

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
ESCUELA DE AGRONOMIA

MEMORIA DE TÍTULO

“ FENOLOGÍA DE CUATRO VARIEDADES DE OLIVO PARA ACEITE EN
LA COMUNA DE MELIPILLA, REGIÓN METROPOLITANA”

KAREN VALERIA SUDZUKI TORO

2006
SANTIAGO, CHILE

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
ESCUELA DE AGRONOMIA

“ FENOLOGÍA DE CUATRO VARIEDADES DE OLIVO PARA ACEITE EN LA
COMUNA DE MELIPILLA, REGIÓN METROPOLITANA”

Memoria para optar al Título Profesional
de Ingeniero Agrónomo
Mención: Fruticultura

KAREN VALERIA SUDZUKI TORO

PROFESOR GUÍA	Calificaciones
Sr. Thomas Fichet L. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,6
PROFESORES CONSEJEROS	
Sra. Loreto Cánaves S. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.	6,2
Sr. Rodrigo Callejas R. Ingeniero Agrónomo, Dr. sc agr.	6,6

2006
Santiago, Chile.

INDICE

RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Objetivos.....	4
MATERIALES Y MÉTODO.....	5
Ubicación del ensayo.....	5
Descripción del ensayo.....	5
Mediciones y observaciones.....	5
Análisis estadísticos.....	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
Estados fenológicos del olivo asociados a acumulación térmica (días-grado).....	8
Etapas de la floración.....	9
Comienzo de floración.....	10
Plena floración.....	10
Final de floración.....	10
Cuajado y abscisión de frutos.....	11
Crecimiento y desarrollo de frutos.....	13
Endurecimiento del carozo.....	13
Maduración.....	14
Indices de color del fruto.....	15
Cosecha comercial.....	15
Síntesis de ácidos grasos.....	16
Acumulación de aceite en función de la temperatura.....	18
Relación pulpa/carozo.....	18
Producción.....	19
Eficiencia productiva.....	19
Productividad.....	21
CONCLUSIONES.....	23
LITERATURA CITADA.....	24

RESUMEN

En un huerto comercial de 5 años de edad en la Región Metropolitana, durante la temporada 2003/2004 se estudió la fenología de cuatro variedades de olivo para aceite: Arbequina, Coratina, Frantoio y Leccino, desde ramillete expuesto hasta cosecha, con la finalidad de caracterizar y describir el comportamiento de cada una de las variedades.

A partir del mes de septiembre de 2003, se eligieron cuatro árboles por variedad, seleccionando en cada árbol, tres ramas: dos ramas exposición este y una rama exposición oeste, de las cuales; una este y otra oeste contaba con cien ramilletes florales expuestos que se observaron hasta final de la cosecha. La otra rama utilizada (posición este) contaba con 10 ramilletes expuestos que se embolsaron para determinar el grado de autopolinización para cada variedad. Se determinó el número de flores por ramillete floral el cual fue de: 17 flores por ramillete en Arbequina y Leccino, 20 flores en Coratina y 16 flores en Frantoio. Las variedades Arbequina y Leccino presentaron un buen porcentaje de autopolinización, sin embargo las variedades Coratina y Frantoio presentaron un bajo porcentaje de autopolinización, evidenciando la necesidad de polinizantes para estas dos últimas variedades. En las ramillas este y oeste, se llevó a cabo un conteo semanal de frutos desde cuaja hasta cosecha, determinando el porcentaje de caída de frutos postcuaja. Al respecto el porcentaje de cuaja final (promedio este y oeste) en cada una de las variedades fue de: 6,12 % en Arbequina, 4,48 % en Coratina, 7,13 % en Frantoio y 5,04 % en Leccino.

Desde el mes de febrero hasta cosecha (mayo, 2004) se tomaron muestras de frutos en forma periódica para determinar la evolución en el contenido de aceite.

Al momento de la cosecha las eficiencias productivas obtenidas fueron de: $0,28 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ASTT (Área Sección Transversal de Tronco) en Arbequina, $0,15 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ASTT en Coratina, $0,08 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ASTT en Frantoio y $0,09 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ASTT en Leccino.

La variedad Arbequina no es la más productiva en $\text{kg}/\text{árbol}$, pero en cuanto a kg/ha su rendimiento es el más alto respecto a las otras variedades, debido a la densidad de plantación ($6\times 2 \text{ m}$) con un rendimiento de $13057,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

En relación a los kg aceite por árbol y por hectárea, la variedad Leccino obtuvo los mayores rendimientos, $7,1 \text{ kg}/\text{árbol}$ y 2972 kg aceite/ha respectivamente, en comparación con las otras variedades.

Además se encontró que existe una muy buena relación entre la temperatura acumulada, días grado y el porcentaje de aceite en el fruto, siendo la variedad Leccino la que acumuló el mayor porcentaje de aceite.

Palabras claves: Arbequina, Coratina, Frantoio, Leccino, olivo.

SUMMARY

The phenology of Arbequina, Coratina, Frantoio and Leccino olive cultivars grown for oil was studied from exposed floral cluster to harvest time in a 5-yearold commercial orchard in the Metropolitan Region during the 2003/2004 season in order to characterize and describe the behavior of each of these cultivars.

In September 2003, four olive trees per cultivar three branches per tree, two with east exposure and one with west exposure, were selected. Of these, one with east and the one with west exposure presented 100 exposed floral clusters until the end of harvest. The other branch with east exposure exhibited 10 exposed floral clusters which were bagged to determine the selfing degree for each cultivar. The number of flowers determined per cluster was 17 flowers for Arbequina and Leccino, 20 flowers in Coratina and 16 flowers in Frantoio. Cultivars Arbequina and Leccino showed a good selfing percentage was low, indicating the need for pollinizers for these latter cultivars. In branches with east and west exposure, a weekly fruit count was carried out, with the percentage of post-set fruit drop being as follows (east and west average): 6,12 % in Arbequina, 4,48 % in Coratina, 7,13 % in Frantoio and 5,04 % in Leccino.

From February to harvest (May, 2004) fruit samples were collected periodically to determine the evolution in oil content.

At harvest the productive efficiencies were as follows: $0,28 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ trunk cross sectional area(TCSA) in Arbequina, $0,15 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ TCSA in Coratina, $0,08 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ TCSA in Frantoio y $0,09 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ TCSA in Leccino.

Cultivar Arbequina is not the most productive in kg/tree, but in kg/ha its yield was the highest due to the plantation density (6×4 m) with a yield of $13057,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

With respect to oil kilograms per tree and per hectare, cultivar Leccino obtained the highest yields, 7,1 kg/tree and 2972 oil kg/ha, respectively.

Besides, it was found that there is a very good relationship between accumulative temperature, degree days and the oil percentage in the fruit, with cultivar Leccino accumulating the oil percentage.

Key words: Arbequina, Coratina, Frantoio, Leccino, olive.

INTRODUCCIÓN

Existen diversas variedades de olivo, las cuales se distinguen por su porte y vigor, por su grado de adaptación a diversas condiciones de suelo, por su tolerancia o susceptibilidad a algunas enfermedades y plagas, por los caracteres morfológicos de sus órganos aéreos y por su productividad, cuya valoración incluye el grado de vecería o añerismo de su producción y, la fecha de maduración y caída natural de sus olivas. Además, varía el tamaño de la fruta, de la semilla y el contenido de aceite, de una variedad a otra (Caballero y Del Río, 1993). Debido a esto se hacen necesarios los ensayos comparativos entre variedades, los cuales pretenden determinar cual es la variedad más adecuadas para una zona dada (Rallo, 2001).

La fenología se define como: el estudio del crecimiento y desarrollo de los órganos o yemas florales de distintas especies frutales, tales como el olivo, a lo largo del ciclo anual de una planta (López *et al.*, 2004; Sotomayor, 2000). Este proceso fenológico esta dividido en varias etapas que según Hermoso *et al.* (1999), en olivo se han descrito como:

Fase I. Después de la polinización, la división celular es intensa y al cabo de 10 a 16 días le sigue una gran expansión celular. Esta fase dura de 7 a 9 semanas (Rallo, 1994) y termina con el inicio de la esclerificación o endurecimiento del endocarpo. Esta fase del desarrollo es la que presenta un mayor interés, por ser en ella cuando se pone en funcionamiento la maquinaria que regula la síntesis y almacenamiento de lípidos de reserva (Correa *et al.*, 2002).

Fase II. En esta etapa el crecimiento celular se detiene. Se produce el máximo crecimiento del embrión y la semilla lo que coinciden con la fase final del endurecimiento del endocarpo. Durante esta fase se inicia la acumulación de ácidos grasos (Hermoso *et al.*, 1999).

