

**CALIDAD DE ACEITE EN DIFERENTES ESTADÍOS
FENOLÓGICOS DE DOS VARIEDADES DE OLIVO (*Olea europaea*
L.) CRECIENDO EN EL SUDOESTE BONAERENSE**

Alumno: Julián A. Zorzano Osinalde

Docente tutor: Mg. M. Verónica Rosetti

Consejero 1: Dr. Luis F. Hernández

Consejero 2: Mg. Andrea C. Flemmer

**DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

Febrero 2021

AGRADECIMIENTOS

Durante estos últimos años tuve que realizar un trabajo de intensificación como requisito final de la carrera universitaria Ingeniería Agronómica. Este trabajo, aunque lindo, tuvo también exigencias y dificultades que fueron posibles superar por la suerte de contar con un conjunto de personas que serán inolvidables. Por eso, primeramente quisiera agradecerle a mi asesora de tesis Mg. M. Verónica Rosetti por su incondicional ayuda y guía durante la realización de esta Tesis, en quien encontré a una increíble persona y amiga.

A mi director de tesis Dr. Luis F. Hernandez, y a mi asesora Mg. Andrea C. Flemmer por su apoyo y por sus constantes revisiones y consejos durante el transcurso de este trabajo y de la carrera.

También quisiera agradecer a la Universidad Nacional del Sur por darme la posibilidad de llevar a cabo mis estudios y poder así dedicar mi vida a la agronomía.

Al Departamento de Agronomía por brindarme sus instalaciones, requeridas para la realización de esta Tesis.

Le doy gracias al Sr. Pietro Buldorini, fundador y director gerente de Olivares La Reconquista por permitirme acceder a su establecimiento para poder realizar los muestreos necesarios para este trabajo y al Sr. Diego Risso por brindarnos su tiempo y experiencia durante el trabajo experimental.

Al Sr. Luciano Rodríguez por su excelente predisposición y su ayuda en la etapa de análisis de las muestras.

A mis papás, a Florencia y a toda mi familia y amigos por su incansable apoyo y compañía durante esta enorme etapa de mi vida.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE CUADROS	7
LISTA DE TABLAS	8
RESUMEN	9
SUMMARY	10
1 INTRODUCCIÓN	11
1.1 EL CULTIVO DEL OLIVO	11
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE	13
1.3 EL FRUTO DEL OLIVO Y SU ACEITE	13
1.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA	15
2 OBJETIVOS	20
3 MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 SITIO EXPERIMENTAL	21
3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL Y MANEJO DEL CULTIVO	22
3.3 PROCESAMIENTO DE LOS FRUTOS	24
3.3.1 DETERMINACIÓN DE LOS ESTADIOS FENOLÓGICOS	25
3.3.2 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ACEITE (%)	27
3.3.3 DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS	31
3.4 REGISTRO DE VARIABLES CLIMÁTICAS	31
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	31
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 VARIABLES CLIMÁTICAS	32
4.2 EVOLUCIÓN DEL TAMAÑO DE LOS FRUTOS	33
4.3 RENDIMIENTO GRASO	34
4.4 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE	37

5	CONCLUSIONES	39
6	PERSPECTIVAS A FUTURO	40
7	REFERENCIAS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de establecimiento La Reconquista (azul) y rutas de acceso (rojo).... 21

Figura 2. Crecimiento y desarrollo del fruto del olivo variedad "Manzanilla" (tomado de Rosetti, 2016). 24

Figura 3. Medición del diámetro del fruto entero a nivel de la sección ecuatorial transversal con calibre digital. 26

Figura 4. Procedimiento de extracción de aceite de oliva según el sistema Abencor® (Martinez Suárez et al., 1975). **A:** molinillo eléctrico en posición de funcionamiento. **B:** molinillo eléctrico, vista del rotor. **C:** estufa de secado en posición de funcionamiento con la puerta cerrada. **D:** bandejas de aluminio con muestras de pasta de aceitunas y orujo durante el secado dentro de la estufa. **E:** Termobatidora en funcionamiento. **F:** detalle de cazoleta de termobatidora conteniendo pasta de aceitunas sin agregado de agua. **G:** misma cazoleta conteniendo pasta de aceitunas y agua en relación 7:3. **H:** centrifugadora en posición de funcionamiento. **I:** probeta de recibo y decanta de aceite ubicada debajo de la centrifugadora. **J:** Probetas durante el decantado, se observa en la parte superior de las mismas el aceite decantado y en la parte inferior el excedente. 28

Figura 5. Procedimiento de determinación del rendimiento graso por espectrometría de resonancia magnética. **A:** pesaje de muestra dentro de cubilete plástico en balanza digital de precisión. **B:** detalle del cubilete plástico conteniendo una muestra seca de orujo. **C:** procedimiento de colocación del cubilete plástico dentro del espectrómetro de resonancia magnética (marca Spinlock, modelo SLK-AC-100). **D:** panel de control para ingreso de datos de la muestra. **E:** panel de resultados de la muestra. 29

Figura 6. Evolución del diámetro ecuatorial del fruto (mm) de ambas variedades de olivo evaluadas en esta tesina. SDPF: semanas desde plena floración..... 33

Figura 7. Evolución del porcentaje de aceite de cada variedad según el sistema Abencor®. En cada fecha, valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P>0,05$). SDPF: semanas desde plena floración..... 36

Figura 8. Evolución del porcentaje de aceite de cada variedad según el sistema de RMN. En cada fecha, valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P>0,05$). SDPF: semanas desde plena floración..... 36

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Niveles permitidos de ácidos grasos en la composición de aceites de oliva extra virgen, descritos por Mailer (2006). 16
- Cuadro 2.** Participación de ácidos grasos y polifenoles en la composición de aceites obtenidos de diferentes variedades de olivo, tanto de origen español como originarias de otros países. C15: palmítico, C16: palmitoleico, C18: esteárico, C18: oleico, C18: linoleico, C18: linolénico, C20: araquídico, Vit. E.: vitamina E, P.F.: polifenoles Descripto por Humanes Guillén y Civantos López-Villalta (2001). 17
- Cuadro 3.** Principales características morfológicas y agronómicas de las variedades de olivo evaluadas en este trabajo: ‘Arbequina’ y ‘Frantoio’ (Modificado de Matías et al., 2010)... 23
- Cuadro 4.** Estadios fenológicos del cultivo del olivo según la escala BBCH (tomado de Rosetti, 2016). 26

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Registro de variables climáticas durante el período del ensayo (noviembre 2017 a junio 2018). T° media: temperatura media del mes. T° máx: temperatura máxima del mes. T° min: temperatura mínima del mes. 32

Tabla 2. Evolución del contenido de aceite de la variedad ‘Frantoio’. Valores de una misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P>0,05$). RMN: resonancia magnética nuclear. SDPF: semanas desde plena floración. 34

Tabla 3. Evolución del contenido de aceite en la variedad ‘Arbequina’. Valores de una misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P>0,05$). RMN: resonancia magnética nuclear. SDPF: semanas desde plena floración. 355

Tabla 4. Evolución del contenido de ácidos grasos en aceites de las variedades ‘Frantoio’ y ‘Arbequina’. En cada fecha y para cada ácido grasos, valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente ($P>0,05$). SDPF: semanas desde plena floración..... 389

RESUMEN

En los últimos años, la olivicultura en la región del sudoeste bonaerense (SOB) se ha incrementado notablemente junto con la reactivación de los montes de olivo existentes, así como el aumento considerable de la superficie implantada con nuevos olivares. El presente trabajo tiene como objetivo comparar el contenido de materia grasa y la composición química del aceite producido por las variedades de olivo ‘Arbequina’ y ‘Frantoio’ en distintos estadios fenológicos, bajo las mismas condiciones de crecimiento, en la región del SOB.

Durante el período del ensayo las condiciones climáticas fueron aceptables, por lo que el productor decidió no utilizar riego. La experimentación comenzó con muestreos a partir de las doce semanas desde plena floración (SDPF) hasta la madurez de cosecha, recolectando frutos ubicados en posición perimetral de la copa a $1,7 \pm 0,2$ m del nivel del suelo. Se midió el diámetro ecuatorial de los frutos, se determinó el contenido de materia grasa por el sistema Abencor® y por resonancia nuclear magnética (RNM) y se analizó la calidad del aceite (perfil de ácidos grasos).

Los resultados arrojaron que a partir de las 21 SDPF no se registraron aumentos en el tamaño de los frutos ni en el contenido de aceite de los mismos. De igual manera, a partir de esta fecha no hubo cambios significativos en el perfil de ácidos grasos del aceite. Todo esto es válido para ambas variedades evaluadas. Al comparar las variedades entre sí, ‘Frantoio’ mostró mayor rendimiento y mejor calidad de aceite que ‘Arbequina’ durante todo el ensayo. Sin embargo, el perfil de ácidos grasos del aceite de ambas variedades se encontró dentro de los límites establecidos para ser designados como aceite de oliva virgen extra.

En función a los resultados observados en esta Tesina, en cuanto al rendimiento graso y calidad de aceite, se recomienda comenzar la cosecha de las variedades ‘Frantoio’ y ‘Arbequina’ a las 21 SDPF en la región de Coronel Dorrego.

SUMMARY

In the recent years, olive growing in the Buenos Aires Southwest region has increased notably with the reactivation of the existing olive groves, as well as the considerable increase of the area planted with new olive trees. The present work aims to compare the fat content and the chemical composition of the oil produced by the 'Arbequina' and 'Frantoio' olive varieties in different phenological stages, under the same growth conditions, in the Southwest region.

During the trial period the climatic conditions were acceptable, so the producer decided not to use irrigation. The experimentation began with samplings since twelve weeks after full bloom (WAFB) to harvest maturity, collecting fruits located in the perimeter position of the treetop at 1.7 ± 0.2 meters from the grown level. Was measured the equatorial diameter of the fruits, determined the fat yield by the Abencor® system and by magnetic nuclear resonance (MNR) and analyzed the quality of the oil.

