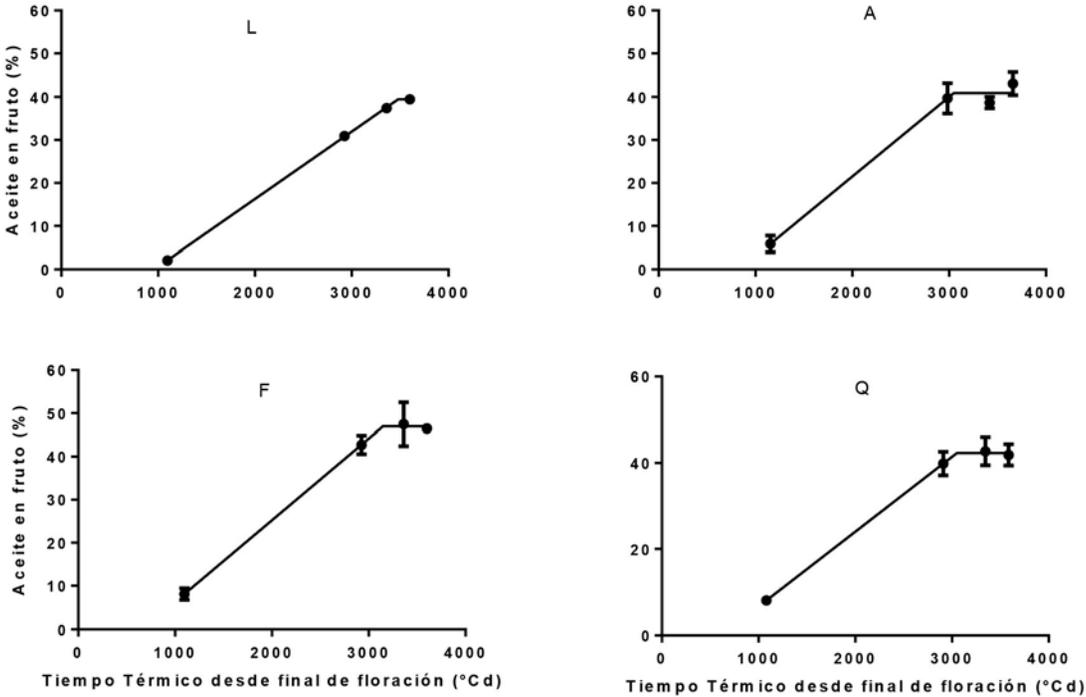
diferencias significativas en las tasas de crecimiento de los frutos, siendo el grupo Q (Arbequina) el que presentó una tasa de llenado significativamente superior (0,45 g fruto cada 100°Cd) al resto de los grupos (Cuadro 4).

Al inicio de crecimiento (noviembre) el porcentaje de humedad en los frutos varió entre 63 y 72%, mientras que en la última fecha de muestreo (mayo) fue de alrededor

del 54% (datos no mostrados). No se encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad de los frutos entre grupos en ninguno de los muestreos realizados ( $p < 0,05$ ).

**Dinámica de la acumulación de aceite**

La dinámica de acumulación de aceite de los frutos fue descrita en función al TT acumulado desde final de floración (Figura 2). A



**Figura 2.** Evolución del porcentaje de aceite en materia grasa en peso seco del fruto en función del tiempo térmico desde final de floración en grupos de olivo provenientes de un monte añejo en la ciudad de Buenos Aires. Cada punto es el promedio de 3 árboles (n= 3) y las barras horizontales indican ± 1 error estándar de la media

**Cuadro 5.** Tasa, duración de la acumulación de aceite y concentración final de aceite (% en base seca) en grupos de olivo provenientes de un monte añejo en la ciudad de Buenos Aires.

