

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Memoria de Título

**EFFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO SOBRE
LA PRODUCTIVIDAD DE OLIVOS VAR. ARBEQUINA,
CORATINA, FRANTOIO Y LECCINO.**

CRISTIÁN PATRICIO GONZÁLEZ PALACIOS

Santiago, Chile.
2009

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD DE OLIVOS VAR. ARBEQUINA, CORATINA, FRANTOIO Y
LECCINO.**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo
Mención: Fruticultura

CRISTIÁN PATRICIO GONZÁLEZ PALACIOS

	Calificaciones
PROFESORES GUÍAS	
Sr. Thomas Fichet L. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,8
Sr. Julio Haberland A. Ingeniero Agrónomo, Ph. D.	6,7
PROFESORES CONSEJEROS	
Sr. Rodrigo Callejas R. Ingeniero Agrónomo, Dr. Sc. Agr.	5,5
Sr. Bruno Razeto M. Ingeniero Agrónomo, M. S.	6,5

Santiago, Chile.
2009

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Primero que todo agradezco a Dios, y de manera muy especial, a mis padres, por ser los pilares fundamentales en mi vida dándome siempre su apoyo de manera constante e incondicional durante mi formación personal y profesional, entregándome valores, consejos y aliento a seguir adelante y superarme. Por eso y mucho más.....muchas gracias mamá y papá, los amo.

A mis abuelos, tata y mamita pina, y a mi tía, por ser también muy importantes en mi desarrollo como estudiante y persona, por sus consejos, apoyo y ayudar a ser lo que soy ahora.

A mis hermanos, por cooperar, escucharme y a hacerme sentir bien y tranquilo al lado de ellos, con su alegría y optimismo cuando a veces en el camino eso hace falta.

A mi profesor guía y amigo Thomas Fichet, por todo su apoyo y paciencia para la realización de esta memoria y sobretodo por llevarme a sentir mucho más cariño por esta profesión, motivando y enseñándome constantemente, siempre de una manera grata y amena. Gracias por tus consejos, confiar en mí y darme las herramientas y oportunidades para poder desarrollarme aún más como profesional y persona.

A mi profesor guía Julio Haberland por su cooperación y paciencia para la realización de esta memoria.

A TODOS, MUCHAS GRACIAS

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	03
ABSTRACT.....	04
INTRODUCCIÓN.....	05
MATERIALES Y MÉTODOS.....	08
Evaluaciones.....	09
Diseño experimental y análisis estadístico.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
Estado hídrico del suelo.....	12
Estado hídrico de las plantas.....	13
Crecimiento del fruto.....	15
Contenido de agua en el fruto.....	18
Contenido de aceite en el fruto.....	21
Relación pulpa/carozo.....	24
Peso del fruto.....	25
Área de sección transversal de tronco (ASTT).....	26
Producción y eficiencia productiva.....	27
Producción y rendimiento de aceite.....	28
CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	31
APÉNDICE I.....	33
APÉNDICE II.....	34
APÉNDICE III.....	35
APÉNDICE IV.....	36
APÉNDICE V.....	37

RESUMEN

Se realizó un ensayo con el objetivo de determinar el efecto del riego deficitario controlado (RDC) en variedades de olivo para aceite, Arbequina, Coratina, Frantoio y Coratina. Los tratamientos de déficit hídrico se iniciaron desde el momento de pinta hasta cosecha para cada una de las variedades. El tratamiento control tuvo un 100% de reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada; un segundo tratamiento (T2) tuvo un 50% de reposición de la ETc desde el período de pinta hasta cosecha, duplicando el tiempo de espera entre los riegos y un tercer tratamiento (T3) con un 50% de reposición de la ETc desde el período de pinta hasta cosecha, disminuyendo a la mitad la precipitación de cada riego. El potencial hídrico xilemático se vió afectado en todas las variedades, excepto en Frantoio, y sólo antes de que comenzaran las precipitaciones, en donde, el tratamiento 2 presentó siempre los valores más bajos. Tanto en la var. Leccino como en la var. Frantoio, el contenido de agua en el fruto se vió reducido al momento de la cosecha, en donde los valores más bajos se obtuvieron en el tratamiento 2, alrededor de un 7% menos que el tratamiento control para el caso de Leccino. Esto trajo como consecuencia que el peso del fruto disminuyera y a su vez la concentración de aceite en éste aumentara. Al momento del procesamiento de los frutos en la almazara, se obtuvo mayores niveles de aceite en los tratamientos con RDC, esto debido básicamente a que los frutos al tener un menor contenido de agua, el proceso de extracción de aceite es más eficiente. Con respecto a las variedades, Arbequina y Coratina, en general, no presentaron diferencias en las distintas variables analizadas al momento de la cosecha, dado que los árboles no se encontraban en una situación de déficit hídrico, producto de las abundantes precipitaciones ocurridas ese otoño.

Palabras clave: aceite, fruto, déficit hídrico, extracción de aceite, potencial hídrico xilemático.

ABSTRACT

EFFECT OF CONTROLLED DEFICIT IRRIGATION ON THE OIL PRODUCTION OF VAR. ARBEQUINA, CORATINA, FRANTOIO, AND LECCINO

With the goal of determining the effect of deficit irrigation on olive trees, for oil production, var. Arbequina, Coratina, Frantoio and Leccino, treatments of hydric deficit between veraison and harvest were established. Treatments were; T1, control, with a water reposition of 100% of the crop evapotranspiration (Etc) during the whole season; T2, 50% of the Etc reached by doubling the delay between irrigations compared to the control frequency and; T3, 50% of Etc reposition reached by applying half the irrigation amount compared to the control, with the same frequency. The hydric potential xilematic met affected in all the varieties, except in Frantoio, and only before they began the rainfalls, where, the treatment 2 presented always the lowest values. The var. Leccino as well as var. Frantoio, reduced the fruit water content at harvest, as result of the controlled deficit irrigation. The lowest water content values were reached by treatment T2, with about 7% less water than T1, for var. Leccino, and about 4% less water content in the case of var. Frantoio, with no significant oil content reduction in both cases. Furthermore, as consequence of the controlled deficit irrigation, the weight of fruit decreased and the oil concentration increased. At the moment of the fruit processing in the oil mill, both cultivars showed improved efficiency in terms of oil extraction, and higher oil levels in the treatments with controlled deficit irrigation, basically due to minor fruit water content. With respect to var. Arbequina and var. Coratina, no significant differences for the analyzed variables was seen, do to the lack of hydric deficit close to harvest, given the effect of early rainfall events during autumn.

Key words: Oil, fruit, hydric deficit, oil extraction, xilematic hydric potential.

INTRODUCCIÓN

Para obtener un aceite de oliva de excelente calidad y con óptimos rendimientos se deben tener presente todos los factores de producción, tanto en el manejo del cultivo como del procesamiento de las olivas. Uno de esos factores es el riego, ya que según como se maneje éste, variará el contenido final de agua en el fruto. Es así como se ha observado, que al momento de la cosecha, el contenido de agua en los frutos es relativamente alto, lo que trae como consecuencia dificultades en el procesamiento de extracción de aceite en la almazara, Pastor *et al.* (2001). En Chile, esto ha sido corroborado en varios huertos comerciales, en donde, un alto contenido de agua del fruto a cosecha trae problemas al momento de separar el aceite del agua, lo que lleva a obtener finalmente menores niveles de aceite (Munizaga¹).

Un tipo de manejo o estrategia utilizada con respecto al riego, es lo que se conoce como riego deficitario controlado (RDC) que según Mitchell *et al.* (1984, citado por Zapata y Segura, 1995), se basa en la idea de reducir los aportes hídricos en aquellos períodos en los que un déficit hídrico controlado no afecta la producción y la calidad de la cosecha, cubriendo plenamente la demanda de la planta durante el resto del ciclo del cultivo.

Se debe tomar en cuenta además, que el olivo es considerado como una especie altamente resistente a estrés de tipo salino e hídrico y que responde muy bien en condiciones de reducida disponibilidad hídrica, que como todo vegetal tiene su máximo desarrollo vegetativo y productivo cuando se cultiva con un mínimo de estrés, en condiciones de regadío (Girona, 2001).

Gran parte de los estudios sobre este tema, se han realizado en países considerados grandes productores de aceite de oliva como lo son España e Italia, en que mediante la implementación del RDC, durante el período estival, buscan lograr ahorros importantes de agua tratando de no afectar la producción (Alegre y Girona, 1997).