The results showed that from 21 WAFB no increases were recorded in the size of the fruits or in their oil content. Similarly, from this date there were no significant changes in the oil fatty acid profile. All this is valid for both varieties evaluated. When comparing the varieties with each other, 'Frantoio' has, throughout the trial, higher yields and better oil quality than 'Arbequina'. However, the oil of both varieties is within the limits established to be designated as extra virgin olive oil.

Based on the results observed in this Thesis, in terms of fat yield and oil quality, it is recommended to start harvesting the 'Frantoio' and 'Arbequina' varieties in the Coronel Dorrego region at 21 WAFB.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 El cultivo del olivo

El olivo (*Olea europea* L.) es una de las especies frutales más antiguas cultivadas por el hombre, junto con el trigo (*Triticum* spp. L.) y con la vid (*Vitis* spp. L.) (Iglesias Rodríguez, 1995; Peña-Chocarro y Zapata Peña, 1997; Alonso Martínez *et al.*, 2003; Ruiz-Alonso *et al.*, 2009; Rubio de Miguel, 2011). Su utilización se remonta al Neolítico, mucho antes de conocerse la palabra escrita, 3.000 a 4.000 años a.C., siendo los pueblos de Siria los responsables de la domesticación de la misma (Picornell Buendía y Melero Martínez, 2013).

Actualmente, los países productores de esta especie se concentran 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 (Civantos, 2004). La producción mundial de aceite de oliva, para la campaña 2019/2020 fue de 3.144.000 toneladas, encontrándose dicha producción distribuida en un gran número de países del mundo pero focalizada, con más del 60%, en los países de la Unión Europea (COI, 2019). El primer productor mundial de olivo es España, que concentra el 39,1% de la producción, y el segundo es Italia con el 10,8% (COI, 2019).

El cultivo del olivo en nuestro país tiene su origen en la colonización española, siendo los valles áridos y semi-áridos de la región andina en donde se realizaron las primeras plantaciones. Las plantaciones más antiguas se encuentran en el departamento Arauco, en la provincia de La Rioja, donde precisamente un árbol de la variedad ‘Arauco’ fue declarado “Olivo histórico” por mantenerse vivo con 450 años de edad. Sin embargo, el desarrollo de este cultivo no tuvo lugar hasta fines del siglo XIX, como consecuencia de la fuerte inmigración desde países europeos, principalmente España e Italia que, al no encontrar suficiente abastecimiento de aceite de oliva en el mercado argentino, comenzaron a producirlo (Searles *et al.*, 2012).

A inicios de la década de los 90’, Argentina contaba con aproximadamente 29.500 hectáreas implantadas con olivos, distribuidas en las provincias de Mendoza, San Juan y Córdoba. Con alrededor de 3 millones de plantas, la producción de aceite de oliva rondaba

entre 6.000 y 8.000 toneladas. A medida que pasaron los años se vio un aumento en la elaboración nacional de aceite de oliva, produciéndose un pico a partir del año 2002, pasando de 10.000 toneladas a 25.000 toneladas hacia fines del año 2008 (Cáceres *et al.*, 2009). En el año 2019, Argentina produjo alrededor 26.000 toneladas, ubicándose a nivel mundial en el 8° lugar y volviéndose el principal productor de toda América (1,3% del total mundial; COI, 2019).

Actualmente, la producción nacional de olivo se desarrolla principalmente en las provincias que bordean la Cordillera de los Andes, en el centro-oeste y noroeste del país: Catamarca, Córdoba, La Rioja, San Juan y Mendoza (Tagarelli, 2017). La extensión estimada totaliza unas 90.000 hectáreas que incluyen plantaciones tradicionales y cultivos de alta densidad (Tagarelli, 2017). De la producción obtenida a nivel nacional, se destina el 65% a la extracción de aceite y el 35% a la elaboración de aceitunas en conserva, siendo la variedad ‘Arbequina’ la utilizada principalmente por los productores de aceite de oliva, dado su alto rendimiento graso (Tous *et al.*, 1998; Guerrero, 2003).

En la región del sudoeste bonaerense, zona semiárida, árida y subhúmeda-seca del país y tradicionalmente dedicada a la actividad agrícola-ganadera, la olivicultura comenzó a desarrollarse entre los años 1945 y 1950 (Picardi y Obiol, 2011). El centro de desarrollo se situó en el partido de Coronel Dorrego (Picardi y Obiol, 2011). En los últimos 15 años se ha hecho notable el incremento de la producción olivícola en dicha zona, acompañando a la intensificación de la olivicultura dada en el país durante las dos últimas décadas, eligiendo los productores reactivar los montes del olivo existentes, así como aumentando considerablemente la superficie implantada con nuevos olivares. Este aumento se vio dado mayoritariamente por la elaboración de aceites de oliva extra virgen por parte de numerosos establecimientos dedicados al rubro.

La superficie cultivada supera las 3.000 hectáreas, y el 80% del aceite extraído se destina a exportación y el resto se comercializa en el mercado interno. La variedad ‘Arbequina’ es la más abundante, y también hay presencia de ‘Frantoio’ y ‘Nevadillo’ (Ruiz Domínguez, 2015).

1.2 Características de la especie

El olivo es un árbol perennifolio que puede alcanzar alturas considerables (15 m o más) perteneciente al Orden taxonómico Lamiales, Familia Oleáceas, Género *Olea*, Especie *europaea* L. Es de copa redondeada y tronco grueso, con corteza gris o verde grisácea. Las hojas de esta especie son opuestas, lanceoladas, de bordes enteros, con limbo de 3 a 9 cm de largo y 1 a 1.8 cm de ancho. A la vez son glabras y verde oscuras en el haz, y más pálidas y escamosas en el envés. El sistema radicular depende del origen de la planta. Es pivotante cuando proviene de semilla, consistiendo en una raíz principal que domina sobre las secundarias durante los primeros años, y es adventicio cuando los árboles se obtienen en vivero por autoenraizamiento de estaquillas semileñosas (Matías *et al.*, 2010).

Esta especie mediterránea es sensible a los vientos secos y a las altas temperaturas durante la floración, lo que provoca el aborto ovárico, afectando seriamente la producción (Matías *et al.*, 2010). Y ante una deficiencia de radiación solar durante esa etapa, se reduce la formación de flores debido a la insuficiencia de asimilados desde las hojas. Además, durante el desarrollo del fruto la piel es verde y con actividad fotosintética, lo que contribuye a la formación de fotoasimilados necesarios para la síntesis de ácidos grasos. De esto deriva que el rendimiento en aceite del olivo está relacionado con la posición de los frutos en la cubierta del árbol, produciéndose una mayor acumulación de aceite en aquellos frutos situados en las zonas superiores de la copa, que son los que reciben mayor irradiación (Matías *et al.*, 2010).

1.3 El fruto del olivo y su aceite

En cuanto a lo reproductivo, el olivo es un árbol polimórfico, lo que significa que posee dos fases, una juvenil y una adulta, diferenciadas por su capacidad reproductora, por el potencial para enraizamiento y por pequeñas diferencias en ramas y hojas. (Matías *et al.*, 2010). A su vez, es una especie andromonóica, con flores perfectas y masculinas (estaminadas). Las primeras flores, poseen la corola formada por cuatro pétalos blancos, tienen dos estambres y se disponen en inflorescencias que salen de las axilas de las hojas de

los ramos fructíferos (brindillas de un año; Matías *et al.*, 2010). El ovario está compuesto por cuatro óvulos y un estilo muy acortado en longitud. La proporción de flores perfectas y estaminadas depende de la condición genética, de factores climáticos y del nivel de producción de frutos en el año anterior. Ambos tipos de flor producen granos de polen viable, pero solamente las flores perfectas darán frutos (Matías *et al.*, 2010).

Las inflorescencias donde están ubicadas las flores se denominan panículas. Éstas tienen un eje central terminado en una flor, de éste se desprenden ramificaciones primarias y eventualmente ramas secundarias (Matías *et al.*, 2010). En ellas, la posición de la flor puede afectar tanto el momento de apertura como al tipo de flor. Las primeras flores en abrir son las ubicadas en la periferia, que siempre se encuentran en las ramificaciones primarias, y las últimas en las ramificaciones secundarias. Además, las flores perfectas se ubican generalmente en las ramificaciones principales. (Matías *et al.*, 2010).

En las semanas siguientes a la floración tienen lugar la caída de un gran número de flores, de forma que el cuajado es de alrededor de 1-2%, porcentaje suficiente para garantizar un cultivo comercial (Matías *et al.*, 2010).

El fruto del olivo es una drupa de alto contenido energético, compuesto por un fino epicarpo o exocarpo, un mesocarpo carnoso y un endocarpo leñoso que rodea a la única semilla (King, 1938). Atraviesa, durante el proceso de madurez, distintas tonalidades en su epicarpo: verde intenso, verde amarillento, enverado, violeta y negro (Matías *et al.*, 2010).

El almacenamiento de aceite ocurre en el mesocarpo, más precisamente en los oleoplastos de sus células (King, 1938), por lo cuál es el tejido de mayor interés económico. Rosetti (2016), en su trabajo “Desarrollo del fruto del olivo (*Olea europaea* L.) cultivado en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires creciendo bajo condiciones de riego y secano”, presenta que el 70-80% de las células mesocárpicas que tendrá el fruto a la madurez se forman durante una fase inicial activa de división celular hasta las 8 SDPF. Además, también expone que la expansión del área de las células es relevante durante todos los estadios fenológicos del fruto y que el mesocarpo es el tejido con mayor contribución (entre 70 y 80%) en la generación del área transversal final alcanzada por el fruto.