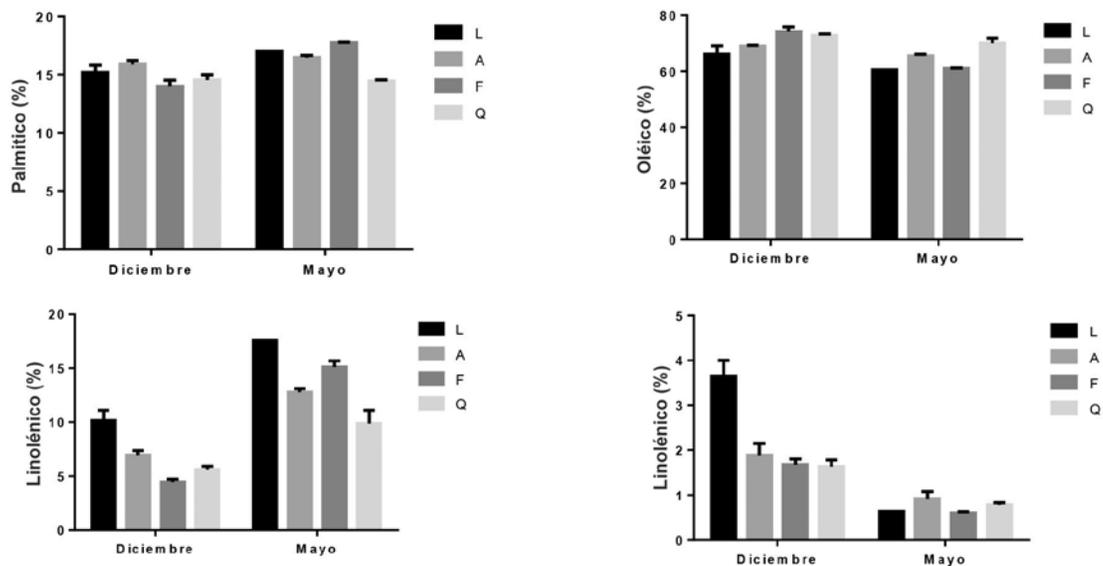
Varietal	Tasa de acumulación de aceite (% MG cada 100°Cd)	Duración de la acumulación de aceite (°Cd)	Contenido de aceite (% MS)
L	1,567 ± 0,027 a	3481 ± 54,57 a	39,47 ± 1,24 a
A	1,851 ± 0,016 ab	3048 ± 143,5 b	40,90 ± 2,94 a
F	1,890 ± 0,012 b	3148 ± 111,5 b	46,97 ± 3,31 b
Q	1,742 ± 0,010 ab	3051 ± 102,1 b	42,32 ± 2,63 a
Valor p	0,0344	0,0034	0,0035

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre variedades

pesar del escaso número de observaciones en la porción lineal del ajuste y la falta de valores en los meses de enero y febrero, los ajustes resultaron apropiados (Cuadro 4, Figura 2). Se encontraron diferencias significativas entre los grupos, siendo Frantoio el que presentó mayor tasa de acumulación de aceite (1,9 % por cada 100°Cd) y la mayor concentración final de aceite (47%). En cambio, el grupo L (Leccino) presentó la menor tasa (1,57 % cada 100°Cd) y la mayor duración de acumulación de aceite, sin embargo, no logró compensar su menor tasa de acumulación.

### Calidad del aceite

Se encontraron importantes diferencias en la proporción de los principales ácidos grasos entre grupos de olivo, tanto al comienzo (diciembre) como al final (mayo) de la estación de crecimiento (Figura 3). A cosecha final Q presentó significativamente mayor concentración de ácido oleico, respecto del resto (Cuadro 6) y presentó también la menor concentración de ácido linoleico y palmítico, resultando significativamente diferente a los demás grupos. En mayo, todos los frutos de todos los grupos presentaban similar estado



**Figura 3.** Proporción de los ácidos grasos mayoritarios en el aceite del mesocarpio (pulpa) del fruto de grupos de olivo provenientes de un monte añejo en la ciudad de Buenos Aires, al inicio y final del crecimiento (diciembre y mayo, respectivamente). Se muestra la media y el desvío estándar ( $n=3$ ).

**Cuadro 6.** Proporción final de los cuatro ácidos grasos mayoritarios del aceite del mesocarpo (pulpa) de grupos de olivo provenientes de un monte añejo en la ciudad de Buenos Aires. Se indican los límites establecidos para el aceite de oliva virgen por el Consejo Oleícola Internacional (COI, 2015).