Pastor (2005) postula que existe una relación inversa entre el contenido de agua del fruto y la extractibilidad de las pastas, por lo que un recorte más o menos drástico en las aportaciones de agua, en determinados momentos del ciclo vegetativo de los olivos, podría ser una buena práctica agrícola para paliar el exceso de agua en la pasta. Además, agrega que si bien, se debe evitar que el olivo padezca déficit hídrico en cualquier momento del ciclo anual durante largos períodos de tiempo, parece que en verano es la época del año con una menor sensibilidad al déficit y que aplicaciones de un 50-60% de la ETc en este período no afectan la producción, pero que nunca se deben suprimir los riegos.

¹ Marcos Munizaga. Técnico Agrícola, INACAP. Administrador Agrícola Valle Grande Ltda. 2005. (Comunicación personal)

En cuanto al efecto que pueden ejercer las diversas estrategias de RDC, Alegre *et al.* (2001), consideran que pueden ser mucho más favorables cuando se aplican a variedades destinadas a la producción de aceite, por cuanto los procesos de acumulación de aceite parecen ser menos sensibles al déficit hídrico que la expansión celular.

Algunos estudios indican que un déficit hídrico prolongado reduce el crecimiento del fruto, la tasa de acumulación de aceite y el contenido de potasio, pero adelanta la maduración e incrementa la caída del fruto antes de la cosecha (Inglese *et al.*, 1996).

En un ensayo realizado en la provincia de Lérida, España, por Alegre *et al.* (2001) citado por Pastor (2005) en la var. Arbequina, se aplicaron diversos tratamientos de RDC durante el período estival y se observó que los tratamientos que reponían un 75% y 50% de la ETc, no afectaron la producción de aceituna y aceite. Sin embargo cuando se aplicó sólo un 25% de la ETc se produjo una merma de la producción. Además se observó que en el proceso de extracción de aceite, los frutos de los olivos regados con las dosis mayores de agua, especialmente en el tratamiento control (100% ETc), mostraron dificultades para la extracción, formando emulsiones al centrifugar las pastas, lo que redujo considerablemente el rendimiento industrial.

En este mismo ensayo se obtuvo además que el porcentaje de aceite, en base a peso seco, al momento de la cosecha fue superior en los tratamientos más estresados. Además el contenido de agua en el fruto disminuyó a medida que se redujo la dosis de riego y se observó un adelanto de la maduración a medida que aumentó el nivel de estrés hídrico, aunque ello, no representó un mayor contenido graso en el fruto.

Otro ensayo realizado en California por Goldhamer *et al.* (1994) citado por Pastor (2005) en la var. Manzanilla, muestra como la producción en los árboles tratados con RDC, implementado en el período de menor sensibilidad a un déficit hídrico, presentaron una ligera merma en la producción (11%) con respecto al tratamiento control pero, sólo cuando se disminuyó el aporte total de agua en más de un 40%, ya que restricciones de agua menores a este porcentaje no afectaron negativamente la producción.

Pastor (2005) postula que riegos deficitarios pueden permitir, dentro de ciertos límites, obtener una buena producción y frutos con un buen rendimiento graso, e incluso controlar adecuadamente el crecimiento y volumen de copa de los árboles.

Pastor *et al.* (2001) postulan que quizás una reducción paulatina del riego en las fases finales de crecimiento y maduración del fruto podrían hacer más eficiente el proceso de extracción del aceite en la almazara.

En nuestro país prácticamente no se han realizado ensayos con respecto al tema y sólo se han hecho en variedades destinadas a la producción de aceituna de mesa con el objetivo de buscar los períodos de menor sensibilidad del cultivo, al estrés hídrico, para poder así establecer programas de riego que contemplen el RDC, como una alternativa para zonas donde el recurso hídrico es escaso (Ferreira *et al.*, 2001).

Finalmente, en base a los antecedentes ya mencionados y tomando en cuenta que el problema planteado es la dificultad de extracción del aceite que se acrecienta a medida que se aumentan las aportaciones hídricas, es que se plantea como principal hipótesis que una disminución del riego, en el período de pinta a cosecha, reduciría el contenido de agua en el fruto. Por lo tanto se planteó como objetivo, determinar la respuesta de olivos var. Leccino, Frantoio, Arbequina y Coratina a la implementación del RDC desde pinta hasta cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El ensayo se realizó el año 2005 en el fundo “El Oliveto” (33°48’ latitud sur y 71°05’ longitud oeste, altitud 205 m.s.n.m), perteneciente a Agrícola Valle Grande Limitada, ubicado en el kilómetro 17,5 Ruta g-546 en el sector de Pallocabe, localidad de Cholqui, comuna de Melipilla, provincia de Melipilla, Región Metropolitana.

El huerto, de 6 años de edad al momento del ensayo, posee riego tecnificado (con una línea de goteros por hilera, ubicados a 1 m de distancia, con un caudal de $4 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$). Los árboles se encuentran plantados en sentido norte-sur, a una distancia de plantación de 6x4 m en las var. Coratina, Frantoio y Leccino, y de 6x2 m en la var. Arbequina.

En relación a las características del suelo donde se llevó a cabo el ensayo, se diferencian 3 horizontes en el perfil de suelo, cuya clase textural varía desde franco arenoso en su primer horizonte, hasta arenosa en el último, pasando por un horizonte intermedio de clase textural areno francosa. Las profundidades de los horizontes son: 0-13 cm, 13-31 cm, 31-51 cm aproximadamente. Bajo el último horizonte se desarrolla una estrata muy pedregosa (>90%). Las raíces se concentran en su mayoría en los primeros 50 cm, desarrollándose especialmente en el bulbo de mojamiento. El suelo posee una densidad aparente de 1,5 - 1,6 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, teniendo una capacidad de retención de agua de 26 mm.

Métodos

Tratamientos de riego

Los tratamientos de riego deficitario consistieron en la reposición del 50% de la ETc, los cuales se iniciaron una semana antes de comenzar la pinta. Basado en las características del suelo, se buscaba que al inicio de pinta las plantas se encontrasen en una situación de déficit hídrico.

Tratamiento 1 (Control): Riego con un 100% de reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada.

Tratamiento 2 (50% ETc Alternado): Riego con un 100% de reposición de la ETc hasta una semana antes del inicio de pinta, desde ese momento y hasta cosecha, se repuso el 50% de la ETc, duplicando la frecuencia de riego.

Tratamiento 3 (50% ETc 1/2 TR): Riego con un 100% de reposición de la ETc hasta una semana antes del inicio de pinta, desde ese momento y hasta cosecha, se repuso el 50% de la ETc, disminuyendo a la mitad el tiempo de cada riego.

Los valores de la ETc se obtuvieron en base a la ecuación de (Doorembos y Pruitt, 1984).

$$ETc = ETo \cdot Kc$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ETo: Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc : Coeficiente del cultivo

Los valores de la ETo se obtienen en base a la ecuación de Penman-Monteith (FAO, 1977) mediante la integración de datos climáticos obtenidos desde la estación meteorológica ubicada en el huerto. El Kc utilizado desde pinta hasta cosecha fue de 0,6.

Con el objetivo de iniciar los tratamientos de RDC una semana antes del inicio de pinta, se tomó como fechas de inicio de pinta, las obtenidas por Sudzuki, (2006) quién realizó un estudio en la temporada anterior (2004) en el mismo lugar donde se llevó a cabo este ensayo, en condiciones de riego normal, donde se obtuvo que para las variedades Leccino y Arbequina la pinta comenzó a partir de la 2ª y 3ª semana de marzo respectivamente, en cambio para Frantoio y Coratina, a partir de la 1ª semana de abril.

Evaluaciones

Estado hídrico de las plantas: Se utilizó la cámara de presión portátil (bomba “Scholander”) para medir el potencial hídrico xilemático, en MPa. Esta medición se realizó al mediodía cada 2 semanas, en 4 árboles por tratamiento, escogiendo 2 ramillas por árbol, una exposición este y otra oeste, ubicada en el tercio medio del árbol. La ramilla con sus 4 hojas fueron envueltas en bolsa de polietileno para evitar pérdidas de humedad y cubiertas con papel aluminio 2 horas antes de la medición. Las mediciones se realizaron a partir de una semana de iniciados los tratamientos de RDC hasta cosecha.