Los principales ácidos grasos presentes en el aceite de oliva son palmítico (C16:0), palmitoléico (C16:1), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoléico (C18:2) y linolénico (C18:3) (Rondanini *et al.*, 2011). El ácido oleico, monoinsaturado, constituye el 60-85% del

aceite de oliva, y si éste es obtenido exclusivamente por procedimientos físicos (aceite de oliva extra virgen) presenta componentes menores tales como alfa-tocoferoles (vitamina E), polifenoles y otros compuestos fenólicos que no están presentes en otros aceites (Gimeno *et al.*, 2002; Mailer y Beckingham, 2006). Esta composición le confiere a este aceite grandes beneficios para la salud humana, como la disminución del nivel de colesterol en sangre (Martínez de Victoria y Mañas, 2001; Covas *et al.*, 2006; Waterman y Lockwood, 2007), y beneficios culinarios, como la mayor estabilidad oxidativa y resistencia al deterioro de su calidad (Kamal-Eldin y Appelqvist, 1996).

Además de una inadecuada manipulación de los frutos durante la recepción en la fábrica y en el proceso de extracción, que pueden alterar negativamente un producto que suele venir del campo con una calidad bastante satisfactoria, otros factores como la variedad (Caponio *et al.*, 1999; Salvador *et al.*, 2003; Torres y Maestri, 2006), el vigor del árbol, la carga frutal, el grado de madurez del fruto al momento de la cosecha, el contenido de humedad del fruto, el método de cosecha y elaboración del aceite y las técnicas de cultivo, pueden afectar la composición y características organolépticas del aceite (Humanes Guillén y Civantos López-Villalta, 2001).

1.4 Factores que influyen en la calidad del aceite de oliva

La calidad del aceite de oliva puede determinarse en gran parte por su composición de ácidos grasos, por lo cual el Consejo Oleícola Internacional (COI) detalló una lista de los niveles permitidos para cada uno de los ácidos grasos para que un aceite sea aceptado como aceite de oliva extra virgen (Cuadro 1, Mailer, 2006).

Ácido graso	Rango permitido (%)
Ácido araquídico (C 20:0)	≤ 0,60
Ácido esteárico (C 18:0)	0,50 - 5,00
Ácido gadoleico (C 20:1)	≤ 0,40
Ácido linoleico (C 18:2)	3,50 - 21,00
Ácido linolénico (C 18:3)	≤ 1,00
Ácido oleico (C 18:1)	55,00 - 83,00
Ácido palmítico (C 16:0)	7,50 – 20,00
Ácido palmitoleico (C 16:1)	0,30 - 3,50

Cuadro 1. Niveles permitidos de ácidos grasos en la composición de aceites de oliva extra virgen, descritos por Mailer (2006).

La calidad resultante del aceite de oliva estará determinada por la combinación de factores genéticos, como la variedad, ambientales, como las condiciones climáticas y edáficas, y agronómicos (Humanes Guillén y Civantos López-Villalta, 2001).

Variiedad. El componente genético es una variable que influye en la composición acídica de los aceites. Cuando se habla del sabor de un aceite se menciona la influencia que tiene sobre él la composición en ácidos grasos y polifenoles, dependientes ambos de la variedad (Humanes Guillén y Civantos López-Villalta, 2001).

En el siguiente cuadro se ejemplifica como varía la participación de los distintos ácidos grasos y el contenido de polifenoles en aceites obtenidos de diferentes variedades de olivo.

Variedad	Índice de madurez	Ácidos grasos							Tocoferoles	Polifenoles
		C15	C'16	C18	C'18	C''18	C'''18	C20	Vit. E.	P.F.
ESPAÑOLAS										
Picual	2,8	11,51	1,24	2,8	78,93	3,87	1,16	0,38	322	790
Hojiblanca	2,98	11,72	0,99	3,05	69,04	12,76	1,68	0,31	463	209
Cornicabra	2,08	13,69	1,74	2,77	75,43	4,32	1,32	0,52	193	809
Lechín	2,64	12,99	1,03	1,77	69,25	12,58	1,4	0,34	191	766
Arbequina	1,84	17,33	1,91	1,58	62,3	14,97	1,14	0,34	237	195
Picudo	2,38	14,67	2,06	1,42	66,6	12,28	1,84	0,28	426	445
Empeltre	3,06	13,23	1,33	1,83	61,97	19,22	1,63	0,33	340	195
Manzanilla	3,33	14,45	2,37	3,38	68,19	9,04	1,38	0,5	287	545
Lechín Gr.	2,54	13,92	1,16	2,88	70,1	9,93	1,38	0,45	367	423
Redond. Logr.	2,88	15,98	1,96	2,49	63,79	13,99	1,38	0,3	373	366
EXTRANJERAS										
Frantoio	2,18	13,73	1,45	1,88	72,17	9,09	1,15	0,34	253	359
Negrinha	2,76	12,64	1,41	1,96	76,23	6	1,32	0,42	258	381
Coronoeiki	1,16	12,77	1,18	2,05	76,01	6,2	1,24	0,38	321	637
Chetoui	1,28	13,45	0,52	2,27	64,8	16,97	1,41	0,43	510	1347
Picholine Mar	2,94	9,29	0,92	2,61	72,89	12,11	1,69	0,31	260	791

Cuadro 2. Participación de ácidos grasos y polifenoles en la composición de aceites obtenidos de diferentes variedades de olivo, tanto de origen español como originarias de otros países. C15: palmítico, C1'6: palmitoleico, C18: esteárico, C'18: oleico, C''18: linoleico, C'''18: linolénico, C20: araquídico, Vit. E.: vitamina E, P.F.: polifenoles. Descripto por Humanes Guillén y Civantos López-Villalta (2001).

Fecha de cosecha: durante el período de maduración de las aceitunas se producen una serie de transformaciones y cambios que influyen de diversas maneras en la calidad de los aceites contenidos en ellas. Se considera como período de maduración al tiempo transcurrido desde la aparición de las manchas violáceas hasta la coloración definitiva del pericarpio y mesocarpio (Humanes Guillén y Civantos López-Villalta, 2001).

Los factores a tener en cuenta en la determinación del momento óptimo de realizar la recolección son el contenido graso del fruto y la calidad del aceite que se puede obtener de él. El contenido en aceite de los frutos aumenta a medida que avanza la maduración, alcanzando el máximo en el momento en que desaparecen los frutos verdes del árbol. A partir de este momento, el aceite permanece prácticamente constante. Es importante insistir que esto se refiere al aceite total contenido en el fruto, y no al porcentaje sobre el peso de aceituna. Este porcentaje aunque puede aumentar, es consecuencia de la pérdida de humedad en el mesocarpio y no de variaciones en el contenido graso (Humanes Guillén y Civantos López-Villalta, 2001).

Según Martín-Lagos Martínez (2007), el momento de mayor cantidad y calidad de aceite ya ha sido analizado y se sitúa en una fecha muy próxima al cambio de coloración del

epicarpo, de verde a morado (máximo porcentaje de aceitunas en envero), denominándose este momento como “Momento crítico de recolección).

Radiación solar: la cantidad de luz que reciben los frutos tiene estrecha relación con su maduración, el rendimiento de aceite y las características organolépticas del mismo. Por lo que realizar una poda adecuada que permita la correcta entrada de rayos de sol es indispensable (Matías *et al.*, 2010).

Agua: Salas *et al.* (1997) explican de qué manera la disponibilidad de agua afecta a la calidad de los aceites de oliva. Según ellos, la cantidad de agua que reciben los árboles de olivo mediante riego o lluvia produce en los frutos una variación de los caracteres sensoriales y de su composición química, así como en el contenido de polifenoles. El contenido de ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico) y poliinsaturados (ácido linoleico y linolénico) es mayor en secano y en sistemas de riego con bajo aporte de agua. Por el contrario, en sistemas donde el aporte de agua es mayor, los aceites presentan mayor proporción de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico). A la vez, el estado de oxidación y conservación de los aceites es significativamente más alto en los aceites de secano. El contenido de polifenoles está relacionado con el amargor y con la estabilidad de los aceites, y es una característica también afectada por la cantidad de agua disponible para el cultivo, siendo éste valor mayor al reducirse la cantidad de agua aportada al sistema. La estabilidad oxidativa es un parámetro que proporciona una buena estimación de la susceptibilidad del aceite a la degeneración auto oxidativa, que en los aceites de oliva conduce fundamentalmente a su enranciamiento, y decrece significativamente al aumentar las dosis de riego aplicadas.

Plagas y enfermedades: las enfermedades y plagas del olivo juegan un papel importante como agentes influyentes y concretamente aquellas que producen daños especialmente al fruto. Ejemplos de afecciones que pueden afectar al olivo y su productividad incluyen algunos insectos como la mosca del olivo (*Dacus oleae*) y el escarabajo barrenador (*Phaeotribus scarabeoides*). También lo dañan hongos, entre los que se encuentran el repilo (*Cicloconium oleaginum*), aceituna jabonosa (*Gleosporium olivarum*) y escudete (*Macrophoma dalmática*). Por último, las bacterias también pueden resultar problemáticas,

siendo la de mayor importancia la tuberculosis (*Pseudomonas savastanoi*) (Rodríguez Mulero y Ballester Segarra, 1991).

Heladas: el olivo resiste muy bien las bajas temperaturas. Sin embargo, en ocasiones el fruto llega a helarse, provocando graves problemas de calidad en el aceite. (Rodríguez Mulero y Ballester Segarra, 1991).

Viento: los vientos fuertes pueden causar daños en los árboles, pero el verdadero problema se produce por la caída de los frutos y las consecuencias que esto conlleva. (Rodríguez Mulero y Ballester Segarra, 1991).

Granizo: si los frutos resultan dañados por causa del granizo, estos ponen a disposición de hongos y bacterias toda su pulpa para que sea infectada. El aceite de frutos dañados por granizo, sobre todo si éste se produce en frutos maduros, presenta sabores y olores no deseados, así como una elevada acidez. (Rodríguez Mulero y Ballester Segarra, 1991).