Fase III: se produce un incremento notable del tamaño del fruto como consecuencia de la acumulación de aceite en las células de la pulpa. Esta fase termina cuando se inicia el cambio de color de la epidermis y la semilla llega a su madurez. El grado máximo de maduración del fruto se alcanza en frutos de color negro. Respecto a esta etapa la mayoría de la información que hoy día se tiene se basa mayoritariamente en la observación de parámetros morfológicos externos (Hermoso *et al.*, 1999).

En variedades aceiteras de olivo. Uno de los aspectos más importantes a describir es el proceso de acumulación de aceite. Respecto a este tema, existen estudios de biosíntesis y almacenamiento de ácidos grasos y otros cambios metabólicos enfocados en la fase de maduración (Donaire *et al.*, 1975; García y Mancha, 1992; Ross *et al.*, 1993).

Investigaciones realizadas en base a la acumulación de ácidos grasos en frutos indican: que la suma entre el porcentaje de aceite y el porcentaje de humedad, durante la maduración es una constante, es decir, la tasa de incremento del aceite es la misma que

la tasa de disminución del agua durante el desarrollo del fruto (Barranco *et al.*, 2004), comparables con resultados obtenidos en otros frutales como el palto (Pearson, 1975).

Fichet (1996) menciona a la relación directa entre los días grado (temperatura acumulada) en base a 10°C y la acumulación de aceite en palto, sin embargo, no existió dichos estudios en olivo.

En España, principal productor de aceite de oliva se realizó el seguimiento de la evolución fenológica en tres zonas olivareras de similares condiciones climáticas dentro de la comarca de Alto Palencia (Castellón) y en dos formas de cultivo (secano y regadío) no encontrándose diferencias entre los árboles de secano y regadío en cuanto a cada uno de los procesos fenológicos (Lopez *et al.*, 2004).

Otros estudios realizados en olivo apuntan a temas como la variabilidad genética, grado de añerismo, productividad, fecha de maduración y caída natural de olivas en las principales variedades cultivadas en España (Rallo, 1995; Caballero y Del Rio, 1993).

En lo que respecta a nuestro país, hay algunos antecedentes, sobre el comportamiento fenológico de algunas variedades tradicionales de olivo y el añerismo, en diferentes zonas agro climáticas de la zona centro-norte (Callejas, 2001; Tapia, 2003). Sin embargo, existe poca información de la fenología de las nuevas variedades de olivo para aceite, de reciente introducción en el país.

Por lo tanto

Los objetivos del presente estudio fueron:

- 1.-Describir y caracterizar y comparar los diferentes estados fenológicos.
- 2.-Comparar la acumulación de aceite y eficiencia productiva en cuatro variedades (Arbequina, Coratina, Frantoio y Leccino) de olivo para producción de aceite y su relación con la temperatura acumulada.

MATERIALES Y MÉTODO

Ubicación del ensayo

El estudio se realizó entre septiembre del 2003 y mayo 2004, en el fundo "El Oliveto", Agrícola Valle Grande Limitada, ubicado en el kilómetro 17,5 Ruta g-546 en el sector Pallocabe, localidad Cholqui, Comuna de Melipilla, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana, Chile (33°48 latitud sur y 71°05 longitud oeste, altitud 205 m.s.n.m).

El huerto de olivo en estudio fue plantado en 1999 y está bajo riego por goteo.

Descripción de ensayo

Para el estudio de caracterización de los diferentes estados fenológicos se utilizaron cuatro variedades de olivo, de las cuales tres son de origen italiano: Coratina, Frantoio, y Leccino y, Arbequina de origen español.

Se seleccionaron cuatro árboles por variedad, plantados en hileras de orientación nortesur, con un marco de plantación de 6x4 m para las variedades Coratina, Frantoio y Leccino, y 6x2 m en la variedad Arbequina. La ubicación de las hileras es adyacente a la estación meteorológica de la cual se obtuvieron los datos climáticos.

Se realizó un seguimiento semanal, iniciando las mediciones y observaciones en el mes de septiembre de 2003, cuando las variedades se encontraban en el estado fenológico correspondiente a ramillete expuesto y se finalizaron después de la cosecha del ensayo, en el mes de mayo de 2004.

Parámetros evaluados

Temperatura

Las mediciones de temperatura se obtuvieron desde una estación meteorológica marca Watch Dog (Weather Station) Spectrum Technologies Inc., ubicada en el huerto. La temperatura se midió diariamente cada una hora, expresados en °C.

Días Grado

Para el cálculo de los días grado acumulados se tomó como t° umbral 10°C y se utilizó la siguiente fórmula (González, 1995):

$$DG = \frac{T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}} + T_{8:00} + T_{20:00}}{4} - T_{\text{umbral}}$$

DG: días-grado

T máx: temperatura máxima

T mín: temperatura mínima

T 8:00: temperatura tomada a las 8 hrs.

T 20:00: temperatura tomada a la 20 hrs.

T umbral: temperatura umbral (10°C)

Aupolinización

Se marcó una rama por árbol (exposición este) por ser esta exposición la con mayor número de ramilletes expuestos, donde se contaron 10 ramilletes a partir del estado fenológico de ramillete expuesto. Se cubrió la rama con una malla fina transparente para evitar que las flores se polinizaran con polen que no fuese el propio, con la finalidad de asegurar la autopolinización de cada una de las variedades.

Número de flores y frutos cuajados

En cada árbol se marcó, además dos ramas, una con exposición este y otra con exposición oeste.

Se marcaron 100 ramilletes florales por rama en cada una de las variedades. Y se revisaron periódicamente (cada 7 días) para describir la presencia de los distintos estados fenológicos desde ramillete expuesto hasta cosecha, realizando un conteo de flores por ramillete y frutos en estas ramillas. Posteriormente se contó el número de frutos que quedaron en forma semanal desde postcujaja hasta el mes de febrero y después cada 15 días hasta cosecha, para determinar los períodos de caídas de frutos.

Crecimiento de fruto

A partir de la última semana de noviembre hasta la última semana de mayo, se utilizó un pie de metro. En este caso se tomo una muestra de 10 frutos exposición este y 10 frutos exposición oeste por árbol seleccionado, para medir en forma semanal el diámetro ecuatorial de cada fruto, posteriormente, los frutos se pesaron en una balanza, con el propósito de obtener la relación peso/diámetro ecuatorial. Finalmente, en el último muestreo de mayo, los frutos (previamente pesados) se descrozaron y se peso la cuezco (endocarpo lignificado mas semilla), para obtener la relación pulpa/carozo.

Concentración de aceite

Se utilizó un molino de martillo marca Eberle 34-1, un agitador marca Autelec HR-302 y una analizadora marca Autelec MG-707.

Se tomaron muestras periódicas (cada 15 días) de frutos desde febrero hasta cosecha. Estas muestras estuvieron compuestas aproximadamente de 200 frutos del total de los cuatro árboles por variedad.

Se midió el porcentaje de aceite, porcentaje de humedad y materia seca, en cada muestreo.

Indices de color del fruto

El índice de color se evaluó mediante observaciones visuales. Definiéndose en tres tipos de color de acuerdo a la escala descrita por (Barranco, 1999):

Inicio de pinta: en las olivas empieza aparecer manchas violáceas que luego fueron extendiéndose hasta cubrir toda la epidermis del fruto.

Media pinta: estado intermedio entre inicio de pinta y plena coloración.

Plena coloración: cubrimiento del fruto de color violeta o rojo, característico de la fruta de las variedades estudiadas.

Producción

Finalmente, se cosechó el total de los frutos de los árboles, separando la fruta de las exposiciones este y oeste para cada árbol y se determinó la eficiencia productiva de cada variedad, como kg de fruta y número de frutos·cm⁻² ASTT (Área de Sección Transversal de Tronco) la cual fue medida a 20 cm del suelo aproximadamente.

Análisis estadístico

El diseño del ensayo fue en bloques, con cuatro tratamientos (variedades), cada uno con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental el árbol.

Se realizó análisis de varianza para las distintas variables evaluadas. En el caso en donde existieron diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

También se realizó análisis de correlación de Pearson según correspondiese.

Los programas estadísticos utilizados para el diseño de las curvas fueron Sigma Plot 9.0 y Sigma Stat 3.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estados fenológicos del olivo asociados a acumulación térmica (días-grado)

En el Cuadro 1, se presenta la evolución fenológica de las distintas variedades estudiadas asociadas a la acumulación de días-grado, en cada una de las variedades estudiadas, en el transcurso de los meses de septiembre del 2003 a mayo del 2004, que corresponden ramillete expuesta hasta la cosecha del ensayol.