Estado hídrico del suelo: Se hicieron calicatas de 1 m de largo, 0,6 m de ancho y 0,6 m de profundidad aproximadamente, sobre cada hilera tratada, para medir semanalmente a partir de una semana de iniciados los tratamientos de RDC hasta cosecha, el contenido de agua del suelo (%), utilizando el instrumento “WET Sensor”. Estos porcentajes fueron transformados en valores de altura de agua en el suelo, mediante la ecuación:

$$\text{Altura de agua (mm)} = \frac{\text{Da} \times \text{Contenido de agua en el perfil (\%)} \times Z \times P}{10000}$$

Donde:

Da: Densidad aparente del perfil en g/cm^3 .

Z: Profundidad del perfil en mm.

P: Pedregosidad de ese mismo perfil en %.

Crecimiento del fruto: Se marcó una ramilla exposición este y otra ramilla exposición oeste, y de cada ramilla se escogieron 10 frutos a los cuales se les midió el diámetro polar y ecuatorial (mm), con un pie de metro. Las mediciones se realizaron semanalmente a partir de una semana de iniciados los tratamientos de RDC hasta cosecha.

Contenido aceite y agua en el fruto: Se utilizó un molino de martillo, un agitador marca Autelec HR-302 (2002) y una analizadora marca Autelec MG-707 (2002) para obtener el contenido de aceite, tanto como porcentaje en base a materia fresca (b.m.f.) como en base a materia seca (b.m.s.). Para obtener el contenido de agua de los frutos (%) se utilizó una estufa marca Mermmet (2002) para el secado de las muestras hasta peso constante. Las muestras que estaban compuestas por 40 frutos por árbol se tomaron cada dos semanas a partir de una semana de iniciados los tratamientos hasta la cosecha. En la cosecha se midió el contenido de agua de los frutos (%) en una muestra compuesta de 100 frutos por árbol.

Relación pulpa/carozo: Se escogieron al azar 50 frutos por tratamiento los cuales se pesaron en conjunto, luego se procedió a separar la pulpa del carozo y se pesaron por separado para obtener la relación entre estos dos parámetros. Las muestras se tomaron cada dos semanas a partir de una semana de iniciados los tratamientos hasta la cosecha.

Área sección transversal de tronco (ASTT): Utilizando una huincha se midió el perímetro del tronco (cm) y luego se obtuvo el ASTT (cm^2) en dos momentos, uno al comienzo de los tratamientos y el otro a cosecha, para obtener la diferencia en porcentaje de ASTT entre ambas mediciones. Para obtener el ASTT se utilizó la siguiente fórmula: $\text{cm}^2 \text{ de ASTT} = P^2 \cdot 0,0796$ donde P es perímetro de tronco en cm. La medición del perímetro de tronco se realizó a 20 cm sobre el suelo.

Producción total y eficiencia productiva: Al momento de la cosecha se pesó por separado el lado este y oeste de los árboles tratados y luego se procedió a obtener la producción total por árbol. Esta variable se relacionó con el ASTT a cosecha para determinar la eficiencia productiva la cual se expresó en $\text{kg de fruta} \cdot \text{cm}^{-2} \text{ ASTT}$.

Peso del fruto: Al momento de la cosecha se tomaron 100 frutos de cada árbol tratado los cuales se pesaron y se obtuvo un peso promedio de cada fruto.

Producción y rendimiento de aceite: A partir de la producción promedio por árbol se procedió a calcular la cantidad de aceite promedio por árbol, en base a porcentajes de aceite en base a materia fresca, obtenidos tanto por la analizadora Autelec como por la almazara, para luego estimar los rendimientos de aceite por hectárea.

Diseño experimental y análisis estadístico

En cada cultivar, el diseño fue completamente al azar con 3 tratamientos de riego y 5 repeticiones por tratamiento, siendo el árbol la unidad experimental. Se realizó análisis de varianza para las distintas variables evaluadas. En el caso de existir diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estado hídrico del suelo

La capacidad de retención de agua de un suelo varía principalmente con la clase textural que posee éste. Es así, como suelos de clase textural arenosa tienen una menor capacidad de retención en comparación a suelos de clase textural arcillosa. El contenido de agua en un suelo se puede expresar en unidades de peso (humedad gravimétrica), unidades de volumen (humedad volumétrica) y como altura de lámina de agua para una determinada profundidad del perfil explorado por las raíces del cultivo (Pastor, 2005).

Periódicamente se controlaron los porcentajes de agua en el suelo, y se expresaron en mm de altura de agua en el suelo, para comprobar si los valores obtenidos fueron representativos a los tratamientos de RDC establecidos.

En Leccino, el tratamiento 2 presentó como tendencia, valores de contenido de agua en el suelo inferiores al tratamiento 3 y este último inferiores al tratamiento control. Al observar la Figura 1 se puede apreciar un aumento del contenido de agua en el suelo (17 de marzo) en el tratamiento 2, debido principalmente a una lluvia ocurrida el día 11 del mismo mes.

En Frantoio, Arbequina y Coratina no se observaron variaciones, cercano a la cosecha, en el contenido de agua en el suelo entre los tratamientos producto de las precipitaciones que ya habían ocurrido (Figura 15, Apéndice V) las que no afectaron a Leccino por haber sido cosechada en forma temprana. Sin embargo, antes de que comenzaran las precipitaciones, se aprecia, en las 3 variedades, como el tratamiento más estresante (T2) obtiene los valores más bajos seguido del tratamiento 3 y finalmente el tratamiento control, que obtuvo los valores de humedad más altos (Figura 11, Apéndice I).

A pesar de que ambos tratamientos (2 y 3) reponen la misma cantidad de agua, fue el tratamiento 2 el que mostró como tendencia, un menor contenido de agua en el suelo. Esto tendría relación con las características del suelo, ya que posee una clase textural cuya capacidad de retención de agua es muy baja, lo que influye en los niveles de humedad del suelo según los tratamientos establecidos. El tratamiento 2 reponía la totalidad de agua en cada riego pero, en forma alternada lo que supone que hubo una pérdida de agua por percolación lo que hizo que el suelo tuviera un menor contenido de agua, sobretodo en el primer horizonte donde se desarrollan principalmente las raíces, en comparación con el tratamiento 3 que, si bien, reponía la mitad del agua, la reposición se hizo en cada riego lo que lleva a concluir que hubo una menor pérdida de agua en este tratamiento y por ende mayores niveles de agua en el suelo que en el tratamiento 2.

Estado hídrico de las plantas

Los valores de potencial hídrico xilemático fueron estimados a partir de la tensión de la savia en el xilema de la planta. Esta tensión aumenta a medida que disminuye la disponibilidad de agua en el suelo (Sellés, 1991), lo que indica el grado de estrés al que están sometidos los árboles.

Los valores obtenidos estuvieron estrechamente relacionados con el nivel de agua en el suelo, lo que indica que hubo un efecto de los tratamientos de RDC sobre el estado hídrico de los olivos, pero sólo antes que comenzaran las precipitaciones.

En la Figura 2, se observa que el potencial hídrico xilemático en la var. Leccino, presentó diferencias significativas entre los tratamientos, ya que los valores obtenidos en el tratamiento 2 fueron estadísticamente los más bajos destacando especialmente el obtenido cercano a la cosecha el cual alcanzó un valor de $-0,62$ MPa seguido de los tratamientos 3 y control con $-0,57$ y $-0,51$ MPa respectivamente. En un ensayo realizado por Alegre *et al.* (1999) en Arbequina observaron que el tratamiento que reponía sólo la mitad del agua, obtenía valores de potencial más bajos respecto del tratamiento que reponía la totalidad del agua requerida dada por la evapotranspiración.

Con respecto a Frantoio, que fue la siguiente variedad en ser cosechada, no se presentaron diferencias significativas en el nivel de potencial hídrico xilemático entre los tratamientos (Figura 12, Apéndice II).

La siguiente variedad en ser cosechada fue Arbequina y se observaron diferencias de potencial hídrico xilemático entre los tratamientos sólo hasta que comenzaron las precipitaciones. Antes de ello el tratamiento 2 se diferenció claramente de los otros dos obteniendo los valores más bajos de potencial (Figura 12, Apéndice II).