En cuanto a su productividad, el olivo presenta un fenómeno denominado “Vecería”, también llamado “años de carga y descarga”, que consiste en que tras un año de abundante cosecha de aceituna se sucede otro de escasa floración, debido a la inhibición de la inducción floral de la que es responsable la semilla en desarrollo, durante el ciclo de alta producción. La semilla en desarrollo libera giberelinas que hacen que las yemas queden en estado latente o que se diferencien como vegetativas (Matías *et al.*, 2010).

2 OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo comparar el contenido de materia grasa y la composición química del aceite producido por las variedades de olivo ‘Arbequina’ y ‘Frantoio’ en distintos estadios fenológicos, bajo las mismas condiciones de crecimiento, en la región del sudoeste bonaerense.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio experimental

El ensayo se realizó durante la temporada de producción frutal noviembre de 2017-mayo de 2018 en el establecimiento “La Reconquista” (38° 74' S, 61° 53' O). Este establecimiento está situado dentro del Partido de Coronel Dorrego, sudoeste de la provincia de Buenos Aires, en una pequeña localidad llamada San Román, ubicada a 4 km de la Ruta Nacional N°3, con acceso sobre el kilómetro 616 de dicha ruta (Figura 1). De las 570 ha que posee la estancia, el productor destina 50 ha al cultivo del olivo bajo condiciones de riego y secano.



Figura 1. Ubicación de establecimiento La Reconquista (azul) y rutas de acceso (rojo).

La región se caracteriza por un clima templado subhúmedo-seco a subhúmedo-húmedo, con marcada influencia marítima. La temperatura media anual es de 14°C, con una variación entre máximos de 41,5°C en los meses de verano y mínimos de -7°C en los meses de invierno. En años considerados normales, la concentración de lluvias ocurre durante dos estaciones bien definidas: otoño y primavera. Estas precipitaciones evidencian una marcada alternancia de años secos y húmedos con respecto al valor medio anual de 669 mm (Paoloni y González Uriarte, 2005).

La localidad de San Román se ubica en la Llanura surventánica en la cual se desarrollan el *Argiustoll Tipico* en fases profunda y somera y el *Haplustoll Típico* (Paoloni y González Uriarte, 2005).

3.2 Material experimental y manejo del cultivo

Los árboles con los que se trabajó pertenecen a las variedades ‘Arbequina’ y ‘Frantoio’. En el Cuadro 3 se presenta un resumen de las principales características morfológicas y agronómicas de cada una de ellas (Matías *et al.*, 2010). Los mismos se encuentran implantados en el establecimiento hace 10-12 años, con un marco de plantación 5 x 4 m, bajo condiciones de secano.

Variedad	‘ARBEQUINA’	‘FRANTOIO’
Origen	España	Italia
Vigor del árbol	Bajo	Elevado
Porte del árbol	Abierto-llorón	Abierto
Densidad de copa	Intermedia	Espesa
Hojas	Elíptico-lanceoladas, de corta longitud y estrechas	Elíptico-lanceoladas, planas, de longitud y anchura medias
Fruto	Esférico, de bajo peso y simétrico. Con ápice redondeado y base truncada. Escasas lenticelas pequeñas. El color de maduración es negro.	Ovoidal, de peso medio y ligeramente asimétrico. Con ápice y base redondeados. Abundantes lenticelas pequeñas. El color de maduración es negro.
Adaptación a condiciones climáticas	Es tolerante a las heladas invernales.	Sensible a períodos de sequía, recuperándose rápidamente con riego artificial. Tolerante a bajas temperaturas.
Enfermedades	Moderada resistencia a tuberculosis, susceptible a verticilosis y atracnosis y muy susceptible a repilo.	Una de las variedades más tolerantes a <i>Verticillium</i> , aunque es sensible al repilo.
Contenido de aceite	Medio (12%)	Medio (14%)
Características industriales del aceite	Estabilidad a la oxidación baja por bajo contenido de polifenoles y baja relación oleico/linoleico.	Composición ácida equilibrada, de alto oleico y buena relación oleico/linoleico.
Características organolépticas del aceite	Aceite muy frutado, poco amargo y picante, más bien de sabor dulce. Es muy suave y de gran fluidez en la boca.	Aceite muy apreciado por sus características organolépticas, de frutado intenso, con notas a tomate y nuez.

Cuadro 3. Principales características morfológicas y agronómicas de las variedades de olivo evaluadas en este trabajo: ‘Arbequina’ y ‘Frantoio’ (Modificado de Matías *et al.*, 2010).

3.3 Procesamiento de los frutos

La experimentación comenzó con muestreos a partir de las doce semanas desde plena floración (SDPF) hasta la madurez de cosecha, recolectando frutos ubicados en posición perimetral de la copa de cada árbol ($n=3$) a $1,7 \pm 0,2$ m del nivel del suelo.

En total se realizaron cuatro muestreos, todos ellos durante la Fase III de desarrollo del fruto, en la cual existiría un crecimiento exponencial del mismo por biosíntesis y acumulación de aceite en las células mesocárpicas (Figura 2).

Para este trabajo los tres primeros muestreos realizados se sucedieron cada cuatro semanas, aproximadamente, y el cuarto y último muestreo durante el período de cosecha normal del establecimiento, a dos semanas de la tercera fecha de muestreo. La cantidad de frutos por muestra fue de aproximadamente 2 kg, la cual se rotuló y guardó en freezer (-18°C) hasta su posterior procesamiento.

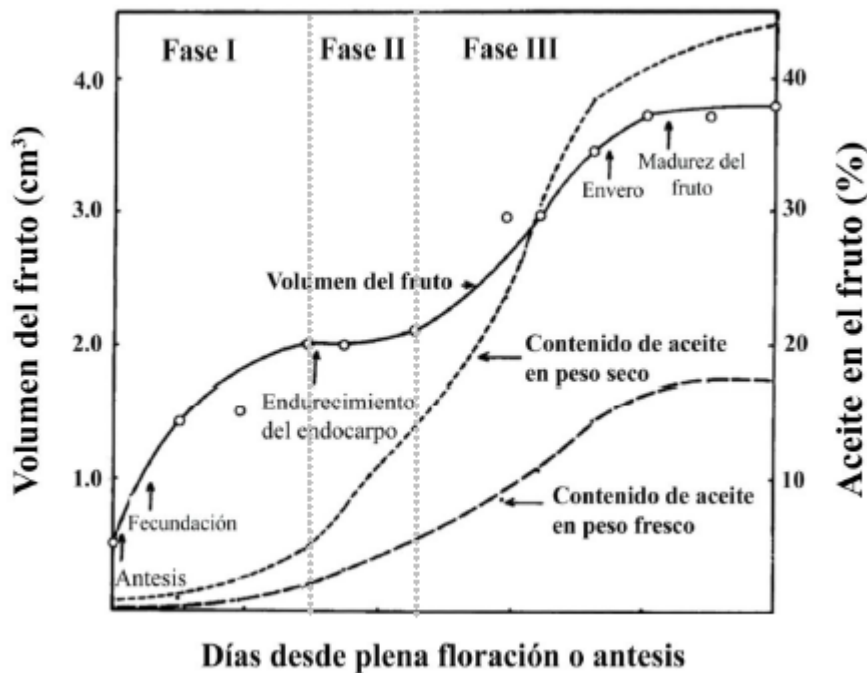


Figura 2. Crecimiento y desarrollo del fruto del olivo variedad "Manzanilla" (tomado de Rosetti, 2016).

3.3.1 Determinación de los estadios fenológicos

Desde plena floración se realizaron las observaciones en el cultivo registrando los estadios fenológicos de tres árboles por variedad según la escala visual internacional estandarizada BBCH (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt y Chemische Industrie) (Lancashire *et al.*, 1991; Hack *et al.*, 1992) descripta para la especie *Olea europaea* L. por Sanz-Cortés *et al.* (2002) (Cuadro 4). La misma consiste en un sistema decimal de dos dígitos que codifica los estadios fenológicos basándose en el código desarrollado para los cereales por Zadoks *et al.* (1974). El primer dígito corresponde al principal estadio de crecimiento y el segundo a un estadio secundario.

Para definir los distintos estadios de desarrollo del fruto se utilizó un calibre digital (Köln, Alemania) para medir el diámetro del fruto entero a nivel de la sección ecuatorial transversal (Figura 3).

<p>Estadio principal 0: Desarrollo de las yemas</p> <p>Estadio principal 1: Desarrollo de las hojas</p> <p>Estadio principal 3: Desarrollo de los brotes</p> <p>Estadio principal 5: Desarrollo de las inflorescencias</p> <p>Estadio principal 6: Floración</p> <p>60 Apertura de las primeras flores.</p> <p>61 Comienzo de la floración: alrededor del 10% de las flores están abiertas.</p> <p>65 Plena floración: al menos el 50% de las flores están abiertas.</p> <p>67 Comienza la caída de pétalos blancos.</p> <p>68 La mayoría de los pétalos han caído o están marchitos.</p> <p>69 Fin de la floración, fecundación del fruto y caída de ovarios no fecundados.</p> <p>Estadio principal 7: Desarrollo del fruto</p> <p>71 Tamaño de los frutos alrededor del 10% de su tamaño final.</p> <p>75 Tamaño de los frutos alrededor del 50% de su tamaño final. Empieza a lignificarse el endocarpo.</p> <p>79 Tamaño de los frutos alrededor del 90% de su tamaño final.</p> <p>Estadio principal 8: Maduración del fruto</p> <p>80 El color verde intenso de los frutos se vuelve verde claro-amarillento.</p> <p>81 Comienzo de la coloración de los frutos.</p> <p>85 Aumenta la coloración específica de los frutos.</p> <p>89 Los frutos adquieren el color característico del cultivar, permaneciendo turgentes. Frutos aptos para la extracción de aceite.</p> <p>Estadio principal 9: Senescencia</p> <p>91 Crecimiento de brotes completo y follaje color verde.</p> <p>93 Comienzo de senescencia y abscisión de hojas maduras.</p> <p>97 Período de dormancia de invierno.</p>
--

Cuadro 4. Estadios fenológicos del cultivo del olivo según la escala BBCH (tomado de Rosetti, 2016).