La duración de cada una de estas etapas fenológicas dependió de la variedad, y su adaptación a la zona climática de Melipilla. Se tomó como fecha de inicio (0 días-grado) las variedades que primero presentaron ramillete expuesto, en este caso correspondió a las variedades Arbequina y Coratina.

Cuadro 1. Acumulación de días-grado asociado a fechas cronológicas en cada uno de los diferentes estados fenológicos en cuatro variedades de olivo aceiteras, en la zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003/2004.

Estados Fenológicos	Variedades			
	ARBEQUINA (DG/fechas)	CORATINA (DG/fechas)	FRANTOIO (DG/fechas)	LECCINO (DG/fechas)
1-Ramillete expuesto	0 24/09/03	0 24/09/03	55,8 7/10/03	55,8 7/10/03
2-Inicio floración	55,8 7/10/03	135 21/10/03	100,7 14/10/03	100,7 14/10/03
3-Plena flor	135 21/10/03	170 28/10/03	170 28/10/03	170 28/10/03
4-Caída de pétalos	170 28/10/03	210 4/11/03	210 4/11/03	210 4/11/03
5-Final floración e inicio frutos cuajados	210 4/11/03	315,8 19/11/03	268,7 12/11/03	268,7 12/11/03
6-Endurec. carozo	719 8/01/04	719 8/01/04	719 8/01/04	772 15/01/04
7-Inicio pinta	1276,2 15/03/04	1439,2 7/04/04	1439,2 7/04/04	1252,4 12/03/04

(Continúa)

Cuadro 1 (Continuación)

Estados Fenológicos	Variedades			
	ARBEQUINA (DG/fechas)	CORATINA (DG/fechas)	FRANTOIO (DG/fechas)	LECCINO (DG/fechas)
8-Media pinta	1507 19/04/04	1507 19/04/04	*	1439,2 07/04/04
9-Coloración plena	*	*	*	1530,9 15/05/04
10-Cosecha comercial	1530,9 semana 15/05/04	1530,9 semana 15/05/04	1531,8 semana 24/05/04	1507 semana 19/04/04
11-Cosecha del ensayo	1531,8 24/05/04	1531,8 24/05/04	1531,8 24/05/04	1531,8 24/05/04

*En el caso de la cosecha comercial los días-grado corresponden al último día del período del evento fenológico.

*Estas variedades no llegaron a estos niveles de coloración

Etapas de floración

El proceso de floración, desde ramillete expuesto hasta inicio de cuaja, tuvo una duración aproximada de 41 días en la variedad Arbequina (210 DG), de 58 días en la variedad Coratina (316 DG) y de 51 días en las variedades Frantoio y lección (269 DG). Estos resultados son bastante similares a resultados preliminares en las variedades Coratina y Frantoio de módulos demostrativos ubicados en la región de Coquimbo (Astorga e Ibacache, 1999), donde la variedad Coratina presentó una duración de 53 días, 5 días menos que en la zona de Melipilla, en cambio la variedad Frantoio presentó igual número de días para llevar a cabo el proceso de floración en ambas zonas. Sin embargo, en estudios realizados en España, Coratina presentó una floración menos extendida (Ortega *et al.*, 2003).

Según Ibacache (2003) este fenómeno es usual en los huertos de nuestro país, ya que la floración al ser dependiente de la acumulación de temperatura (días-grado) y de las horas fresco (bajo 12,5°C), se prolonga en el tiempo debido a que las temperaturas en Chile son mas irregulares.

Los estadios fenológicos, en el olivo, ocurren en períodos de tiempo muy cortos, lo que no permitió reconocer la yema floral entre dos estados consecutivos como cita Tous y Romero,(1993) ver Anexo I. Es por ello que se trato de realizar la máxima aproximación en cada una de las variedades de olivo estudiadas.

Inicio de la floración

Correspondió a la aparición de las primeras flores abiertas de la inflorescencia en las ramillas marcadas. Para el conteo de días-grado se tomó como punto de partida e inicio del ensayo, la etapa fenológica de ramillete expuesto la última semana de septiembre. En el caso de las variedad Arbequina el inicio de la floración fue a partir de la acumulación de 55,8 días-grado, en la primera semana de octubre, mientras que en las variedades Frantoio y Leccino ocurrió una semana más tarde, a los 100,7 días grado, finalmente la variedad Coratina fue la mas tardía iniciando su floración la última semana de octubre a partir de los 135 días-grado.

Datos de otros estudios hacen referencia a la evolución del período de floración de acuerdo a las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales y grado de adaptación de distintas variedades a una zona de cultivo dada (Ortega *et al.*, 2003), los cuales son otra forma de describir los procesos fenológicos de distintas variedades de olivo y su duración en el tiempo.

Plena floración

Correspondió al 50 % de flores abiertas por ramillete en las ramillas marcada. En este período se contó el número de flores por ramillete para cada variedad (Figura 1), con un promedio de 17 flores por ramillete para las variedades Arbequina y Leccino, 20 flores para la variedad Coratina y 16 flores para la variedad Frantoio. Cada inflorescencia (ramillete) tenía entre 10 y 40 flores según la variedad y las condiciones fisiológicas y ambientales (Barranco *et al.*, 2004)

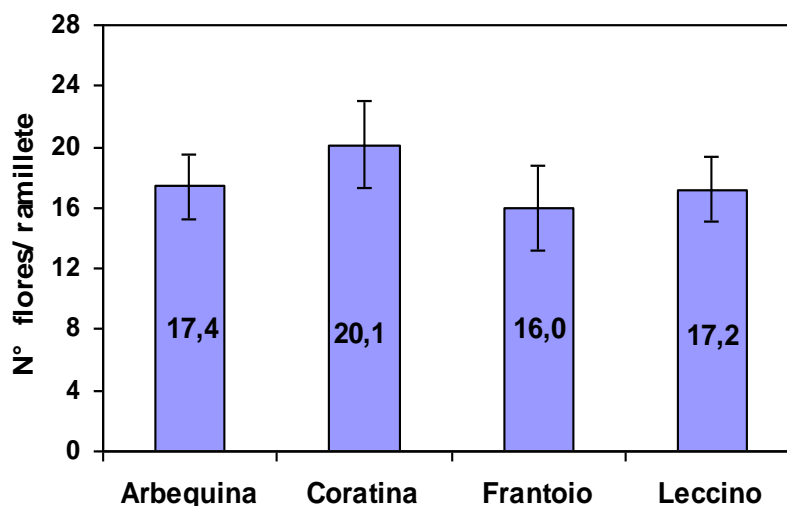


Figura 1. Número de flores por ramillete floral. Para cada variedad se calculó un promedio en 100 ramilletes florales de cada 4 árboles, en plena floración, en la Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Primavera 2003. Las barras corresponden a la desviación estándar.

Final de la floración

Fecha determinada por la caída de pétalos y aparición de frutos cuajados. En la variedad Arbequina el final de la floración ocurrió a los 210 días-grado acumulados, correspondiente a la primera semana de noviembre. En las variedades Frantoio y Leccino el final de la floración fue a los 268,7 días-grado aproximadamente, correspondiente a la segunda y tercera semana de noviembre. La variedad Coratina fue la más tardía, presentando el final del proceso de floración a los 315,8 días-grado, la última semana de noviembre.

Cuajado y abscisión de frutos

Respecto al porcentaje final de frutos cuajados en este ensayo, en las variedades Coratina y Frantoio se hace evidente la necesidad de variedades polinizantes, tal como se observa en el Cuadro 2, en el cual la polinización cruzada aumenta considerablemente el número de frutos finales por cada 100 flores polinizadas en las ramillas marcadas.

Cuadro 2. Porcentaje final de frutos retenido por cada 100 flores, en olivos variedades Arbequina, Coratina, Frantoio y Leccino. Zona de Melipilla, Región Metropolitana. Letras distintas para una misma columna indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$).

Orientación	Variedades			
	ARBEQUINA (%)	CORATINA (%)	FRANTOIO (%)	LECCINO (%)
Este	4,31 b	4,87 a	7,18 a	4,41 a
Oeste	7,94 a	4,10 a	7,08 a	5,68 a
Autopolinización	5,66 ab	2,6 b	2,83 b	10,10 b

Estos datos difieren de las observaciones realizadas por otros autores (Orlandini *et al.*, 2005) los cuales afirman que tanto la variedad Coratina como Frantoio son utilizadas como excelentes polinizantes en Italia. En Chile en cambio estas variedades no son buenas productoras de polen, sin embargo, son utilizada como excelentes productoras por su alto rendimiento y buena calidad de aceite. Ello podría estar relacionado con la variación en las condiciones climáticas entre Chile e Italia.