A su vez en la var. Coratina, última en ser cosechada, las diferencias de potencial hídrico entre los tratamientos, nuevamente se observaron hasta que comenzaron las primeras lluvias, en la cual el tratamiento 2 obtuvo un valor de $-0,45$ MPa diferenciándose estadísticamente del tratamiento control que tuvo un valor de $-0,38$ MPa (Figura 12, Apéndice II).

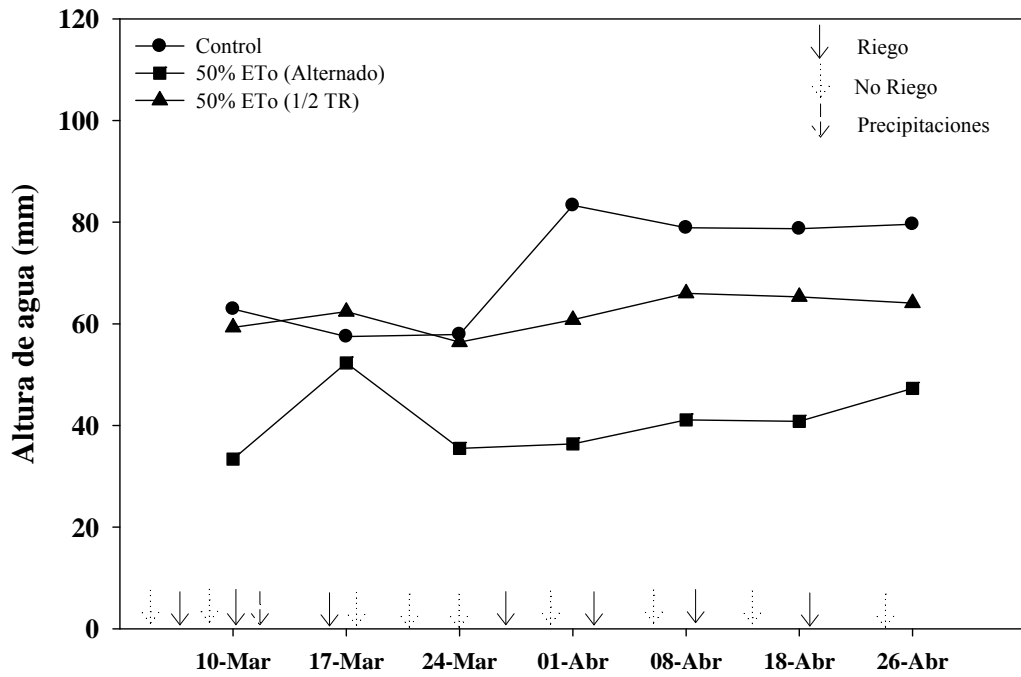


Figura 1. Evolución del contenido de agua en el suelo en olivos var. Leccino sometidos a RDC. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

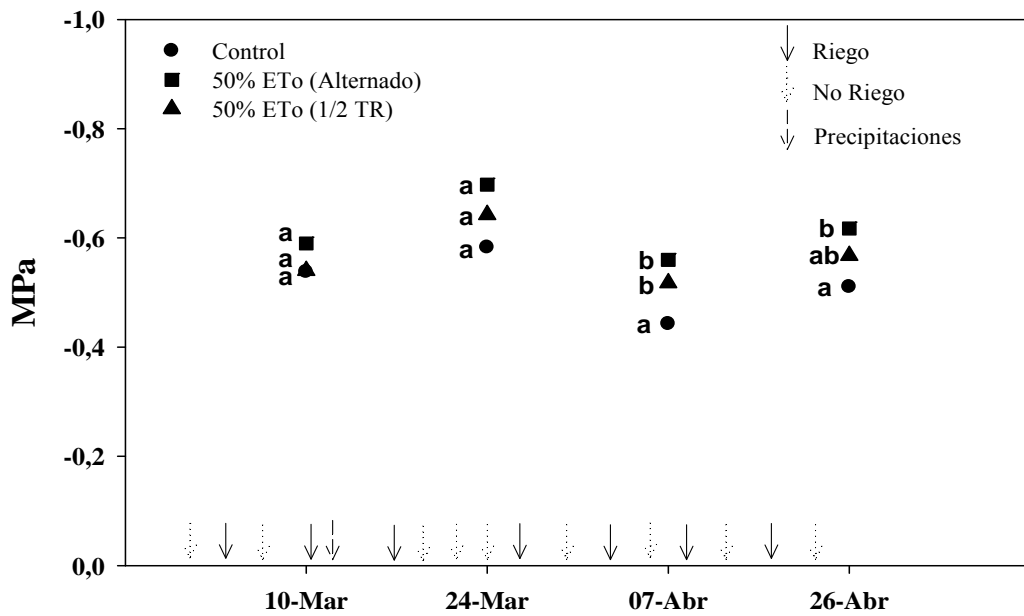


Figura 2. Potencial hídrico xilemático en olivos var. Leccino sometidos a RDC (n=4). Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005). Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0,05$).

Crecimiento del fruto

En la Figura 3 se observa el crecimiento de los frutos, en la var. Leccino en base a diámetro ecuatorial. El tratamiento 2 presentó los valores más bajos, diferenciándose significativamente de los otros dos tratamientos. Esto sólo se observó en los frutos de la cara oeste de los árboles, ya que los frutos de la cara este de los árboles no presentaron diferencias de crecimiento entre los tratamientos. Esta diferencia se debió probablemente al corte de tres riegos consecutivos (18, 21 y 24 de marzo) en la cual el operador debió dar el riego el 21 de marzo y no lo hizo, junto con esto hay que agregar, a que los frutos de la cara oeste de los árboles reciben las mayores temperaturas diurnas, acentuando la deshidratación de éstos. En cuanto al diámetro polar de los frutos no se presentaron diferencias entre los tratamientos tanto en la cara este como oeste de los árboles. La falla del corte de tres riegos consecutivos se produjo en Leccino y Arbequina producto de una falla que implicó que no se regara el 21 de marzo según la programación correspondiente al tratamiento 2.

En la var. Frantoio, en cambio, el crecimiento de los frutos no presentó diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los dos diámetros del fruto (Figura 13, Apéndice III). Cabe destacar que en Frantoio y Coratina no se produjo la falla del corte de tres riegos consecutivos por el hecho de que los tratamientos de riego deficitario comenzaron en el mes de abril por ocurrir la pinta más tarde.

En el caso de la var. Arbequina, las diferencias significativas entre los tratamientos se produjeron en un momento específico, que fue cuando se produjo la falla del corte de tres riegos consecutivos (igual que en Leccino) lo que hizo que el tratamiento 2 se diferenciara del tratamiento 3 en el lado oeste de los árboles. Sin embargo, luego de reestablecer y normalizar los riegos en el tratamiento 2, no se produjeron diferencias entre tratamientos (Figura 4).

En la var. Coratina, las diferencias significativas entre tratamientos también se dieron antes de que comenzaran las precipitaciones, en donde el tratamiento 2 se diferenció sólo del tratamiento 3, pero en este caso, sólo el diámetro polar de los frutos del lado oeste de los árboles (Figura 14, Apéndice IV).

Estas diferencias eran esperables debido a que el crecimiento del fruto está fuertemente influido por la disponibilidad de agua (Nuzzo *et al.*, 1997), puesto que la oliva se encuentra constituida principalmente por agua, alrededor de un 70-75%, por lo que ciertos niveles de restricción hídrica afectarían su crecimiento. Sin embargo, Pastor (2005) postula que los riegos, aunque sean deficitarios, pueden permitir patrones de crecimiento de los frutos similares a los olivares regados con dosis mayores.