Grupo de olivos	Palmítico	Oleico	Linoleico	Linolénico
L	17,01 c	61,00 a	17,57 c	0,63 a
A	16,48 b	65,55 ab	12,78 ab	0,91 a
F	17,74 d	60,97 a	15,12 bc	0,6 a
Q	14,46 a	70,00 b	9,88 a	0,78 a
valor p	<0,001	0,0008	0,0016	0,5310
Límites del COI	7,5 - 20	55 - 83	2,5 - 21	≤ 1

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre variedades

de madurez, y las fechas de comienzo de enero tampoco presentaron diferencias.

Al final del crecimiento, el contenido de ácido oleico y linoleico (Figura 3) y de ácido palmítico (Cuadro 6) en todos los grupos se encuadraron dentro de los rangos de genuinidad establecidos para un aceite de oliva virgen extra (COI, 2015).

## DISCUSIÓN

El estudio del comportamiento de olivos en montes añosos habitualmente encuentra la dificultad de conocer con certeza la composición genotípica del mismo, ya que existe importante sinonimia y redundancia en la clasificación de variedades de olivo en el mundo, y a lo largo de los años se producen reemplazos de árboles con distintas variedades, que no siempre son registrados correctamente. La inequívoca identificación varietal de los olivos que componen el monte añoso iniciado en el año 1945 en la actual Facultad de Ciencias Veterinarias – UBA requerirá la realización de análisis utilizando marcadores moleculares, por ejemplo análisis de microsatélites (o SSR) que afortunadamente se realizan en el país (Masuelli, 2014).

Considerando que existen numerosos trabajos de caracterización fenológica y de crecimiento del fruto y calidad de aceite en olivo en las zonas áridas de cultivo de Cuyo y el noroeste argentino y que no existe informa-

ción reciente sobre estas variables en el área de influencia de Buenos Aires, resulta interesante contrastar los resultados obtenidos en este trabajo con los de estas regiones. En nuestro trabajo conseguimos determinar las fechas de final de floración de los olivos estudiados en Buenos Aires, estas se dieron entre el 9 y el 15 de octubre de 2014 (ver Cuadro 2). En la provincia de San Juan -en cambio- la bibliografía indica que a mediados de octubre se da el inicio de floración (Bueno Grimault, 2004); en La Rioja (Matías *et al.*, 2010) y en Cnel. Dorrego, Pcia de Buenos Aires (Mormenco *et al.*, 2012) coinciden con plena floración, mientras que en Catamarca (Matías *et al.*, 2010) la fecha de plena floración es, en promedio, diez días más temprana que el final de floración en Buenos Aires. Si bien, la acumulación de horas de frío para la salida de la dormición invernal según nuestros datos es más rápida en Buenos Aires que en Catamarca, en este último sitio es más la rápida acumulación de tiempo térmico luego de salida de la dormición.

El monte añoso estudiado había recibido una intensa poda de rejuvenecimiento 2 años antes de realizado este estudio. Debido a ello, la carga de fruta de los árboles resultó muy baja (< 10 kilos de fruta por árbol) en las temporadas siguientes. Asociado a esto, el porcentaje de cuaje de los frutos no difirió entre los grupos de olivo estudiados y resultó menor que lo documentado en Italia (1- 1,5 frutos por inflorescencia) y La Rioja, Argenti-

na (1,2 frutos por inflorescencia) (Rosatti *et al.*, 2010, Cherby-Hoffman *et al.*, 2012). El peso final del fruto de olivo está determinado por la tasa de acumulación de materia seca y por la duración de dicho crecimiento, medida en unidades de tiempo térmico a fin de hacerla comparable entre frutos creciendo en diferentes regímenes de temperatura. Nuestros resultados coinciden con lo encontrado por Trentacoste *et al.* (2012) y Rondanini *et al.* (2014) que han descrito el crecimiento de frutos de olivo en producciones intensivas en Mendoza y La Rioja, respectivamente. En localidades de La Rioja, el peso seco de los frutos estuvo determinado en mayor medida por la tasa de acumulación de materia seca (que varió entre genotipos, localidades y años entre 0,01 y 0,10 gramos por 100°Cd desde floración) y en menor medida por la duración del crecimiento del fruto (que varió entre 2600 a 4500 °Cd, Tb= 5°C) lo cual indica que para maximizar el tamaño del fruto es necesario maximizar su tasa de crecimiento (Rondanini *et al.*, 2014).