Figura 3. Medición del diámetro del fruto entero a nivel de la sección ecuatorial transversal con calibre digital. 26

3.3.2 Determinación del contenido de aceite (%)

La determinación del contenido de aceite (%) se llevó a cabo mediante dos métodos, por medio del sistema Abencor®, el cual expresa la cantidad de aceite extraíble por una almazara tradicional que use prensado en frío para la obtención de aceite de oliva extra virgen, y mediante resonancia nuclear magnética (RNM), la cual indica el contenido total de aceite que posee una muestra.

Sistema Abencor®

Para la extracción de aceite se utilizó 1 kg de frutos por muestra compuesta (tres árboles) según el sistema Abencor® (Martínez Suárez *et al.*, 1975). Las muestras se trituraron individualmente en un molinillo eléctrico (marca mc2, modelo MM-100) a una velocidad de 3000 rpm (revoluciones por minuto, Figuras 4A y 4B). De la pasta obtenida, una parte, llamada “pasta a secar”, se separó, se pesó y se llevó a estufa a 104 °C durante 24 h (Figuras 4C y 4D). Con el resto, denominado “pasta a procesar”, se pesó (aproximadamente 600 g) y se colocó en una termobatidora (marca mc2, modelo TB-100, Figura 4E) donde se batió durante 30 min a 30 °C. Los primeros 20 min se batió en seco (Figura 4F) y luego se le colocó agua hasta llegar a una relación “pasta a procesar”:agua de 7:3 (Figura 4G). Terminados los 30 min del termobatido, la pasta se centrifugó a 3500 rpm durante 2 min (en centrifugadora marca mc2, modelo CF-100, Figura 4H), el primer minuto de manera directa como resultó del termobatido, y el segundo minuto con un agregado de 100 ml de agua. Lo obtenido fue recolectado en una probeta graduada de 500 ml (Figura 4I), donde se dejó decantar. El excedente, llamado “orujo”, al igual que la “pasta a secar” fue llevado a estufa a 104°C por 24 h.

Una vez decantada la pasta procesada, se evaluó la cantidad total de aceite obtenido por lectura en la probeta (Figura 4J), representando este el ‘contenido de aceite sobre base húmeda’ y expresado como porcentaje. Luego, este contenido fue extraído con pipeta y propipeta, filtrado con gasa y envasado y rotulado para ser refrigerado (-18 °C) hasta su correspondiente análisis de perfil de ácidos grasos.



Figura 4. Procedimiento de extracción de aceite de oliva según el sistema Abencor® (Martínez Suárez *et al.*, 1975). **A:** molinillo eléctrico en posición de funcionamiento. **B:** molinillo eléctrico, vista del rotor. **C:** estufa de secado en posición de funcionamiento con la puerta cerrada. **D:** bandejas de aluminio con muestras de pasta de aceitunas y orujo durante el secado dentro de la estufa. **E:** termobatidora en funcionamiento. **F:** detalle de cazoleta de termobatidora conteniendo pasta de aceitunas sin agregado de agua. **G:** misma cazoleta conteniendo pasta de aceitunas y agua en relación 7:3. **H:** centrifugadora en posición de funcionamiento. **I:** probeta de recibo y decanta de aceite ubicada debajo de la centrifugadora. **J:** probetas durante el decantado, se observa en la parte superior de las mismas el aceite decantado y en la parte inferior el excedente.

Resonancia magnética nuclear (RMN)

Pasadas las 24 h de secado, tanto la “pasta a secar” como el “orujo” se retiraron de la estufa, para determinar su contenido graso con un espectrómetro de resonancia magnética nuclear (RMN, marca Spinlock, modelo SLK-AC-100).

Para realizar este procedimiento, primero se pesó la muestra seca (Figura 5A) y se colocó en un pequeño recipiente plástico que encaja en una abertura del espectrómetro (Figura 5B). Luego desde el panel de control del ordenador que se encuentra conectado al espectrómetro, se seleccionó el tipo de muestra a analizar, se ingresó su peso y nombre de dicha muestra y se oprimió el botón “Medir” (Figura 5C). El resultado apareció en un pequeño panel bajo el nombre de “% Aceite BS” (Figura 5D), el cual se organizó en una tabla junto con el nombre y el peso de la muestra.

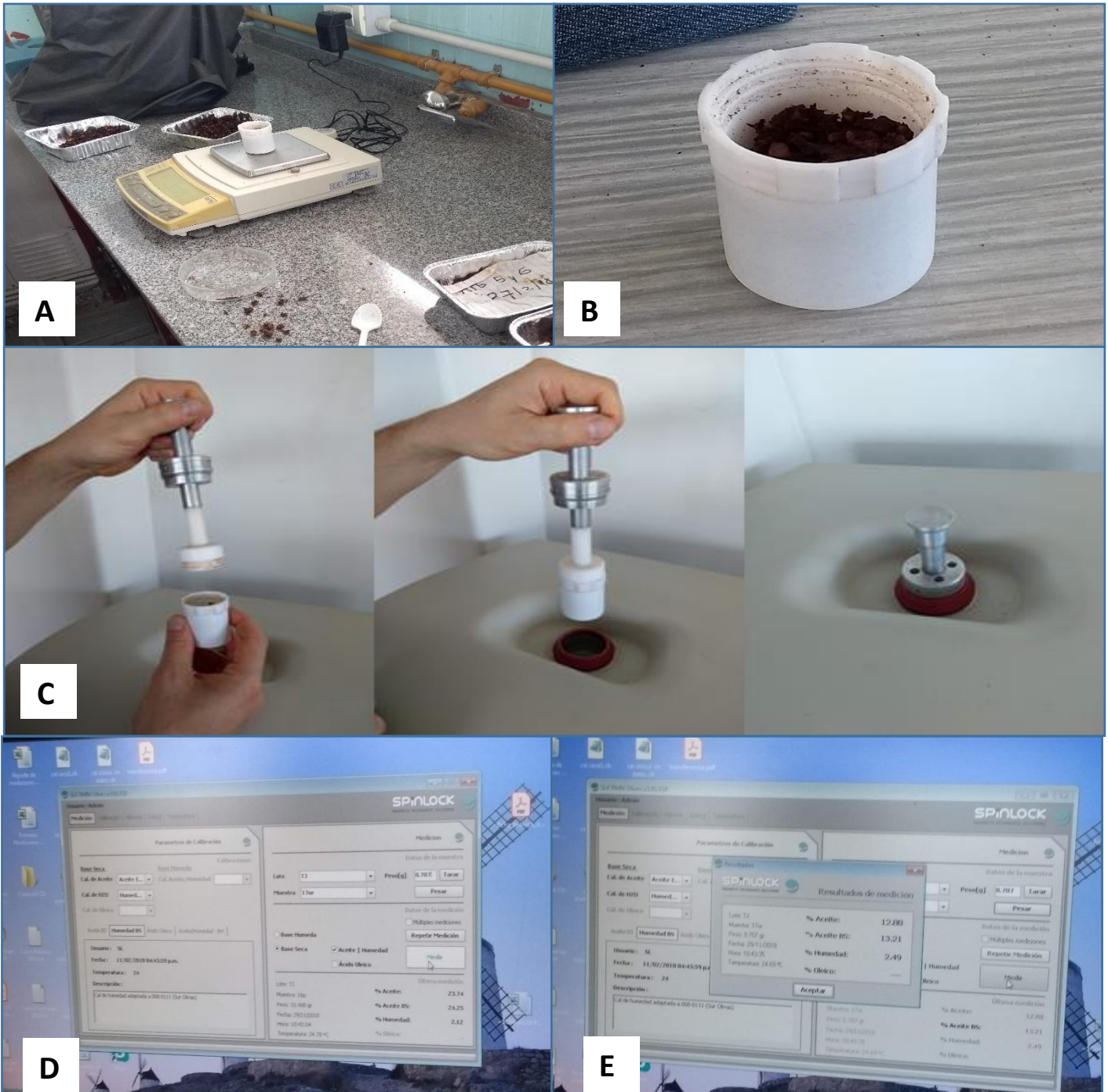


Figura 5. Procedimiento de determinación del rendimiento graso por espectrometría de RMN. **A:** pesaje de la muestra dentro del cubilete plástico en balanza digital de precisión. **B:** detalle del cubilete plástico conteniendo una muestra seca de orujo. **C:** procedimiento de colocación del cubilete plástico dentro del espectrómetro de RMN. **D:** panel de control para ingreso de datos de la muestra. **E:** panel de resultados de la muestra.

3.3.3 Determinación del perfil de ácidos grasos

El aceite extraído, filtrado y envasado previamente se utilizó para la determinación del contenido (% sobre el total de ácidos grasos detectados en el aceite) de ácido oleico, linoleico y linolénico conforme a los protocolos de análisis utilizados por el laboratorio de la Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca basado en la norma AOCS Official Method Ce 2-66 (Mavrikos y Eliopoulos, 1973).

3.4 Registro de variables climáticas

Los datos de las principales variables climáticas (humedad ambiental relativa [%], lluvia [mm] y temperatura ambiental máxima, mínima y media [°C]) registrados durante el período de ejecución del ensayo fueron provistos por la estación experimental del INTA de Coronel Dorrego (38°44'21" S; 61° 06'46" O; 103 m s.n.m.).

3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de muestreo completamente aleatorizado postulado por Fisher (1926), en el cual el proceso de asignación de individuos se realizó al azar, con cuatro estadios de madurez del fruto y dos variedades ('Arbequina' y 'Frantoio') como variables de clasificación, y tres árboles (réplicas) por combinación de dichas variables.

Los datos obtenidos se analizaron mediante Análisis de la Varianza (ANDEVA) doble. En el caso de encontrarse diferencias significativas entre tratamientos, se realizaron comparaciones de medias poblacionales con la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), con probabilidad de error $p=0,05$ (Di Rienzo *et al.*, 2010).