Cabe destacar que no existe relación alguna entre que una variedad sea un buen polinizante con su autoinfertilidad como queda demostrado en el Cuadro 2.

En el caso las variedades Arbequina y Leccino presentaron una buena autopolinización (Cuadro 2), esto ha sido confirmado por otros autores (Tous y Romero, 1993; Consejo Oleícola Internacional, 2000).

En cuanto a la evolución de caídas de frutos (Figura 2) se observa que esta comienza con la variedad Arbequina, aproximadamente el 25 de noviembre, extendiéndose hasta finales de diciembre a excepción de la variedad Coratina, en la cual esta caída de frutos se extiende entre mediados de enero y principio de febrero, producto de su prolongado periodo de floración, el cual es más amplio que para las otras variedades por tratarse de una variedad tardía con aparentemente, mayores requerimientos de temperatura. Posteriormente las caídas de frutos se estabilizan en el tiempo en las cuatro variedades, como se ha demostrado en otros estudios, donde se menciona que en olivos, existe una sola caída de frutos pequeños en postcujaja (Barranco *et al.*, 2004).

En relación al porcentaje final de retención de frutos las cuatro variedades estudiadas presentaron un promedio superior, en comparación, a los niveles mencionados en la literatura, los cuales señalan que en años de elevada floración y buena cosecha llegan a caer entre 96 y 99% de las flores del olivo (Ibacache, 2003; Barranco *et al.*, 2004), quedando de manifiesto en el Cuadro 2.

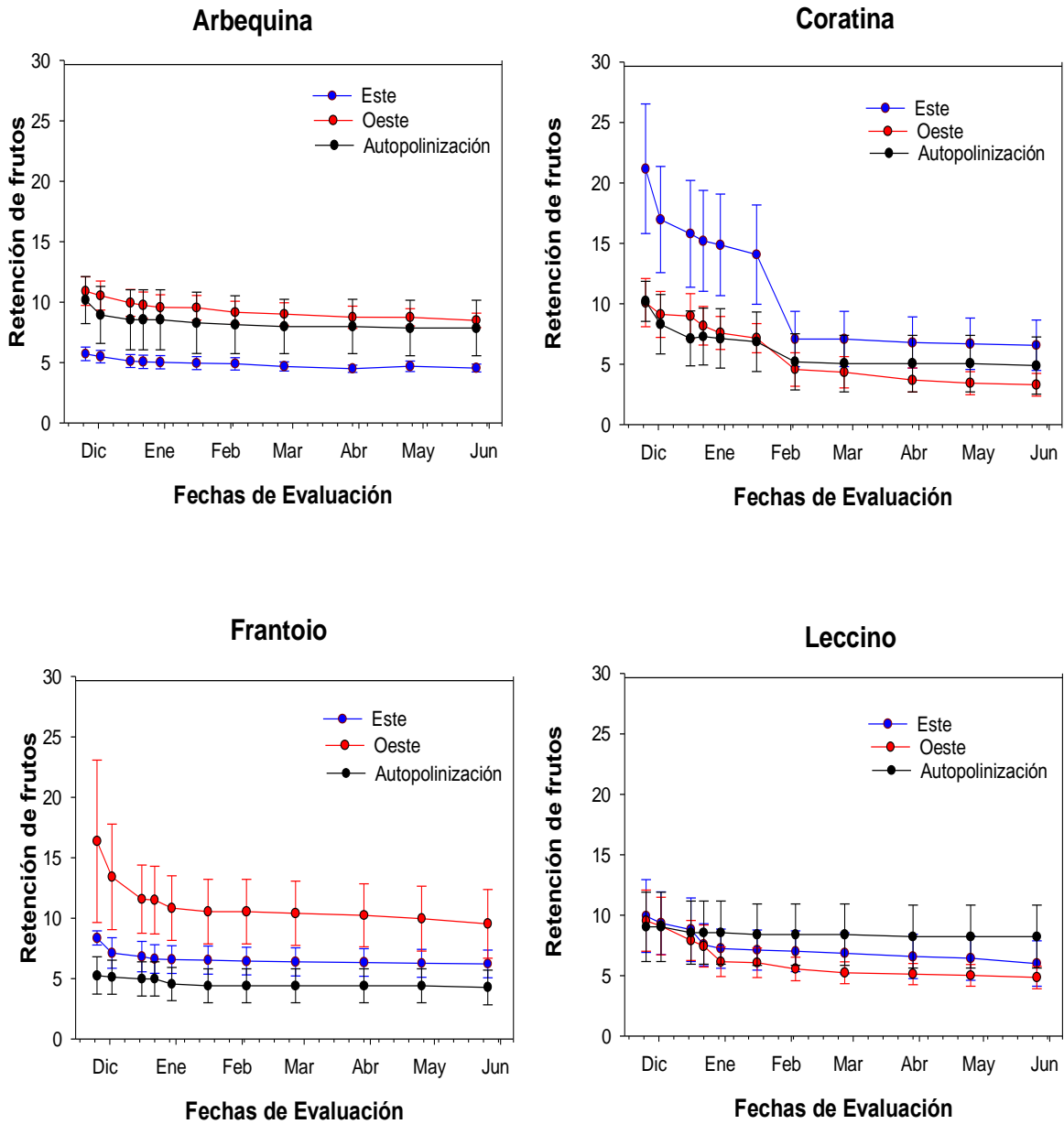


Figura 2. Retención de frutos en ramillas marcadas cuyas flores provienen de autopolinización y polinización cruzada (ramilla este y ramilla oeste), en cuatro variedades de olivo para aceite. Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004. Barras verticales indican el error estándar.

Crecimiento y desarrollo de frutos

El crecimiento del fruto fue evaluado como diámetro ecuatorial en las distintas variedades desde inicio de cuaja la segunda semana de noviembre hasta la cosecha del ensayo, la última semana de mayo (Figura 3). Debido a que no hubo diferencias estadísticas de crecimiento entre los frutos del lado este y oeste en cada variedad, se realizó un gráfico utilizando el promedio de ambos lados del árbol para cada variedad.

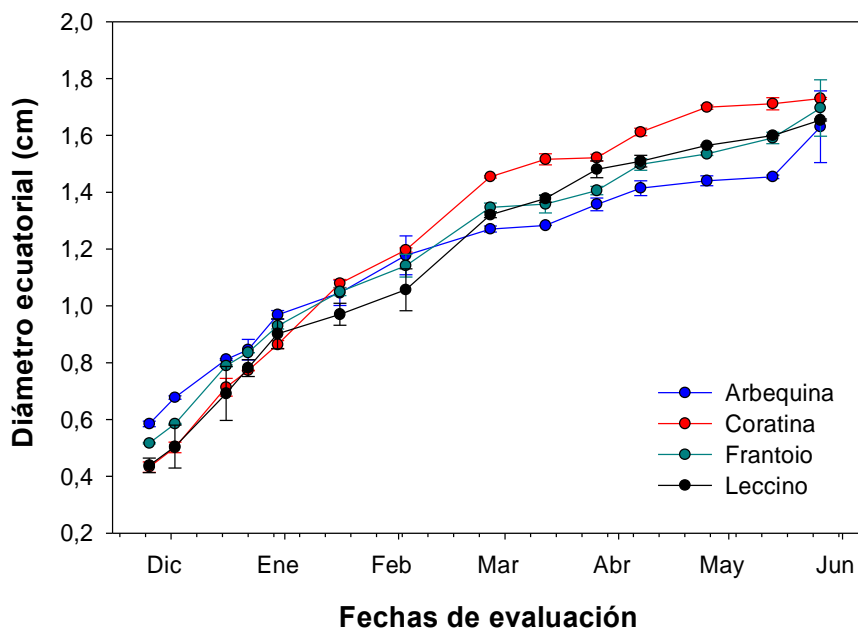


Figura 3. Evolución del diámetro ecuatorial en cuatro variedades de olivo para aceite; en la Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004. Barras verticales indican el error estándar.

Endurecimiento del carozo

En las variedades Arbequina, Coratina y Frantoio el endurecimiento del carozo ocurrió aproximadamente entre el 5 y 8 enero, es decir, 10 semanas después de plena floración. Aun cuando Barranco *et al.*, (2004) afirma que desde cuaja a endurecimiento de carozo pasan alrededor de 7 a 9 semanas, posiblemente esto se deba a que las temperatura en esa zona del país en comparación con los lugares estudiados por Barranco *et.al* (2004), son mas bajas siendo la acumulación térmica mas lenta. En el caso de la variedad Leccino, el endurecimiento de carozo ocurrió una semana más tarde que las otras variedades, alrededor del 15 de enero.