El peso final alcanzado por los grupos de olivo denominados Q (Arbequina) y F (Frantoio) fue similar al encontrado en trabajos realizados en Cuyo y el NOA (Rondanini *et al.*, 2014, Bueno Grimault, 2004; Matías, 2010; Trentacoste *et al.*, 2012). El material llamado A, que originariamente se consideró Ascolano, mostró valores de peso fresco inferiores a los encontrados en la bibliografía para dicho cultivar (Bueno Grimault, 2004; Matías, 2010) lo cual corrobora la sospecha que no cumple con las características morfológicas correspondientes a individuos del cultivar Ascolano y que el error puede haberse generado por un reemplazo de árboles del monte originalmente implantado sin una correcta identificación varietal.

Se observaron diferencias significativas en el contenido final de aceite de los frutos entre grupos de olivo. El grupo F presentó mayor contenido de aceite (47% de aceite en base seca) mientras que el resto obtuvo entre 39% y 42%. Rondanini *et al.* (2014) encontraron

que el cultivar Frantoio alcanza un 43% de materia grasa en las zonas más frescas (por mayor altura) de La Rioja y Catamarca. Este valor, comparado con el 47% obtenido para F en Buenos Aires permite sugerir que el clima típicamente más fresco en el AMBA durante la acumulación de aceite podría ser el responsable de este resultado. Por otro lado, en la provincia de Mendoza, Frantoio presentó 56% de aceite mientras que otros cultivares aceiteros oscilaron entre 45% y 58% (Trentacoste *et al.*, 2012). En el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires – Partido de Coronel Dorregolos porcentajes de aceite en el fruto de Arbequina fueron entre 35% y 45% (Rosetti, 2016) consistentes con los obtenidos en este trabajo para el grupo Q (posiblemente Arbequina). Cabe mencionar también que la baja carga de fruta de los árboles en este trabajo también pudo haber influido en los elevados porcentajes de aceite logrados, como lo han señalado otros trabajos (Barone *et al.*, 1994; Naor *et al.*, 2013). La tasa de acumulación de aceite también presentó diferencias significativas entre cultivares y fue mayor en F (1,89% 100°Cd<sup>-1</sup>) y menor en L (posiblemente Leccino) (1,47% 100°Cd<sup>-1</sup>). Estas tasas son inferiores a las observadas en Mendoza (Trentacoste *et al.*, 2012) que rondan el (2,6% 100°Cd<sup>-1</sup>) y similares a las observadas en Catamarca y La Rioja, las cuales van entre el 1% y 2% cada 100°Cd (Rondanini *et al.*, 2014). La duración de la acumulación de aceite en los distintos grupos estudiados coinciden en promedio con las registradas por Rondanini *et al.*, (2014) en La Rioja, y son superiores a las registradas por Trentacoste *et al.* (2012) en Mendoza. Los resultados muestran que el contenido final de aceite fue explicado en mayor medida por la tasa de acumulación que por la duración de la misma, a diferencia de lo encontrado por Trentacoste *et al.* (2012).

En relación a la calidad del aceite según su proporción de ácidos grasos, todos los grupos estudiados se encuentran dentro de los rangos establecidos por el Consejo Oleícola Internacional para considerar al aceite de oliva

de categoría virgen extra (COI, 2015) para las proporciones de ácidos palmítico, oleico y linoleico.