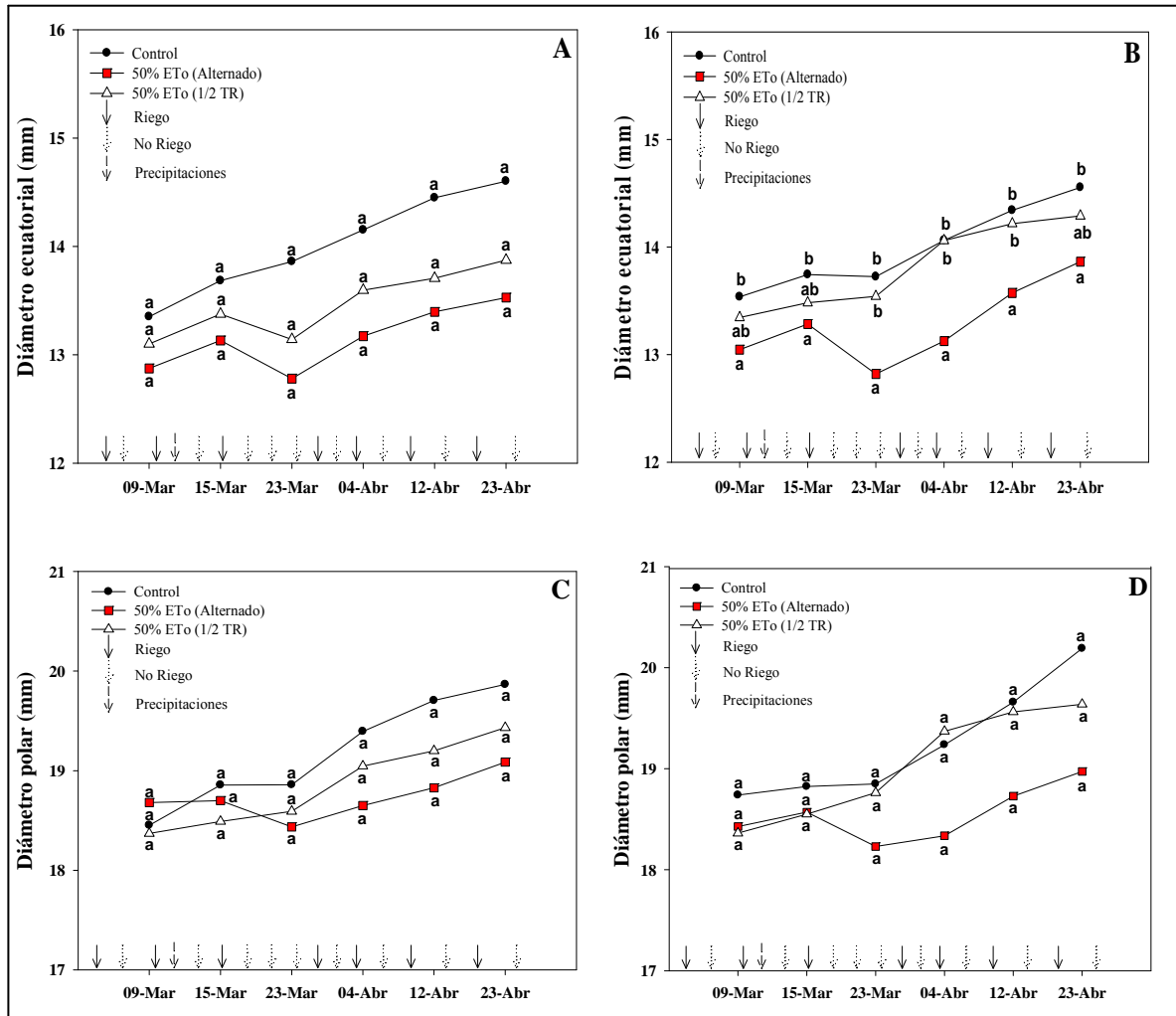


Figura 3. Evolución del crecimiento de frutos de olivos var. Leccino, sometidos a RDC, en base a diámetro ecuatorial y polar según su posición en el árbol (n=10). A) y C) lado Este, B) y D) lado Oeste. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005). Letras distintas para una misma fecha de evaluación indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0,05$).

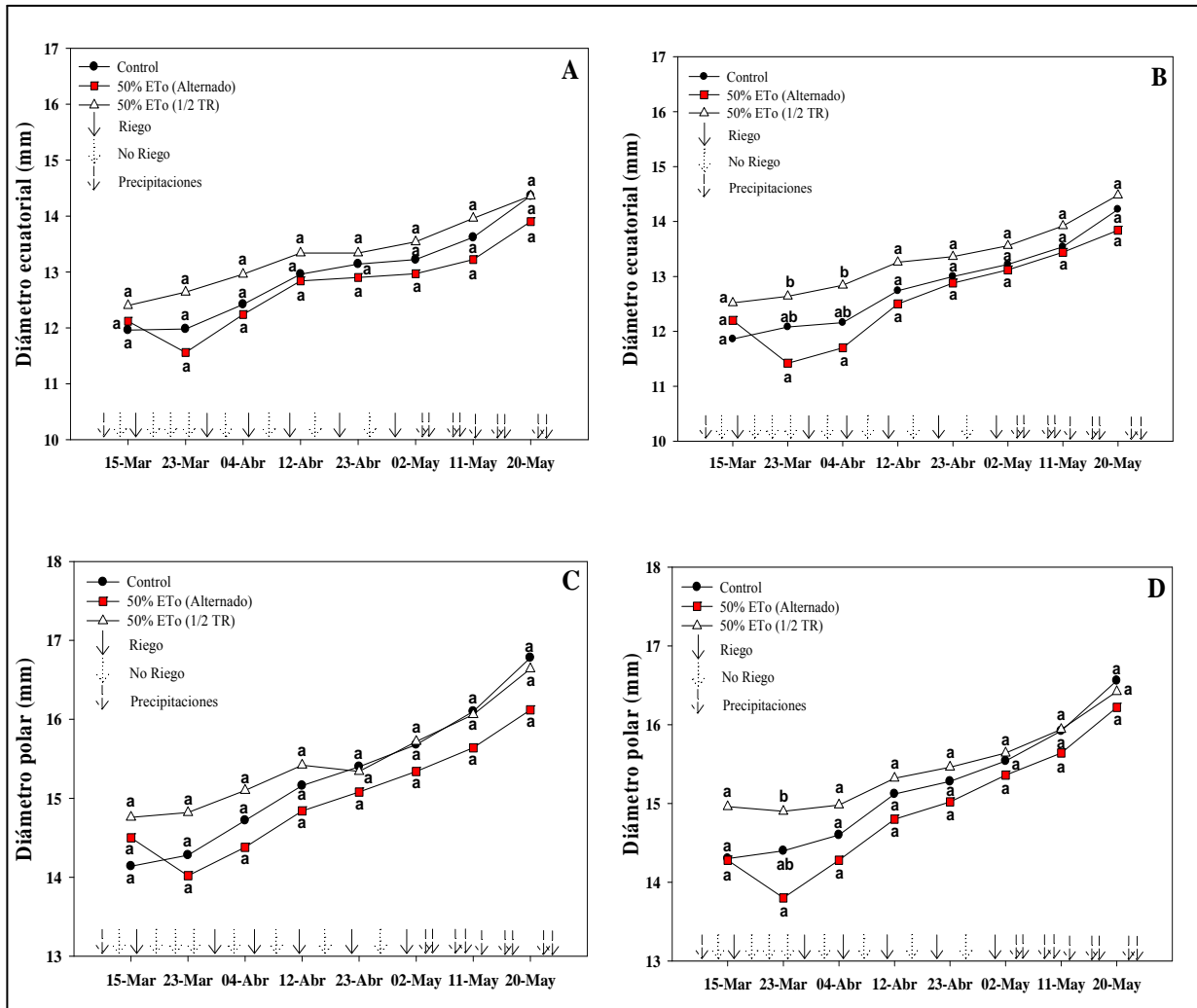


Figura 4. Evolución del crecimiento de frutos de olivos var. Arbequina, sometidos a RDC, en base a diámetro ecuatorial y polar según su posición en el árbol (n=10). A) y C) lado Este, B) y D) lado Oeste. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005). Letras distintas para una misma fecha de evaluación indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0,05$).

Contenido de agua en el fruto

Para ver el efecto y la evolución del contenido de agua en el fruto, bajo tratamientos de RDC, se calcularon los porcentajes de agua en las olivas, principalmente, al momento de la cosecha, ya que fue éste porcentaje de agua con el que procesó la fruta en la almazara. Es así como los porcentajes de agua estuvieron directamente relacionados con los tratamientos, dado que el contenido de agua en el fruto depende básicamente de la disponibilidad de agua que tiene la planta (Barranco *et al.*, 1998).

En la var. Leccino, los valores en el tratamiento 2 tendieron a ser más bajos en el contenido de agua en el fruto (Figura 5A). Al momento de la cosecha, ambos tratamientos de riego deficitario obtuvieron los menores porcentajes de agua en el fruto, diferenciándose estadísticamente del tratamiento control (Figura 6A).