Posterior al endurecimiento de carozo, comienza la elongación del fruto. Durante esta fase se inicia la acumulación de ácidos grasos (Hermoso *et al.*, 1999).

De acuerdo con la Figura 4 se observa una fuerte relación entre peso del fruto y diámetro ecuatorial. Además, se encontró que el peso promedio del fruto en las cuatro variedades estudiadas, esta por sobre los promedios mencionados por otros autores (Tous y Romero, 1998; Consejo Oleícola Internacional, 2000).

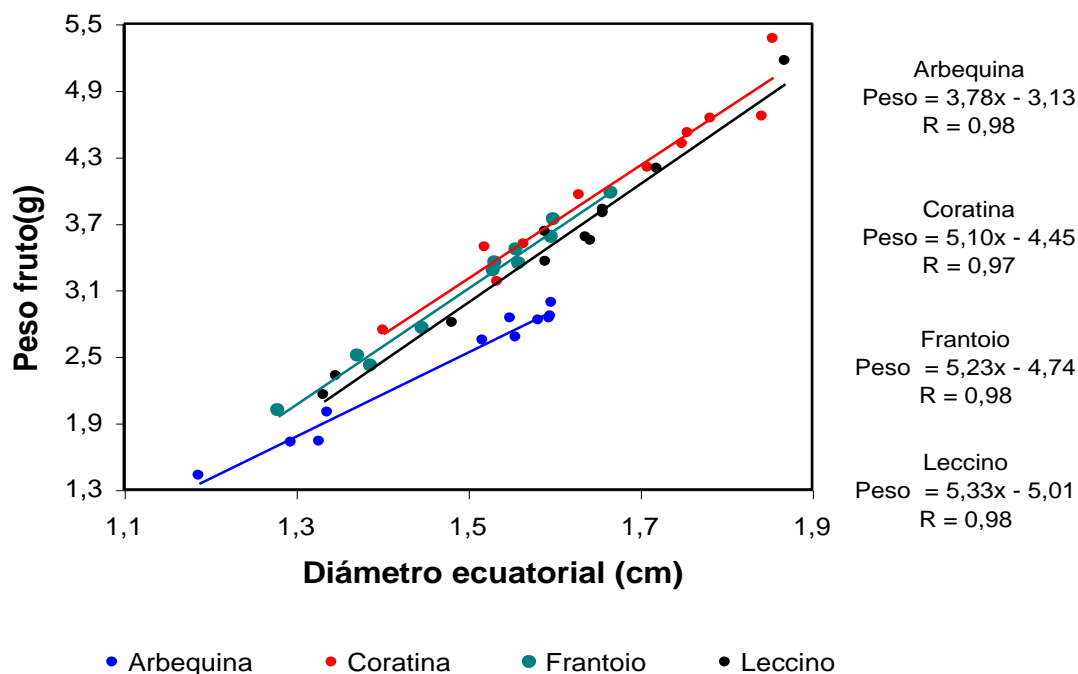


Figura 4. Relación diámetro ecuatorial/peso del fruto y su evolución en el tiempo, en cuatro variedades de olivo para aceite, Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004.

Maduración

El momento de madurez comercial para las variedades en estudio, fue determinado según el porcentaje de aceite en el fruto y el color de cubrimiento de este. Estos dos parámetros son comúnmente utilizados para determinar el momento de la cosecha (Barranco, 1999; Tapia, 2003). Las mediciones de contenido de aceite en el fruto se iniciaron a mediados de febrero, tomándose muestras periódicas (cada 15 días) y finalizaron en el momento de la cosecha del ensayo (última semana de mayo). Los porcentajes finales de aceite, obtenidos en el fruto, fueron de 22,1 % para Arbequina, 22,7 % para Coratina, 23 % para Frantoio y 28,9 % para Leccino, esta última variedad fue cosechada, comercialmente, a finales de abril. Por lo tanto es muy probable que los frutos estuvieran sobremaduros al momento del último análisis de aceite. No se realizó análisis estadístico entre las variedades ya que se hubo un solo muestreo en el momento de la cosecha

Índices de color de cubrimiento del fruto

El inicio de pinta comenzó con los frutos de la variedad Leccino la segunda semana de marzo, seguida de la variedad Arbequina la tercera semana de marzo y finalmente las variedades Coratina y Frantoio la segunda semana de abril. Sólo la variedad Leccino se encontraba plenamente coloreada al momento de la cosecha del ensayo, las variedades Arbequina, Coratina y Frantoio estaban en la etapa de media pinta (estado intermedio entre inicio y final de pinta).

En inicio de pinta, la acumulación de ácidos grasos alcanzó su máximo, coincidiendo con el cambio de color en la oliva. El grado máximo de maduración del fruto se alcanza en frutos de color negro (Correa *et al.*, 2002), lo cual solamente ocurrió en la variedad Leccino.

Cosecha comercial

Esta se inicio en el huerto, la última semana de abril en las variedades Coratina y Leccino, finalizando la última semana de mayo con las variedades Arbequina y Frantoio.

Cabe mencionar que en el caso de la variedad Coratina, considerada una variedad de cosecha tardía y resistente al frío (Consejo Oleícola Internacional, 2000), en este huerto presentó una gran sensibilidad frente a una helada ocurrida 25 de abril 2004, con una temperatura que fluctuó entre -2 y -2,5 °C, dañando los frutos, por lo cual debió ser cosechada en forma anticipada a la fecha comercial programada, que era la última semana de mayo.

Síntesis de ácidos grasos

En la Figura 5 se observa la evolución, en el tiempo, del contenido de aceite en el fruto en base a materia seca y contenido de humedad para las cuatro variedades. Según los resultados obtenidos, a partir de abril, los porcentajes de aceite se estabilizaron en el tiempo, lo cual coincidió con el inicio de maduración comercial en las cuatro variedades (entre inicio y media pinta). Lo que coincide con Hermoso *et al.*(1999), señalando que, la síntesis de ácidos grasos o acumulación de aceite se inicia durante la fase de endurecimiento de carozo y concluye al comienzo de la maduración del fruto.

A medida que transcurre el desarrollo del fruto, el contenido de aceite aumenta a la vez que el porcentaje de humedad disminuye (Figura 5) al igual que en palta (Harkness,1954; Mazliak, 1971; Lee, 1981). La información muestra una disminución brusca del contenido de humedad entre las dos primeras fechas de muestreo. En cuanto al pequeño aumento en el contenido de humedad este se debió al efecto de una lluvia de 11mm el día 7 abril lo que provocó una entrada brusca de agua al fruto. Además se observa en la gráfica, que posteriormente a esta lluvia, hubo una detención momentánea en la acumulación de aceite en el fruto.