Para realizar dichos análisis se utilizó el paquete estadístico InfoStat versión 2010 (Di Rienzo *et al.*, 2010).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables climáticas

Durante el período del ensayo (noviembre 2017 - mayo 2018) las lluvias contabilizaron un total de 173,7 mm de lámina de agua. En los meses de Noviembre y Diciembre, durante la floración, se registraron 59,2 mm, mientras que en el transcurso del mes de Enero la escasez de agua hizo que no se alcanzaran los 5 mm. En el resto de los meses del período de ensayo, es decir, desde Febrero hasta cosecha, en pleno crecimiento del fruto, la acumulación de agua de lluvia se acercó a los 110 mm (Tabla 1). Las temperaturas mínimas registradas ocurrieron en los meses de Noviembre y Mayo, pero siempre estuvieron por encima de 0°C; las máximas se registraron en el mes de Enero, promediando 40°C y la temperatura media durante el ensayo fue de 17,9°C (Tabla 1).

Se puede observar que los valores y frecuencia de lluvias son los normales para el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, siendo ésta la razón por la que el productor decidió no utilizar los sistemas de riego en esta temporada. Las temperaturas registradas durante el período del ensayo también responden a las históricas para la región.

	T° media	T° máx	T° mín	Grados día calor	Grados día frío	Lluvia mm	Vel. Media del viento (km/h)	Vel. Máxima del viento (km/h)	Dirección dominante del viento
nov-17	16,4	34,6	3,9	74,8	205,8	39,9	8,8	75,6	N
dic-17	21,4	38,6	5,1	39,7	383,9	19,3	10,9	67,6	N
ene-18	23,9	40,0	9,5	19,2	446,4	4,8	11,6	54,7	N
feb-18	24,0	39,0	9,3	17,4	403,1	41,1	10,4	80,5	N
mar-18	19,2	35,6	6,3	41,6	283,8	16,5	9,9	62,8	N
abr-18	17,6	32,3	5,4	50,9	226,1	23,1	6,4	70,8	N
may-18	12,4	22,2	3,1	158,4	150,2	29,0	6,1	54,7	N

Tabla 1. Registro de variables climáticas durante el período del ensayo (noviembre 2017 a junio 2018). T° media: temperatura media del mes. T° máx: temperatura máxima del mes. T° mín: temperatura mínima del mes.

4.2 Evolución del tamaño de los frutos

La floración se fijó a principios del mes de diciembre de 2017. Después de cuajados, el desarrollo y crecimiento de los frutos del olivo sucedió casi de forma lineal entre las 12 SDPF (estadio 78 en ‘Frantoio’ y 77 en ‘Arbequina’) y las 21 SDPF (estadio 81 en ambas variedades) (Figura 6), lo que se debería principalmente a la acumulación de aceite durante esta etapa. Luego, en el intervalo entre las últimas dos fechas de muestreo, el crecimiento se ve atenuado (Figura 6), resultando en diferencias no significativas ($P > 0,05$) en el diámetro ecuatorial de los frutos entre ambas fechas.

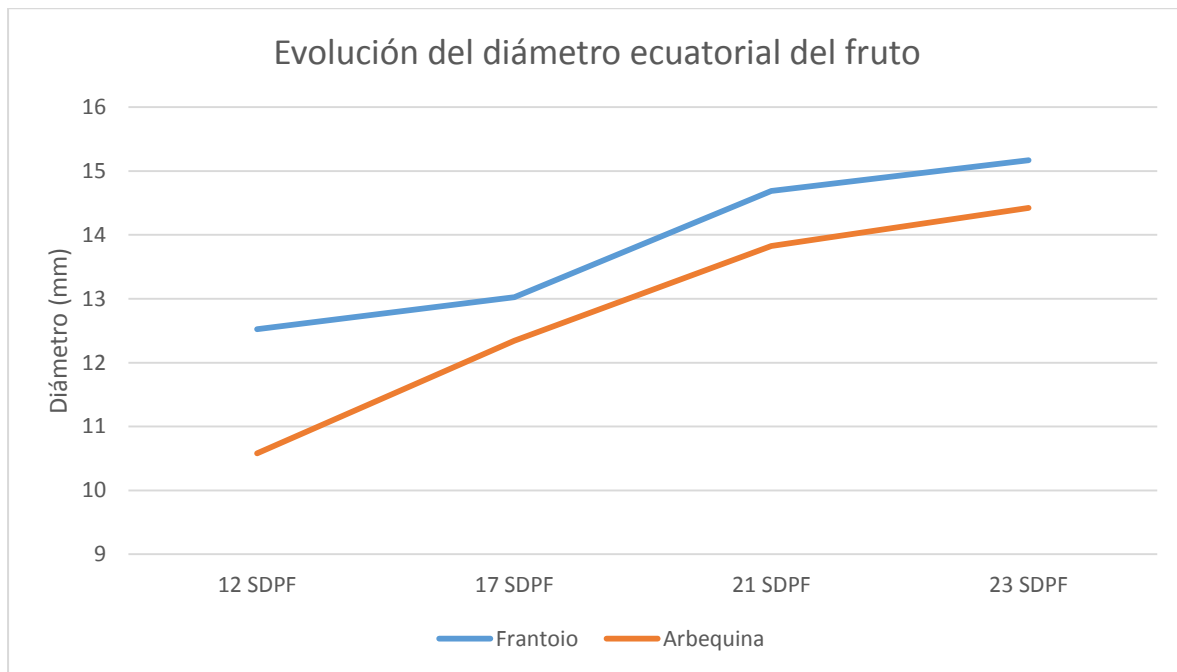


Figura 6. Evolución del diámetro ecuatorial del fruto (mm) de ambas variedades de olivo evaluadas en esta tesina. SDPF: semanas desde plena floración.

El tamaño máximo del fruto, para ambas variedades, se alcanzó en la tercera fecha de muestreo, es decir 21 SDPF (estadio 81, momento en el que los frutos comienzan a colorearse), presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) en relación a fechas anteriores, y diferencias no significativas ($p > 0,05$) al compararla con la cuarta fecha de muestreo a las 23 SDPF, cuando los frutos se encuentran aptos para la extracción de aceite (estadio 89; Fig. 6).

En su investigación, Rosetti (2016) muestra cómo evolucionan los estadios fenológicos en dos variedades de olivo (Arbequina y Nevadillo) en la localidad de Coronel Dorrego (Provincia de Buenos Aires). En su primer año de trabajo los frutos alcanzaron el estadio 79 a las 16 SDPF y el estadio 89 a las 20 SDPF. En el segundo año, a las 16 SDPF los frutos se encontraban en el estadio 76 y, nuevamente, a las 20 SDPF alcanzaron el estadio 89. Durante el tercer y último año de ensayo, los frutos alcanzaron, a las 16 SDPF, el estadio 78, y no fue hasta las 28 SDPF que completaron el estadio 89. Esto comprueba que la evolución de los estadios fenológicos puede variar al compararse distintos años,

Entre variedades, y a igual fecha de muestreo, ‘Frantoio’ posee siempre un tamaño de fruto mayor al de ‘Arbequina’, siendo estas diferencias significativas ($p > 0,05$). Rondanini *et al.* (2014), trabajando con 6 variedades de olivo (‘Arbequina’, ‘Frantoio’, Barnea, Coratina, Arauco y Manzanilla) en las localidades de Aimogasta y La Rioja (Provincia de La Rioja), evaluó el crecimiento del fruto entre los meses de noviembre y junio considerando para esto el peso seco de dichos frutos. Sus resultados se muestran equivalentes a los obtenidos en este trabajo.

4.3 Rendimiento graso

Acompañando el crecimiento del fruto, el contenido de aceite también va en aumento a medida que avanzan las fechas de muestreo.

‘Frantoio’	% aceite Abencor®		%aceite RMN	
12 SDPF	4,81	a	20,90	a
17 SDPF	10,91	b	34,32	b
21 SDPF	14,34	c	43,20	c
23 SDPF	12,61	bc	45,15	c

Tabla 2. Evolución del contenido de aceite de la variedad ‘Frantoio’. Valores de una misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P > 0,05$). RMN: resonancia magnética nuclear. SDPF: semanas desde plena floración.

'Arbequina'	% aceite Abencor®	%aceite RMN
12 SDPF	4,35 a	21,14 a
17 SDPF	9,36 b	36,24 b
21 SDPF	13,91 c	48,19 c
23 SDPF	12,37 c	46,85 c

Tabla 3. Evolución del contenido de aceite en la variedad 'Arbequina'. Valores de una misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P>0,05$). RMN: resonancia magnética nuclear. SDPF: semanas desde plena floración.

Estos resultados muestran que para ambas variedades de olivo el mayor contenido de aceite, obtenido tanto por el sistema Abencor® como por RMN, se logra en la tercera fecha de muestreo (21 SDPF), y que no tiene diferencias significativas ($p > 0,05$) con el contenido de aceite obtenido en la cuarta fecha de muestreo (23SDPF). Los valores obtenidos por el sistema Abencor® coinciden con los expuestos por Matías *et al.* (2010; Cuadro 3), el cual estudia el rendimiento industrial de aceites de oliva procedentes del Valle Central y Oeste de Catamarca; y Oeste de la Rioja, considerando un gran número de variedades, entre ellas 'Frantoio' y 'Arbequina'. De igual manera, los resultados arrojados por RMN son comparables con lo enunciado por Matías *et al.* (2010), quien obtuvo valores similares pero inferiores en Arbequina y levemente superiores en Frantoio. Esto último puede deberse a diferencias geográficas de los lugares donde se realizaron los ensayos, a los sistemas de manejo e incluso al método de análisis del contenido de materia grasa utilizado.

El rendimiento de aceite resultado de la extracción mediante el sistema Abencor® origina valores muy inferiores a los valores de materia grasa obtenidos por RMN. Esto se debe a que el método de RMN mide una aproximación del contenido total de materia grasa de la muestra, distinto al resultado del sistema Abencor® que se asemeja más al rendimiento de aceite de oliva virgen extra alcanzado por las almazaras (Matías *et al.*, 2010). En función de los objetivos de este trabajo, es recomendable utilizar el sistema Abencor®, ya que es comparable con los rendimientos normales que posee el establecimiento del cual se tomaron las muestras.