En Frantoio, la evolución en el contenido de agua en el fruto, durante el ensayo, fue similar a Leccino, donde el tratamiento 2 fue el que obtuvo los menores valores, seguido de los tratamientos 3 y control (Figura 5B). A cosecha existieron diferencias significativas entre los tratamientos pese a las lluvias acaecidas antes de la cosecha, donde finalmente sólo el tratamiento 2 fue el que se diferenció del tratamiento control (Figura 6B).

En cuanto a Arbequina y Coratina las evoluciones del contenido de agua en el fruto mostraron que los tratamientos de riego deficitario tendieron a obtener los porcentajes de agua más bajos, pero sólo antes de que comenzaran las precipitaciones, dado que luego de ocurridas las primeras lluvias, los contenidos de agua en el fruto tendieron a igualarse (Figuras 5C y 5D). Esto trajo como consecuencia que no se establecieran diferencias significativas en el contenido de agua en los frutos entre los tratamientos, al momento de la cosecha (Figuras 6C y 6D).

El hecho de que Frantoio presentara diferencias en el contenido de agua en el fruto, al momento de la cosecha y, que en Arbequina y Coratina no las hubiera, se debería a que los árboles recibieron un menor número de precipitaciones, producto de que Frantoio fue cosechado primero que las otras dos variedades (Figura 15, Apéndice V).

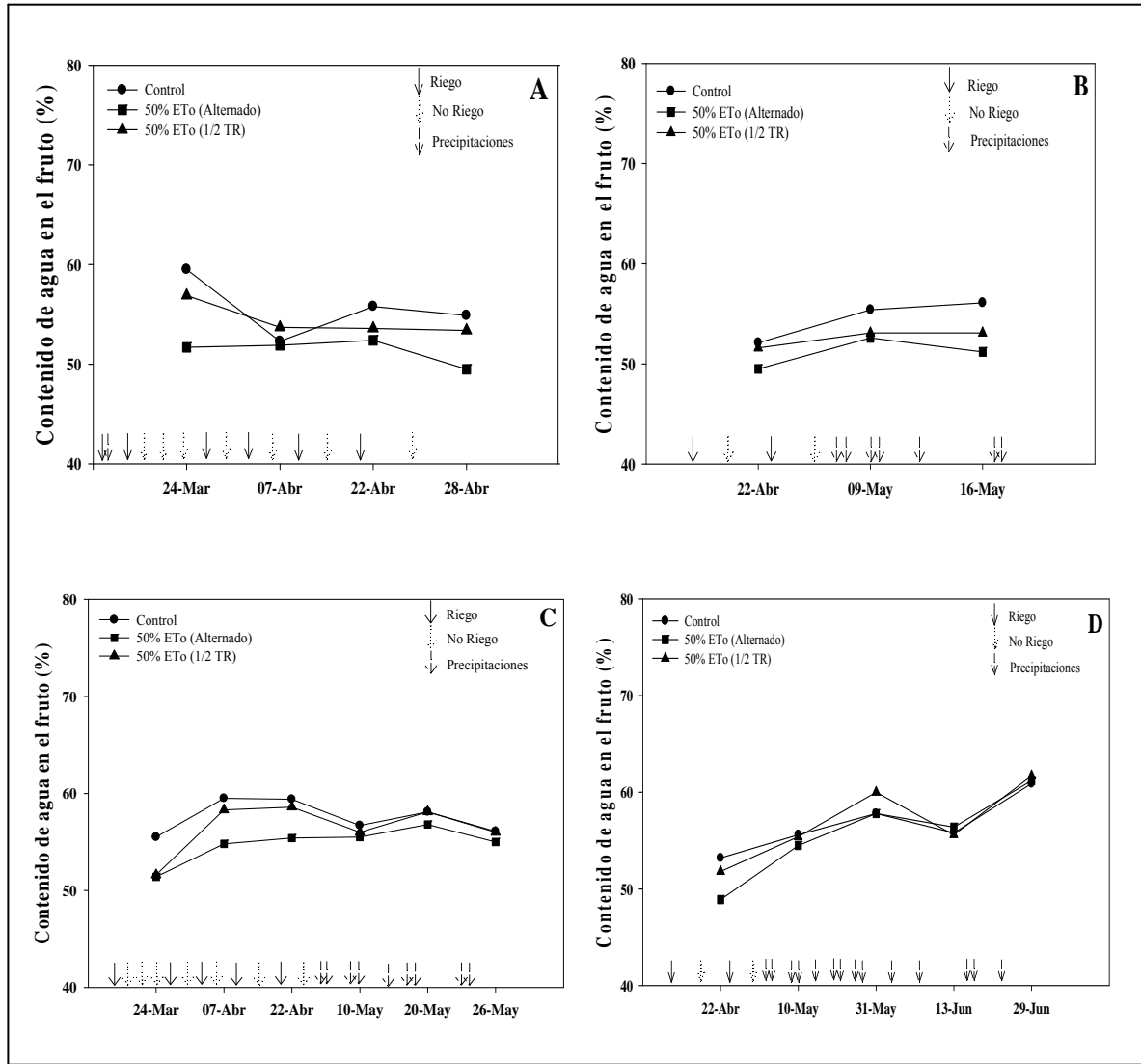


Figura 5. Efecto del RDC sobre la evolución en el contenido de agua en el fruto en olivos. A) Leccino, B) Frantoio, C) Arbequina y D) Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

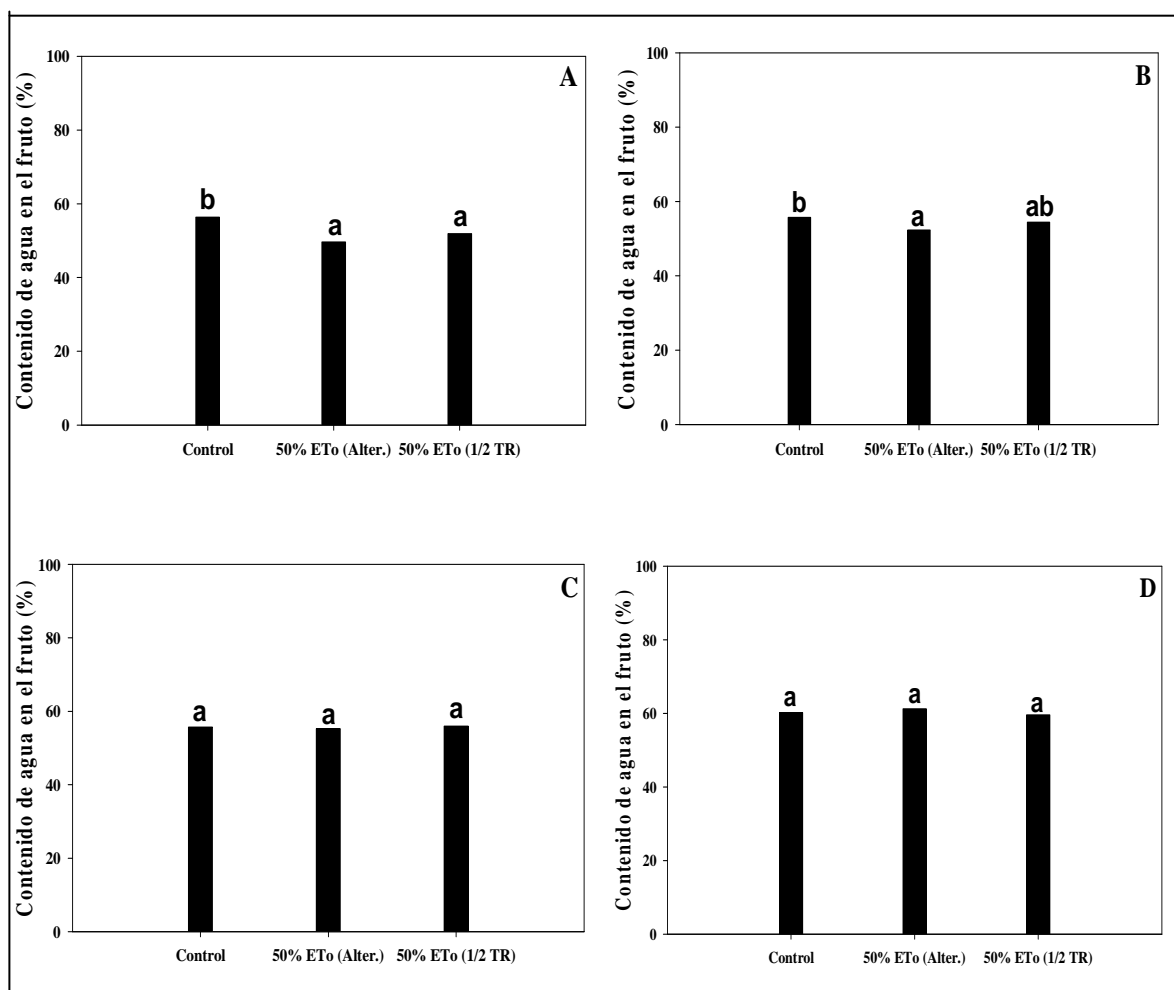


Figura 6. Efecto del RDC sobre el contenido de agua en el fruto a cosecha ($n=100$), en olivos. A) Leccino, B) Frantoio, C) Arbequina y D) Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0,05$).