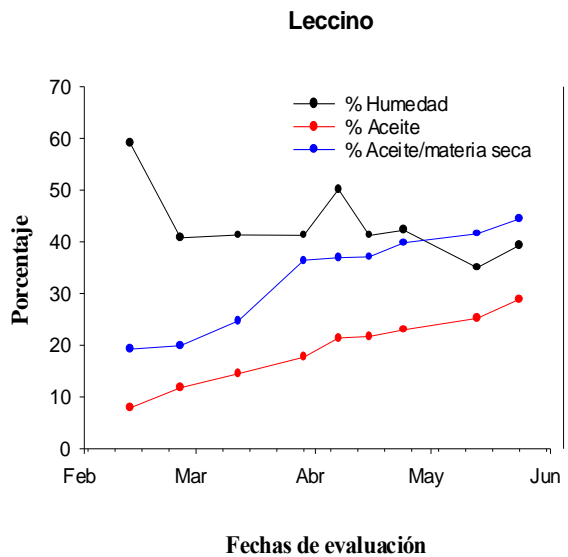
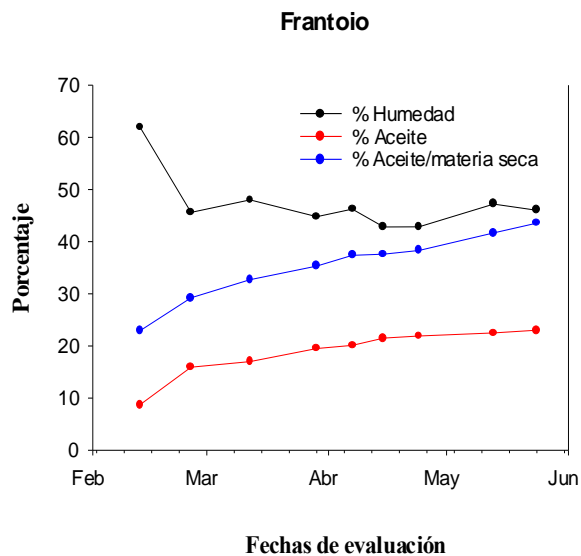
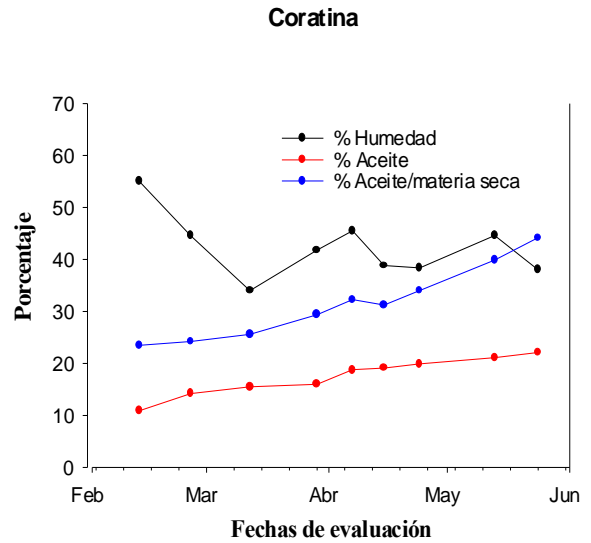
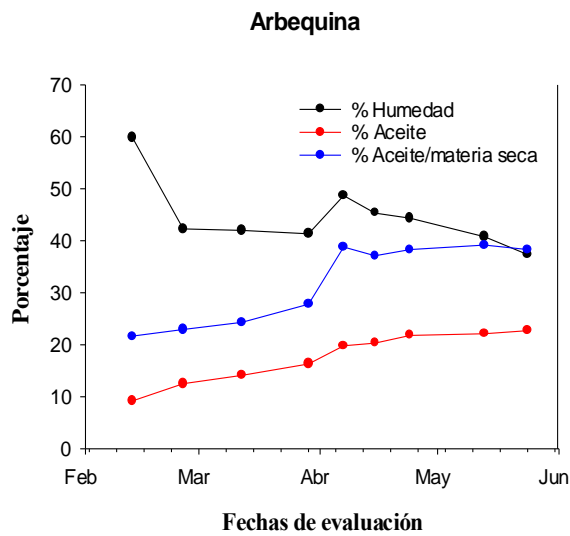


Figura 5. Evolución en el porcentaje de: humedad, aceite en base a peso seco (PS) y en base a peso fresco (PF), en frutos de olivo en las variedades Arbequina, Coratina, Frantoio y Leccino desde inicio de pinta a cosecha. Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004.

Acumulación de aceite en función de temperatura (días-grado)

Según los datos obtenidos en este ensayo, en las cuatro variedades existió una muy buena correlación entre el porcentaje de aceite y la temperatura acumulada (días-grado) como se observa en la Figura 6.

Dado que en olivo no se han hecho ensayos relacionando la acumulación de aceite con días-grado, se comparó con estudios en frutos de palto (Fichet, 1996), donde al igual que en esta especie, las variedades estudiadas presentaron una relación exponencial entre ambos parámetros.

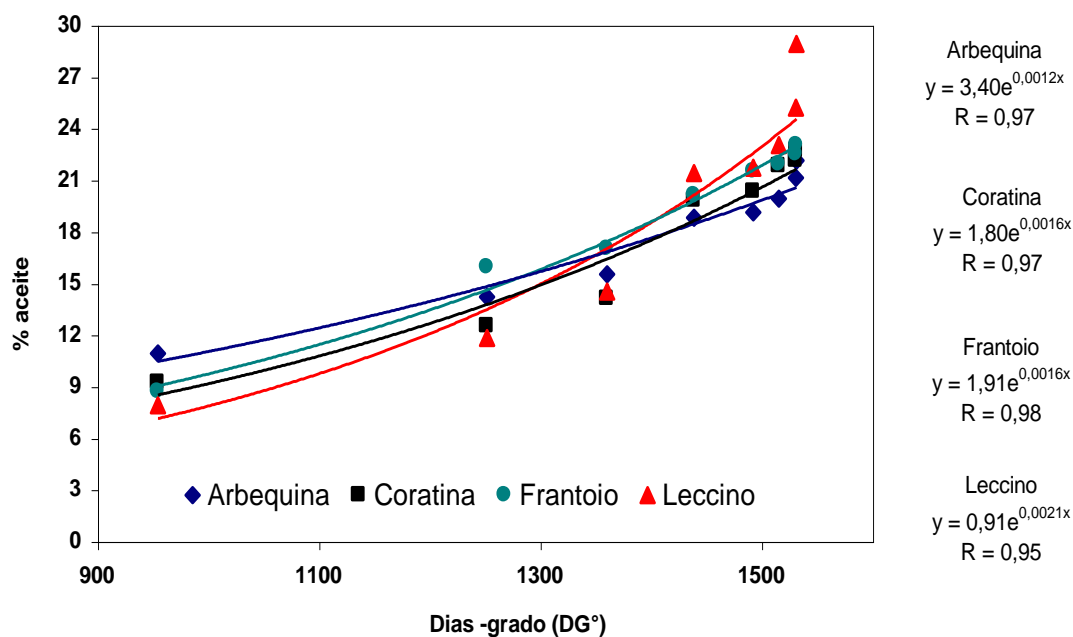


Figura 6. Evolución en el porcentaje de aceite y la temperatura acumulada (días-grado) en cuatro variedades de olivas para aceite. Para cada evaluación se tomaron muestras de 200 frutos de cuatro árboles en cada una de las variedades estudiadas. Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004. y =Acumulación de aceite, x =Días-grado.

Relación Pulpa/Carozo (P/C)

Esta relación varió según cada variedad (Figura 7), siendo Leccino la que obtuvo una mayor relación P/C, con valores alrededor de 6. Esto quiere decir que es la variedad con mayor nivel de pulpa. La variedad con menor relación P/C fue Arbequina con 5,2 lo cual se menciona en la literatura (Tous y Romero, 1993; Rallo, 1995). Cabe mencionar que no se encontraron diferencias estadísticas entre las cuatro variedades.

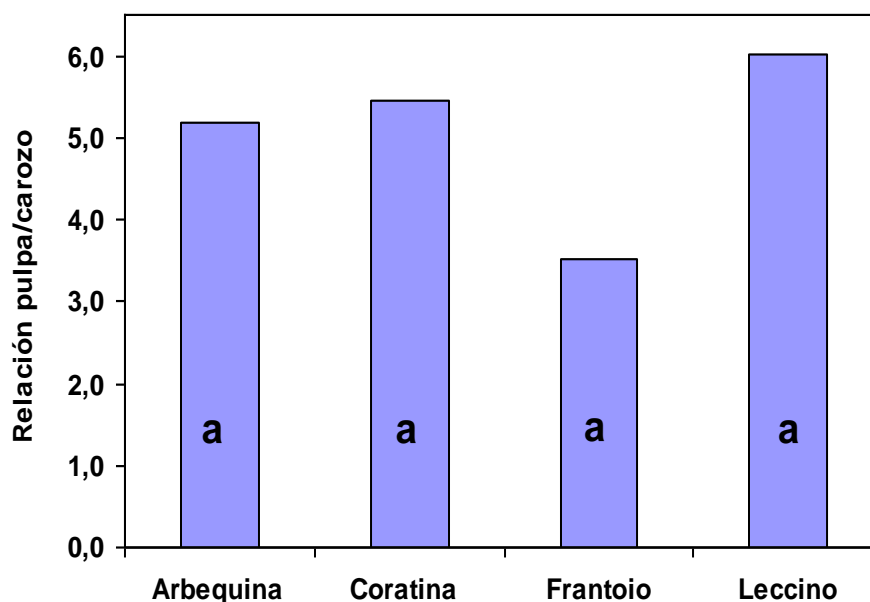


Figura 7. Relación pulpa/carozo en frutos de olivo de las variedades Arbequina, Coratina, Frantoio y Leccino. Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$)

Producción

Se determinó la eficiencia productiva y la productividad para cada una de las variedades. El primer parámetro fue expresado de acuerdo a los kg de fruta·m²ASTT y N° frutos·cm²ASTT (Área Sección Transversal de Tronco) (figuras 8 y 9), mientras que el segundo fue evaluado como kg·ha⁻¹ de fruta y de aceite obtenidos para cada una de las variedades estudiadas (figuras 10 y 11).