Al comparar el rendimiento en aceite entre las variedades en cada fecha, vemos que no hay diferencias significativas ($p>0,05$) entre éstas en ambos métodos de análisis utilizados (Figuras 7 y 8).

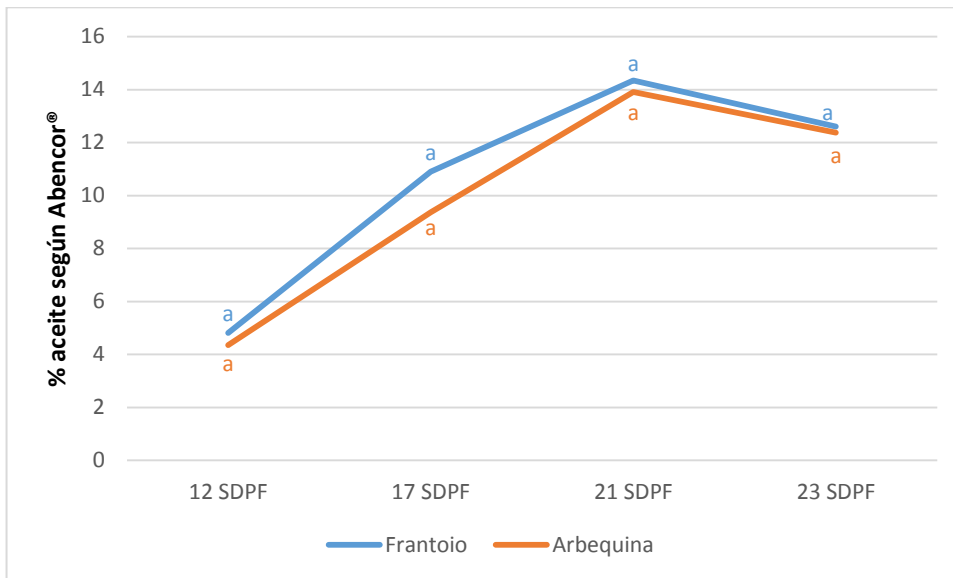


Figura 7. Evolución del porcentaje de aceite de cada variedad según el sistema Abencor®. En cada fecha, valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P>0,05$). SDPF: semanas desde plena floración.

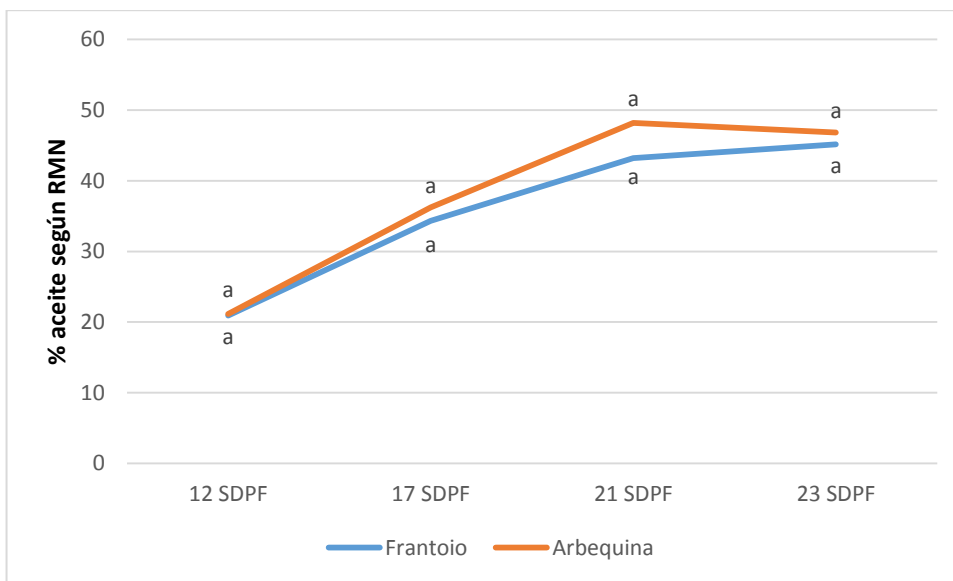


Figura 8. Evolución del porcentaje de aceite de cada variedad según el sistema de RMN. En cada fecha, valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P>0,05$). SDPF: semanas desde plena floración.

4.4 Perfil de ácidos grasos del aceite

Los datos obtenidos por el análisis de ácidos grasos de la variedad ‘Frantoio’ muestran que el porcentaje de ácido oleico tiene una leve disminución a partir de la tercera fecha de muestreo (21 SDPF), pero que igualmente siempre se mantiene por encima del 70% (Tabla 4). El ácido linoleico, al contrario del oleico, se incrementa ligeramente en la tercera fecha de muestreo (21 SDPF) respecto a las dos anteriores (12 y 17 SDPF), pero encontrándose durante todo el período de ensayo por debajo del 10% (Tabla 4). El ácido linolénico se presenta muy bajo en comparación a los anteriores, con valores cercanos al 1% en todo momento (Tabla 4).

Los análisis de ácidos grasos para la variedad ‘Arbequina’ demostraron, igualmente una leve disminución del contenido de ácido oleico, esta vez por debajo del 70%, a partir de la tercera fecha de muestro (21 SDPF) (Tabla 4). El ácido linoleico aumenta en la tercera fecha de muestreo (21 SDPF) para apenas superar el 11% de participación, mientras que el ácido linolénico se mantiene en valores cercanos a 1% durante todo el período del ensayo (Tabla 4).

Estos resultados obtenidos pueden ser comparados con aquellos descritos por Humanes Guillén y Civantos López-Villalta (2001) quienes, trabajando sobre el cultivo del olivo y las distintas variables que afectan la calidad del aceite de oliva de un gran número de variedades, incluidas Arbequina y Frantoio, obtuvieron porcentajes de los ácidos grasos oleico, linoleico y linolénico semejantes a los hallados en este trabajo. También Lozano Sánchez *et al.* (2009), en su trabajo sobre la composición del aceite de oliva, presentan valores de los distintos ácidos grasos cercanos a los obtenidos para las variedades evaluadas en esta tesis. A la vez, estos autores incluyen los límites de la composición acídica fijados por el C.O.I. (Consejo Oleícola Internacional), dentro de los cuales se encuentra el perfil de ácidos grasos obtenido en este trabajo.

Cuando se compara el contenido de ácidos grasos entre variedades en cada fecha de muestreo, se observa que ‘Frantoio’ posee un porcentaje de ácido oleico por encima del medido en ‘Arbequina’ ($P > 0,05$) (Tabla 4). El ácido linoleico se muestra mayor en ‘Arbequina’ ($P > 0,05$), en la primera, segunda y cuarta fecha de muestreo (12, 17 y 23 SDPF, respectivamente), y mayor en ‘Arbequina’, pero sin diferencias significativas ($P > 0,05$), en la tercera fecha de muestreo (21 SDPF) (Tabla 4). Por último, el contenido de ácido linolénico es inverso al contenido de ácido linoleico, teniendo mayor concentración en ‘Frantoio’, con diferencias

significativas ($P > 0,05$) en la primera, segunda y cuarta fecha de muestreo (12, 17 y 23 SDPF, respectivamente) (Tabla 4). Humanes Guillén y Civantos López-Villalta (2001) presentan resultados que avalan esta relación entre las variedades Frantoio y Arbequina en cuanto a sus perfiles de ácidos grasos (Cuadro 2).

Fecha	%Oleico				%Linoleico				%Linolenico			
	'Arbequina'		'Frantoio'		'Arbequina'		'Frantoio'		'Arbequina'		'Frantoio'	
12 SDPF	71,60	a	74,00	b	7,3	b	6,3	a	1	a	1,1	b
17 SDPF	71,40	a	75,10	b	9	b	6,3	a	0,7	a	0,9	b
21 SDPF	66,4	a	72,3	b	11,3	a	8,1	a	0,6	a	0,7	a
23 SDPF	67,6	a	73,1	b	10,8	b	7,7	a	0,6	a	0,7	b

Tabla 4. Evolución del contenido de ácidos grasos en aceites de las variedades 'Frantoio' y 'Arbequina'. En cada fecha y para cada ácido grasos, valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente ($P > 0,05$). SDPF: semanas desde plena floración.

5 CONCLUSIONES

En virtud de los resultados obtenidos en esta Tesina y considerando los objetivos planteados en la misma, se concluye que:

- Los frutos de 'Arbequina' y de 'Frantoio' alcanzaron su tamaño máximo a las 21 SDPF.
- El contenido de aceite de los frutos, medido tanto por el sistema Abencor® como por resonancia nuclear magnética, fue máximo en los frutos recolectados a las 21 SDPF. Esto es válido para ambas variedades.
- A medida que avanzó el desarrollo de los frutos, la calidad del aceite obtenido, considerada como el perfil de ácidos grasos del aceite, va disminuyendo progresivamente tanto en 'Arbequina' como en 'Frantoio'.
- A las 21 SDPF se logró la mejor relación rendimiento: calidad de aceite de oliva virgen extra de ambas variedades evaluadas.
- Al comparar las variedades, se concluye que 'Frantoio' obtuvo un mayor rendimiento y calidad de aceite (principalmente mayor contenido de ácido oleico) que 'Arbequina'. Sin embargo, el aceite de ambas variedades se encuentra dentro de los límites establecidos para la composición acídica para ser designados como aceite de oliva virgen extra.
- En función a los resultados observados en esta Tesina, en cuanto al rendimiento graso y calidad de aceite, se recomienda comenzar la cosecha de las variedades 'Frantoio' y 'Arbequina' a las 21 SDPF en la región de Coronel Dorrego.