Contenido de aceite en el fruto

El fruto está constituido en gran parte por agua, pero son los lípidos los que constituyen la fracción más característica de este fruto, representando entre un 17 a 30% del peso fresco según las diferentes variedades aceiteras (Sotomayor, 1994).

El contenido de aceite en el fruto, en base a peso fresco o a materia fresca (b.m.f.), fluctúa fundamentalmente por variaciones en el contenido de agua de la pulpa (Pastor, 2005). Sin embargo, esto no ocurre en el contenido de aceite en base a materia seca (b.m.s.).

En los resultados obtenidos se observa que en la var. Leccino, el contenido de aceite en el fruto siempre tendió al alza tanto en b.m.f. como en b.m.s. En la Figura 7A se observa que los tratamientos deficitarios obtuvieron los valores más altos de porcentaje de aceite en b.m.f., concordando con resultados obtenidos por Girona (1998) en la var. Arbequina en la zona de Lleida, España. Esto se debe a que al encontrarse el fruto con un menor contenido de agua, se traduce en un aumento en la concentración de aceite en la pulpa.

Para el caso de Frantoio, Arbequina y Coratina se obtuvieron resultados similares a Leccino pero sólo hasta que comenzaron las precipitaciones, dado que desde ese momento en adelante los valores entre tratamientos tendieron a equilibrarse en cada cultivar.

Estos resultados trajeron como consecuencia que el contenido de aceite en b.m.f. fuera al alza pero sólo hasta que comenzaron las precipitaciones, dado que desde ese momento hasta la cosecha, las concentraciones de aceite tendieron a disminuir, debido a que los frutos se encontraban más hidratados, producto de las fuertes lluvias (Figuras 7B, 7C y 7D).

En cuanto al contenido de aceite en b.m.s. si bien tendió al alza, excepto en Frantoio, no se obtuvo un resultado claro con respecto al efecto de los tratamientos, debido a que en cada cultivar se obtuvieron diferentes niveles de aceite entre los tratamientos (Figura 8).

Con respecto a la evolución del contenido de aceite en Frantoio, los valores tendieron a la baja (Figura 8B), por lo que la explicación más probable a esto sería por un error en el secado de las muestras. Éstas al no secarse en su totalidad generan menores valores porcentuales de aceite en b.m.s.

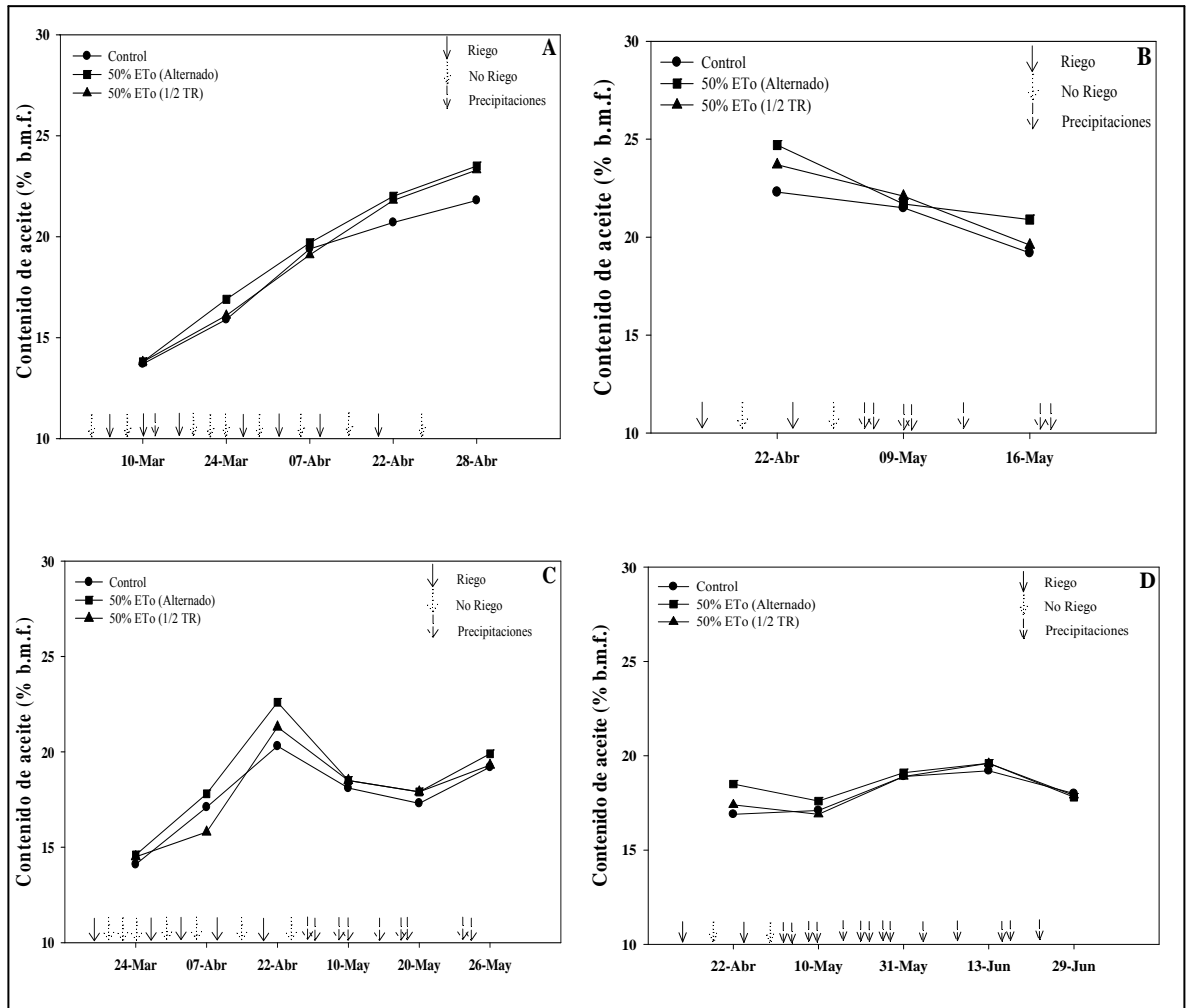


Figura 7. Efecto del RDC sobre la evolución en el contenido de aceite de frutos en base a materia fresca en olivos. A) Leccino, B) Frantoio, C) Arbequina y D) Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