Eficiencia productiva

Los índices más altos de eficiencia productiva se observaron en la variedad Arbequina (0,218 kg de fruta·cm²ASTT), la cual fue estadísticamente superior a Leccino (0,097 kg de fruta·cm²ASTT) y Frantoio (0,082 kg de fruta·cm²ASTT) en cambio Coratina (0,159 kg de fruta·cm²ASTT), no se diferenció estadísticamente de Arbequina, pero tampoco de Leccino y Frantoio (Figura 8).

En cuanto a la eficiencia productiva evaluada como frutos·cm²ASTT, Arbequina presentó los índices más altos (150,6 frutos·cm²ASTT), y se diferenció

estadísticamente de Leccino (53,1 frutos \cdot cm^{-2} ASTT), Coratina (50,3 frutos \cdot cm^{-2} ASTT) y Frantoio (44,9 frutos \cdot cm^{-2} ASTT).

Cabe destacar que Arbequina, con un menor vigor (Tous y Romero, 1993), tiene los índices más altos de eficiencia productiva (kg de fruta \cdot cm^{-2} ASTT), los cuales coinciden con los buenos resultados obtenidos en otros ensayos realizados en España (Pastor, 1985; Rallo, 1991; Pastor y Jiménez, 1992)

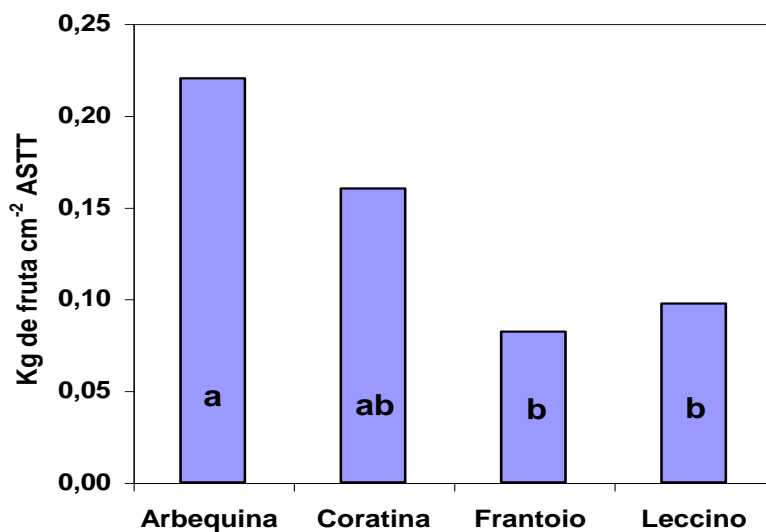


Figura 8. Eficiencia productiva expresada en kg de fruta \cdot cm^{-2} ASTT, en cuatro variedades de olivo para aceite. Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$)

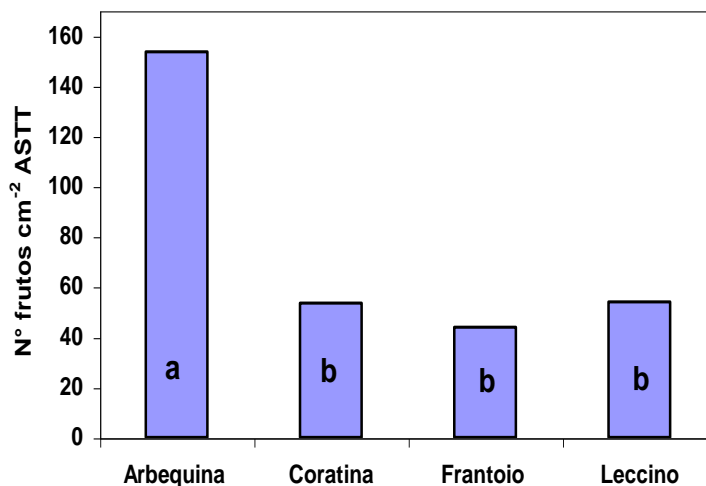


Figura 9. Eficiencia productiva expresada en número de frutos \cdot cm^{-2} ASTT, en cuatro variedades de olivo para aceite. Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$)

Productividad

Expresada kg·árbol y kg·ha, de fruta y de aceite obtenidos en cada una de las variedades (figuras 10 y 11).

A diferencia de la eficiencia productiva, donde la variedad Arbequina obtuvo los mayores rendimientos en nº de frutos y kg de fruta·cm⁻²ASTT (figuras 8 y 9). En productividad de fruta en kg·árbol (Figura 10), la variedad Coratina obtuvo los mayores rendimientos en este ensayo, esto quiere decir que a pesar de Arbequina poseer la mayor eficiencia productiva no es la mas productiva, también se pudo observar que Coratina está sobre los promedios de otros ensayos en esta variedad en árboles de la misma edad (Tous *et al.*, 1998). En cuanto a producción de aceite Leccino demostro poseer la mayor productividad en kg aceite·ha y por árbol.

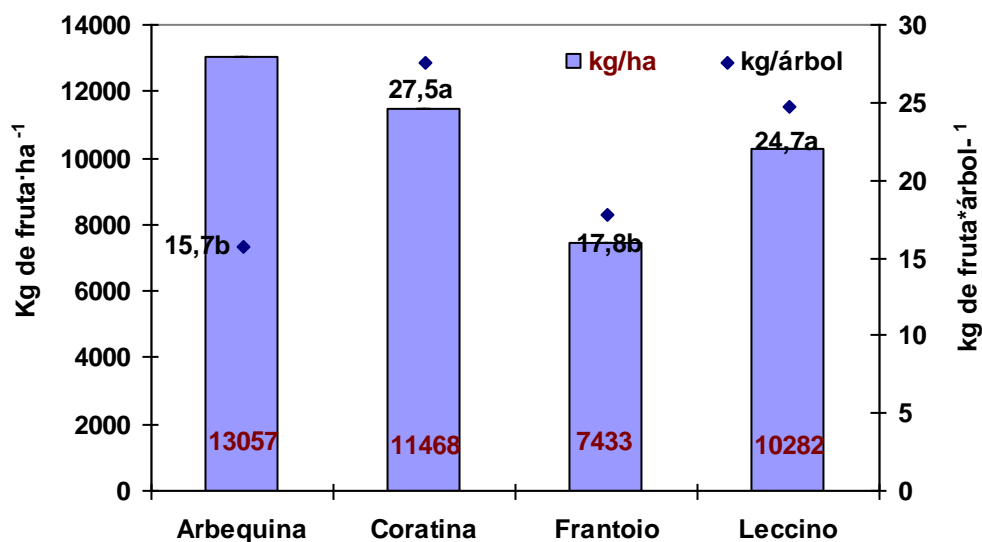


Figura 10. Productividad expresada en kg de fruta por árbol y por hectárea, para cada una de las variedades de olivo (densidad de plantación 833 pl·ha⁻¹ en Arbequina y 416 pl·lha⁻¹ en Coratina, Frantoio y Leccino). Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004. Letras distintas para kg de fruta·árbol⁻¹ indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$).

En otros ensayos realizados en árboles adultos de la variedad Arbequina, el rendimiento graso que presentan los árboles de este estudio de la misma variedad aún esta por debajo de su potencial 7,56 kg de aceite·árbol (Girona, 1998) *versus*, 3,5 kg de aceite·árbol obtenidos en este ensayo. Cabe mencionar que los árboles en estudio están aún en pleno crecimiento y no han alcanzado la producción potencial que poseen los árboles adultos de nueve o más años, por lo cual el comportamiento futuro aún es incierto. Coratina y Leccino produjeron el doble de kg de aceite por árbol que Arbequina, sin embargo como Arbequina esta a una densidad de plantación dos veces

más alta que las otras variedades, los rendimientos por hectárea son similares (Figura 11).