El elevado porcentaje de ácido oleico determinó una calidad superior del aceite del grupo Q (Arbequina). En algunas zonas de la región del NOA, el aceite de Arbequina y otros cultivares suelen tener problemas de genuinidad en su clasificación por el COI, debido a la baja proporción de ácido oleico (Ceci y Carelli, 2007; Ron-danini *et al.*, 2011). Las temperaturas más bajas exploradas durante el crecimiento del fruto, - en promedio 3°C de diferencia en la temperatura media de Buenos Aires respecto de La Rioja y Valle Central de Catamarca entre los meses de noviembre y abril (Murphy, 2008), podría ser la variable responsable de este comportamiento, dado que se ha demostrado en olivo que la elevada temperatura disminuye el contenido de ácido oleico (García-Inza *et al.*, 2016). Así, los resultados obtenidos sugieren que Buenos Aires podría ser una región agroclimáticamente más favorable para la acumulación de ácido oleico que la región del NOA. Otros factores ambientales (por ejemplo la radiación incidente) y fisiológicos (la edad de los árboles, la carga de la fruta) podrían también estar asociados al mayor contenido de oleico en la variedad posiblemente

identificada como Arbequina en la ciudad de Buenos Aires. Por ello, estos resultados deberán corroborarse en un mayor número de años, bajo diferentes condiciones climáticas y con mayor carga de fruta en los árboles.

## CONCLUSIONES

Se concluye que los grupos de árboles de olivo analizados en un monte añejo creciendo a baja densidad en la ciudad de Buenos Aires y en un año de baja carga de fruta, finalizan su periodo de floración a mediados de octubre y alcanzan tamaño de fruto y porcentaje de aceite comparables con otras zonas del país, como Cuyo y NOA, con un adecuado perfil de ácidos grasos exigido para el aceite de oliva virgen. Se destaca el elevado contenido de ácido oleico (70%) producido por el grupo Q (posiblemente Arbequina) en este ambiente. En futuros trabajos resultará necesario (i) realizar una correcta identificación varietal de los árboles presentes en este monte, utilizando marcadores moleculares, y (ii) profundizar los atributos químicos de calidad en el aceite en diferentes años y condiciones de carga de los árboles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aybar, V.; Montalván, D.; Ladux, J. L.; Ortiz, J.; Pérez, M. y Fernández, F. (2006). Observaciones Fenológicas en el Olivar. Dirección Provincial de Agricultura- Ministerio de Producción y Desarrollo – Gobierno de Catamarca, Argentina e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Aybar, V.; De Melo-Abreu, J. P.; Searles, P.; Matías, A.; Del Río, C.; Caballero, J. M. and Rousseaux, M. C. (2015). Evaluation of olive flowering at low latitude sites in Argentina using a chilling requirement model. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2015131-6375>.
- Barone, E.; Gullo, G.; Zappia, R. and Inglese, P. (2012). Effect of crop load on fruit ripening and olive oil (*Olea europea* L.) quality. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14620316.1994.11515250>
- Bendini, A.; Cerretani, L.; Carrasco-Pancorbo, A.; Gómez-Caravaca, A. M.; Segura-Carretero, A.; Fernández-Gutiérrez, A. and 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. *Molecules*, 12 (8), 1679-1719
- Ceci, L. N. and Carelli, A. A. (2010). Compositional data review of monovarietal Argentinean olive oils. In: Tomas, M.B. (Ed.), *Advances in Fats and Oil Research*. Transworld Research Network, Kerala, India, pp. 71-97.