6 PERSPECTIVAS A FUTURO

- Durante la recolección de datos hubo problemas de comunicación con las personas contratadas por la empresa para la cosecha de los olivos. Por esto dos variedades, 'Nevadillo' y 'Coratina', que al inicio se habían pensado evaluar, tuvieron que ser excluidas del presente trabajo. Sería interesante poder integrar esas variedades como algunas otras en un siguiente trabajo, teniendo así resultados de un mayor número de variedades relevantes para la región.
- La mayoría de la bibliografía consultada sobre el contenido de materia grasa en el fruto del olivo utiliza el método de análisis Soxhlet. Utilizar en un mismo ensayo el método de Resonancia Magnética Nuclear y el método Soxhlet, abriría la posibilidad de poder compararlos y definir si existen o no diferencias entre un método y otro.

7 REFERENCIAS

- Alonso Martínez, N., Juan Tresserras, J., Rodríguez Ariza, M.O. y Rovira Buendía, N. 2003. Muestreo arqueobotánico de yacimientos al aire libre y en medio seco. En: Buxó, R. y R. Piqué (Eds.), La recogida de muestras en Arqueobotánica: objetivos y propuestas metodológicas. La gestión de los recursos vegetales y la transformación del paleopaisaje en el Mediterráneo occidental. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Barcelona, p. 29-46.
- Cáceres, R., Novello, R. y Robert, M. 2009. Análisis de la cadena del olivo en Argentina. Estudios Socioeconómicos de los Sistemas Agroalimentarios y Agroindustriales N°2. Ediciones INTA.
- Caponio, F., Alloggio, V. y Gomes, T. 1999. Phenolic compounds of virgin olive oil: influence of paste preparation techniques. *Food Chemistry*, 64: 203-209.
- Civantos, L. 2004. La olivicultura en el mundo y en España. En: Barranco, D., Fernández-Escobar, R. y Rallo, L. (Eds.), El cultivo del olivo. Mundi-Prensa, Madrid, p. 19-24.
- COI. 2019. Newsletter. International Olive Council. N°144. Diciembre 2019.
- Covas, M.I., Ruiz-Gutiérrez, V., de la Torre, R., Kafatos, A., Lamuela-Raventós, R.M., Osada, J., Owen, R.W. y Visioli, F. 2006. Minor components of olive oil: evidence to date of health benefits in humans. *Nutrition Reviews*, 64: S20-S30.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. 2010. InfoStat, versión 2010, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Gimeno, E., Fitó, M., Lamuela-Raventós, R.M., Castellote, A.I., Covas, A.I., Farré, M., de la Torre, M.C. y López-Sabater, M.C. 2002. Effect of ingestion of virgin olive oil on human low-density lipoprotein composition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56: 114-120.
- Guerrero, A. 2003. Nueva Olivicultura. (5a ed.) Mundi-Prensa. Madrid, España. 304 pp.
- Hack, H., Bleiholder, H. Buhr, L., Meier, U., Schnock-Fricke, U., Weber, E. y Witzemberger, A. 1992. Standardized coding of the phenological development stages of mono and dicotyledonous plants; the general extended BBCH scale. *Nachrichtenbl Deutsch Pflanzenschutzd*, 44: 265-270.
- Humanes Guillén J., Civantos López Villalta M. 2001. Producción de aceite de oliva de calidad. Influencia del cultivo. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 90 pp.

- Iglesias Rodríguez, J.J. 1995. Historia y cultura del vino en Andalucía. Universidad de Sevilla. Sevilla. 220 pp.
- Kamal-Eldin, A. y Appelqvist, L.A. 1996. The Chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids*, 31: 671-701.
- King, J.R. 1938. Morphological development of the fruit of the olive. *Hilgardia*, 11: 437-458.
- Lozano Sánchez, J., Segura Carretero, A. y Fernández Gutiérrez, A. El Aceite de Oliva Virgen: Tesoro de Andalucía. Capítulo 7: Composición del aceite de Oliva. Servicio de Publicaciones de la Fundación Unicaja c/ San Juan de Dios, 1-6° 29015 Málaga.
- Lancashire, P. D., Bleiholder, H., van den Boom, T., Langeluddeke, P., Stauss, R., Weber, E. y Witzenberger, A. 1991. A uniform decimal code for growth stage of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 119: 561-601.
- Mailer R. 2006. Chemistry and quality of olive oil. Primefact 227. NSW DPI-Australia.
- Mailer, R.J. y Beckingham, C. 2006. Testing olive oil quality: chemical and sensory methods. Primefact 231. NSW DPI-Australia. <http://spartacos.be/Testing-olive-oil-quality.pdf> (Verificado el 03/08/18).
- Martínez de Victoria, E. y Mañas, M. 2001. El aceite de oliva en la dieta y salud humana. En: Barranco, D., Fernández-Escobar, R. y Rallo, L. (Eds.), *El Cultivo del Olivo*. Mundi-Prensa, Madrid, p. 663-684.
- Martínez Suárez, J.M., Muñoz Aranda, E., Alba Mendoza, J. y Lanzón Rey, A. 1975. Informe sobre utilización del analizador de rendimientos "Abencor". *Grasas y Aceites*, 26: 379-385.
- Matías, A.C., Toro, A.A., Montalván, L.D. y Molina, M.S. 2010. Variedades de olivo cultivadas en las provincias de Catamarca y La Rioja, Argentina. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 70 pp.
- Mavrikos, P.J. y Eliopoulos, G. 1973. Preparation of methyl esters of long chain fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 50: 174.
- Paoloni, J.D. y González Uriarte, M. 2005. Geoambiente y evaluación de las aguas freáticas del partido de Coronel Dorrego (provincia de Buenos Aires). EdiUNS. 107 pp.
- Peña-Chocarro, L. y Zapata Peña, L. 1997. El *Triticum dicoccum* (ezkandia) en Navarra: de la agricultura prehistórica a la extinción de un trigo arcaico. *Zainak*, 14: 249-262.
- Picardi, M.S. y Obiol, L. 2011. Desarrollo territorial sostenible: la olivicultura en el sudoeste de Buenos Aires, Argentina. *Trayectorias*, 32: 94-117.

- Picornell Buendía, M.R. y Melero Martínez, J.M. 2013. “Historia del cultivo del olivo y del aceite; su expresión en la Biblia”, en ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Albacete, N° 28.
- Rodríguez Mulero, F. y Ballester Segarra, A. (1991). Influencia de la sanidad vegetal en la calidad del aceite de oliva. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General de Estructuras Agrarias. Hojas Divulgadoras. Núm. 16/90 HD.
- Rondanini, D.P., Castro, D.N., Searles, P.S. y Rousseaux, M.C. 2011. Fatty acid profiles of varietal virgin olive oils (*Olea europaea* L.) from mature orchards in warm arid valleys of Northwestern Argentina (La Rioja). CRILAR-CONICET, Entre Ríos y Mensoza s/n (5301) Anillaco, La Rioja, Argentina. Grasas y aceites, 62 (4), Octubre-diciembre, 339-409, 2011.
- Rondanini, D.P., Castro, D.N., Searles, P.S. y 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 (2014) 237-246.
- Rosetti, M.V. 2016. Desarrollo del fruto del olivo (*Olea europaea* L.) cultivado en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires creciendo bajo condiciones de riego y secano. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Sur, Argentina. 106 pp.
- Rubio de Miguel, I. 2011. Domesticación y modelos para la Neolitización de la Cuenca Mediterránea. Cuadernos de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid, 37-38: 139-152.
- Ruiz-Alonso, M., Martínez Torrecilla, J.M. y Zapata, L. 2009. Macrorrestos vegetales del yacimiento arqueológico de Las Eras de San Martín (Alfaro, La Rioja). Kobie (Serie Paleoantropología), Bilbao, 28: 153-170.
- Ruiz Domínguez, M. L. 2015. Técnicas y prácticas de laboratorio para el análisis de aceite de oliva virgen. Proyecto mejora de las economías regionales y desarrollo local. Cuaderno tecnológico del Instituto Nacional del Tecnología Industrial n° 23.
- Salas J., Pastor M., Castro J. y Vega, V. 1997. Influencia del riego sobre la composición y características organolépticas del aceite de oliva. Grasas y Aceites. Vol 48: 74-82.
- Salvador, M.D., Aranda, F., Gómez-Alonso, S. y Fregapane, G. 2003. Influence of extraction system, production year and area on Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. Food Chemistry, 80: 359-366.

- Sanz-Cortés, F., Martínez-Calvo, J., Badenes, M.L., Bleiholder, H., Hack, H., Llácer, G., y Meier, U. 2002. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea* L.). *Annals of Applied Biogy*, 140: 151-157.
- Searles, P.S., Rousseaux, M.C., Ladux, J.L., Trentacoste, E., Arjona, C., Cólica, J., Matias, C., Bueno, L. y Vita Serman, F. 2012. Following olive footprints in Argentina. En: El-Kholy, M., Avanzato, D., Caballero, J. M., Chartzoulakis, K. S., Vita Serman F. y Perri, E. (Eds.). *Following olive footprints (Olea europaea L.)- Cultivation and culture, folklore and history, traditions and uses*. Association of Agricultural Research Institutions in the Near East and North Africa, International Olive Council and International Society of Horticultural Science Scripta Series, Córdoba, España, p. 13-23.
- Tagarelli, S. 2017. Olivicultura. Regiones, olivos y divisas. En: Buryaile, R. (Ed.), *Alimentos Argentinos*, 72: 39-43.
- Torres, M. y Maestri, D. 2006. The effects of genotype and extraction methods on chemical composition of virgin olive oils from Traslasierra Valley (Córdoba, Argentina). *Food Chemistry*, 96: 507-511.
- Tous, J., Romero, A. y Plana, J. 1998. Comportamiento agronómico y comercial de cinco variedades de olivo en Tarragona. *Investigación agraria. Producción y protección vegetal*, 13: 97-109.
- Waterman, E. y Lockwood, B. 2007. Active components and clinical applications of olive oil. *Alternative Medicine Review*, 12: 331-342.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. y Konzac, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.