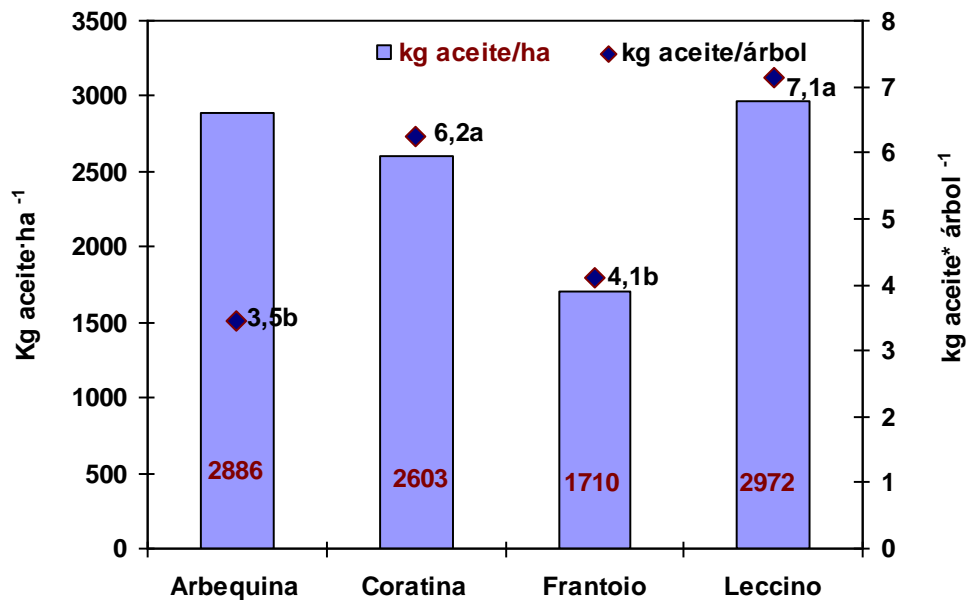


Figura 11. Productividad expresada en kg de aceite por árbol y por hectárea, para cada una de las variedades de olivo (densidad de plantación 833 pl*ha⁻¹ en Arbequina y 416 pl*ha⁻¹ en Coratina, Frantoio y Leccino). Zona de Melipilla, Región Metropolitana, Temporada 2003-2004. Letras distintas para kg de aceite* árbol⁻² indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos, y bajo las condiciones del presente estudio en la zona de Melipilla, se puede concluir lo siguiente:

- 1-. Coratina es la variedad que presenta la floración más prolongada.
- 2-. Las variedades Coratina y Frantoio evidencian la necesidad de polinizantes debido al bajo porcentaje de autopolinización que presentan, contrario a lo observado en Arbequina y Leccino.
- 3-. El endurecimiento del carozo ocurre entre 10 y 11 semanas después de plena floración.
- 4-. En las cuatro variedades estudiadas, existe una relación directa entre peso del fruto y diámetro ecuatorial de este.
- 5-. Leccino es la variedad que presenta la relación pulpa/carozo mas alta.
- 6-. En las cuatro variedades estudiadas, existe una correlación directa entre días grado y acumulación de aceite.
- 7-. Arbequina es la variedad de eficiencia productiva mas alta tanto en kg como en n° frutos \cdot cm $^{-2}$ ASTT, entre las cuatro variedades estudiadas, mientras que Frantoio se observa la menor eficiencia productiva.
- 8-. La variedad de mayor productividad evaluada como kg de aceite por árbol y por hectárea es la variedad Leccino.

LITERATURA CITADA

- Astorga, M. e Ibacache, A. 1999. Caracterización agronómica preliminar de variedades de olivo (*Olea europea*), en la IV Región de Chile. V Jornadas Olivícolas Nacionales, actas N°147. Inia. 152.
- Barranco, D. 1999. Variedades y patrones. *In* El cultivo del olivo; pp:59-79. Barranco, D., Fernández-Escobar y Rallo, L. 1999. Universidad de Córdoba. Ediciones Mundi-Prensa. España. 651 p.
- Barranco, D., Fernández-Escobar. y Rallo, L. 2004. El Cultivo del Olivo. Universidad de Córdoba. Ediciones Mundi-Prensa. España. 800 p.
- Caballero, J. y Del Río, C. 1993. Caracterización agronómica de las variedades introducidas en el banco germoplasma de olivo. *Mejora Genética y Propagación*. pp: 9-15.
- Consejo Oleícola Internacional. Catálogo Mundial de Variedades de Olivo. 2000. Madrid, España. 360 p.
- Callejas, R. 2001. Formación de la yema floral en el olivo y sus consecuencias sobre el añerismo. *Aconex* N° 71:16-23.
- Correa, M., García, M., y Arnal, A. 2002. Caracterización histoquímica de la etapa temprana del desarrollo del fruto del olivo (*Olea europaea L.*). *Acta Botánica Brasil*. N°16: 77-82.
- Donaire, J., López, G. and Recalde, L. 1975. Metabolic changes in fruits and leaf during ripening in the olive. *Phytochemistry* N°14: 1169-1172.
- Fichet, T. 1996. Zonificación y su impacto en la madurez del fruto. *In* Cultivo del palto y perspectivas de mercado; pp: 77-91. Universidad de Chile. Fac. Cs. Agrarias y Forestales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N°46:123.
- García, J. y Mancha, M. 1992. Evolución de la biosíntesis de lípidos durante la maduración de las variedades de aceituna Picual y Gordal. *Grasas y Aceites* N°43: 277-280.
- Girona, J. 1998. Necesidades hídricas en el cultivo del olivo: nuevas tecnologías para el uso racional del agua en plantaciones tradicionales e intensivas. *Phytoma España*. N°102. 66-72.
- González, P. 1995. Influencia del fenómeno el niño-oscilación del sur en la acumulación de grados- días y horas de frío de la región del Maule. *Rev. Frutícola, Chile*. N°16: 27-35.
- Harkness, R. 1954. Chemical and physical tests of avocados maturity. *Proceedings of Florida State Hort. Soc.* N° 67: 248-250.

- Hermoso, M., Uceda, M. y G. Beltrán. 1999. Maduración. pp:137-153. *In Cultivo del Olivo*. Barranco, D., Fernández-Escobar y Rallo, L. Universidad de Córdoba. Ediciones Mundi-Prensa. España. 651 p.
- Ibacache, A. 2003. Floración, cuaja y fructificación; pp: 21-26. *In Manual del cultivo del olivo*. Boletín Inia N° 101:128.
- Lee, S. 1981. A review and background of the avocado maturity standard. California Avocado Society Year Book N°65: 101-109.
- López, I., Salazar, D. y Recio, D. 2004. Fenología del olivo. *Fruticultura Profesional España*. N° 145: 35-38.
- Mazliak, P. 1971. Constitution lipidique del' Avocat. *Fruit* N°26: 615-623.
- Orlandini, F., Romano, B. and Fornaciari, M. 2005. Relationship between flowering and heat units to analyze crop efficiency of olive cultivars located in Southern Italy. *Hortscience* Vol. 40: 64-68.
- Ortega, D., Aguilar, M., Fernandez, A., Beltrán, G. y Uceda, M. 2003. Época de floración de variedades de olivo en Menjir-Jaen. *Actas de Horticultura* N°39: 1-3.
- Pastor, M. 1985. La nueva olivicultura. *Olivae* N°17: 111-120.
- Pastor, M. y Jiménez, P. 1992. Arbequina: variedad de olivo de gran interés en Andalucía. *Agricultura* N°719: 497-501.
- Pearson, D. 1975. Seasonal english market narrations in the composition of South African and Israelí avocados. *Journal. Food. Sci. Agric* N° 26: 207-213.
- Rallo, L. 1991. El olivar. Situación y perspectivas. *La horticultura Española en la CEE*. Ed. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Reus;131.
- Rallo, M. 1994. El papel de los procesos celulares y de la diferenciación en el crecimiento del fruto en cinco cultivares de olivo (*Olea europaea L.*). *Acta Botánica* N°16: 17-26.
- Rallo, L. 1995. Selección y mejora genética del olivo en España. *Olivae* N° 59: 46-53.
- Rallo, L. 2001. Evaluación agronómica y obtención de nuevas variedades de olivo. *Fruticultura Profesional* N° 120: 17-27.
- Ross, J., Sanchez, J., Millan, F. and Murphy, D. 1993. Differential presence of oleosin in oleogenic seed and mesocarp tissues in olive (*Olea europaea L.*) and avocado (*Persea americana*). *Plant Science* N°13: 203-210.
- Sotomayor, E. 2000. Fenología del olivo cv. Azapa (*Olea europea*) en el valle de Azapa. Primera Región Tarapacá, Arica. Chile. *Idesia (Chile)* N°20: 81-90.
- Tapia, F. 2003. Cosecha; pp:123-127. *In Manual del cultivo del olivo*. Boletín Inia N° 101:128 p.

Tous, J. y Romero A. 1992. Comportamiento de cinco variedades de olivo en Tarragona. Agricultura N° 711: 909-912.

Tous, J. y Romero, A. 1993. Variedades de Olivo. Fundación la Caixa. Cataluña, España. 172 p.

Tous, J., Romero A. y Llano, J. 1998. Comportamiento agronómico y comercial de cinco variedades de olivo en Tarragona. Prod. Prot. Veg. Vol N°13: 97-109.

ANEXOS

DI- Ramillete expuesto	DII- La corola cambia de color	DIII- Inicio de floración	FII- Plena floración
G- Fruto cuajado	H- Endurecimiento de carozo	I- Envero	J- Maduración del fruto

Figura 1. Estados fenológicos del olivo desde ramillete expuesto