- Cherby-Hoffmann, S.; Searles, P.; Hall, A. J. and Rousseaux, M. C. (2012). Influence of light environment on yield determinants and components in large olive hedgerows following mechanical pruning in the subtropics of the Southern Hemisphere. *Scientia Horticulturae*, 137, 36-42
- Cherby-Hoffmann, S.; Hall, A. J. and Rousseaux, M. C. (2013). Fruit, yield and vegetative growth responses to photosynthetically active radiation during oil synthesis in olive trees. *Scientia Horticulturae*, 150, 110-116
- Chtourou Bouchaala, F.; Lazzez, A.; Jabeura, H.; Daoud, L. and Bouaziz, M. (2014). Physicochemical characteristics of extra virgin olive oil in function of tree age and harvesting period using chemometric analysis. *Scientia Horticulturae*, 180, 52-58
- COI, 2001. *Preparation of the Fatty Acid Methyl Esters from Olive Oil and Olive-Pomace Oil*. International Olive Oil Council, Madrid. Recuperado de <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/222-standards/>
- COI, 2015. *Revising the trade Standard applying to olive oils and olive-pomace oils*. COI/T.15/NC No 3/Rev. 8 February 2015 Madrid, España.
- Colbrant, P. et Fabre, P. (1975). Stades reperes de l'oliver. En: R. Maillard. (Ed.) *L'oliver*. (pp 24-25). Paris, Francia: INVUFLEC.
- Conde, C.; Delrot, S. and Gerós, H. (2008). Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. *Journal of Plant Physiology*, 165, 1545-1562
- Ceci, L. N. and Carelli, A. A. (2007). Characterization of monovarietal argentinian olive oils from new productive zones. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84, 1125-1136
- De Melo-Abreu, J. P.; Barranco, D.; Cordeiro, A.; Rogado, B. and Villalobos, F. (2004). Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. *Agricultural and Forest Meteorology*, 125, 121-127
- García-Inza, G. P.; Castro, D. N.; Hall, A. J. and Rousseaux, M. C. (2014). Responses to temperature of fruit dry weight, oil concentration, and oil fatty acid composition in olive (*Olea europaea* L. var. 'Arauco'). *European Journal of Agronomy*, 54, 107-115
- García-Inza, G. P.; Castro, D. N.; Hall, A. J. and Rousseaux, M. C. (2016). Opposite oleic acid responses to temperature in oils from the seed and mesocarp of the olive fruit. *European Journal of Agronomy*, 76, 138-147.
- IUPAC. (1992). *Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and derivatives*. 1st Supplement to the 7th Edition International Union of Pure and Applied Chemistry. Pergamon Press, Oxford, England.
- Masuelli, R. W. (2014). Identificación de variedades de olivo cultivadas en Argentina a través de marcadores microsatélites. Recuperado de <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/portal/ibam/novedades>.
- Matías, A. C.; Toro, A. A.; Montalván, L. D.; Gamba, J. M.; Pérez, A. S. y María, J. (2010). *Variedades de olivo cultivadas en las provincias de Catamarca y La Rioja, Argentina*. Buenos Aires, Argentina. Ediciones INTA.
- Matías, A. C. (2013). Variedades de olivo: cultivadas en las provincias de Catamarca y La Rioja, Argentina. <https://inta.gob.ar/documentos/variedades-de-olivo-cultivadas-en-las-provincias-de-catamarca-y-la-rioja-argentina>. On line 10/04/18.
- Mormeneo, I.; Deriugin, M. A. y Murray, M.G. (2012). Fenología de la floración de olivo en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires y su relación con la dispersión polínica. *Actas XIV Reunión Argentina de Agrometeorología*, 109-110
- Murphy, G. M. (2008). *Atlas agroclimático de la Argentina*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Naor, A.; Schneider, D.; Ben-Gal, A.; Zipori, I.; Dag, A.; Kerem, Z.; Birger, R.; Peres, M. and Gal, Y. (2013). The effects of crop load and irrigation rate in the oil accumulation stage on oil yield and water relations of 'Koroneiki' olives. *Irrigation Science*, 31 (4), 781-791
- Pérez-López, D.; Ribas, F.; Moriana, A.; Rapoport, H. F. and De Juan, A. (2008). Influence of temperature on the growth and development of olive (*Olea europaea* L.) trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83 (2), 171-176
- Rondanini, D. P.; Castro, D. N.; Searles, P. and Rousseaux, M. C. (2011). Fatty acid profiles of varietal virgin olive oils (*Olea europaea* L.) from mature orchards in warm arid valleys of Northwest Argentina (La Rioja). *Grasas y Aceites*, 62, 399-409

Rondanini, D. P.; Castro, D. N.; Searles, P. and 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. *European Journal of Agronomy*, 52, 237-246

Rosati, A.; Zipančič, M.; Caporali, S. and Paoletti, A. (2010). Fruit set is inversely related to flower and fruit weight in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*, 126 (2), 200-204