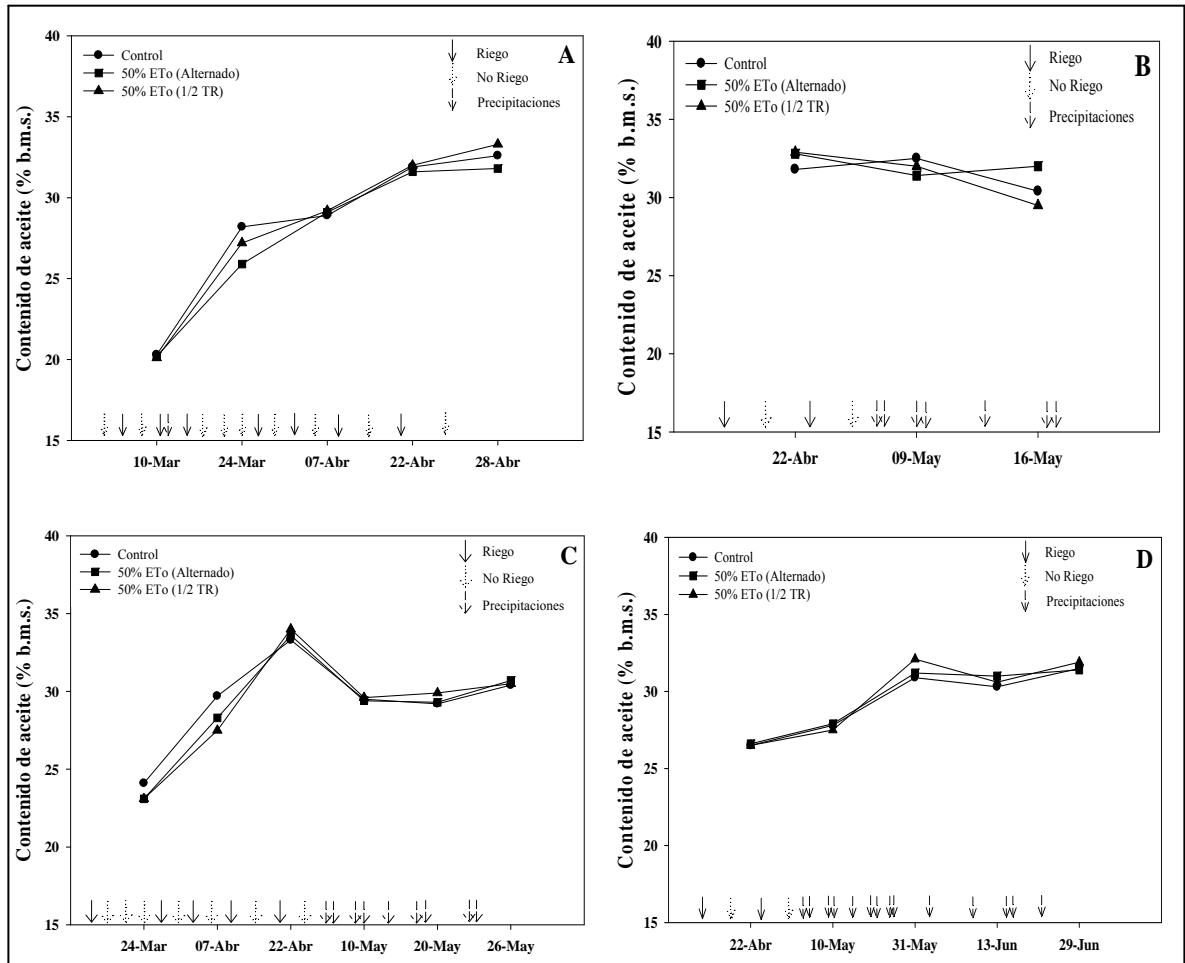


Figura 8. Efecto del RDC sobre la evolución en el contenido de aceite de frutos en base a materia seca en olivos. A) Leccino, B) Frantoio, C) Arbequina y D) Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

Relación pulpa/carozo

Con respecto a esta variable en la var. Leccino se observó que desde que comenzaron los tratamientos hasta cosecha, los valores en la relación de pulpa/carozo tendieron a hacer más altos en los frutos provenientes del tratamiento control. Esto debido a que los frutos de los árboles sometidos a RDC tenían un menor contenido de agua y, tomando en cuenta que la mayor proporción del agua del fruto se encuentra en la pulpa, la relación pulpa/carozo presentó menores valores en los tratamientos de riego deficitario (Figura 9A). Frantoio tuvo un comportamiento similar a Leccino a pesar de las precipitaciones ocurridas antes de cosecha (Figura 9B).

En las var. Arbequina y Coratina, si bien tuvieron el mismo comportamiento que Leccino, nuevamente ocurrió que desde que comenzaron las precipitaciones, los valores obtenidos tendieron a igualarse en los distintos tratamientos debido a la hidratación ocurrida en los frutos. (Figuras 9C y 9D).

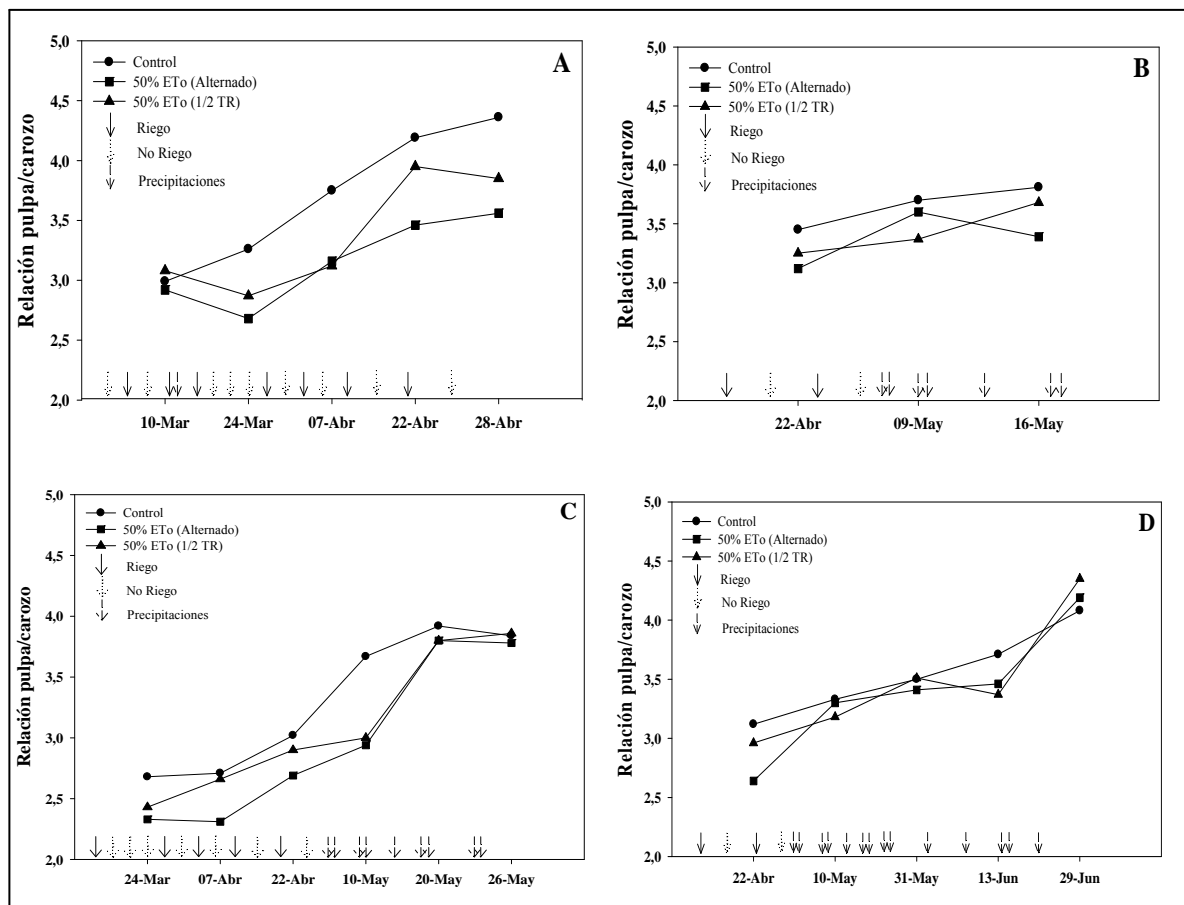


Figura 9. Efecto del RDC sobre la evolución de la relación pulpa/carozo en olivos. A) Leccino, B) Frantoio, C) Arbequina y D) Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

Peso del fruto

El peso del fruto a cosecha fue otra variable afectada por el RDC. En la var. Leccino los tres tratamientos diferieron entre sí (Figura 10A), siendo los frutos del tratamiento 2 los que obtuvieron el menor peso debido probablemente al menor contenido de agua en los frutos al momento de cosecha (Figura 6). Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Alegre y Girona (1997), en donde el tratamiento de RDC que consistió en un 50% menos de riego, no se diferenció del tratamiento control. Quizás ello se deba a la presencia de lluvias en otoño, algo muy común en la costa mediterránea. En el caso de Frantoio también se produjeron diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento 2 se diferenció claramente del control (Figura 10B), pese a las precipitaciones ocurridas antes de la cosecha.

Para el caso de Arbequina y Coratina (Figuras 10C y 10D), no se establecieron diferencias significativas en el peso de fruto entre los tratamientos, debido a que los árboles y por ende los frutos, se encontraban con una gran cantidad de agua producto de las abundantes precipitaciones ocurridas con anterioridad a la cosecha ese otoño (Figura 15, Apéndice V).

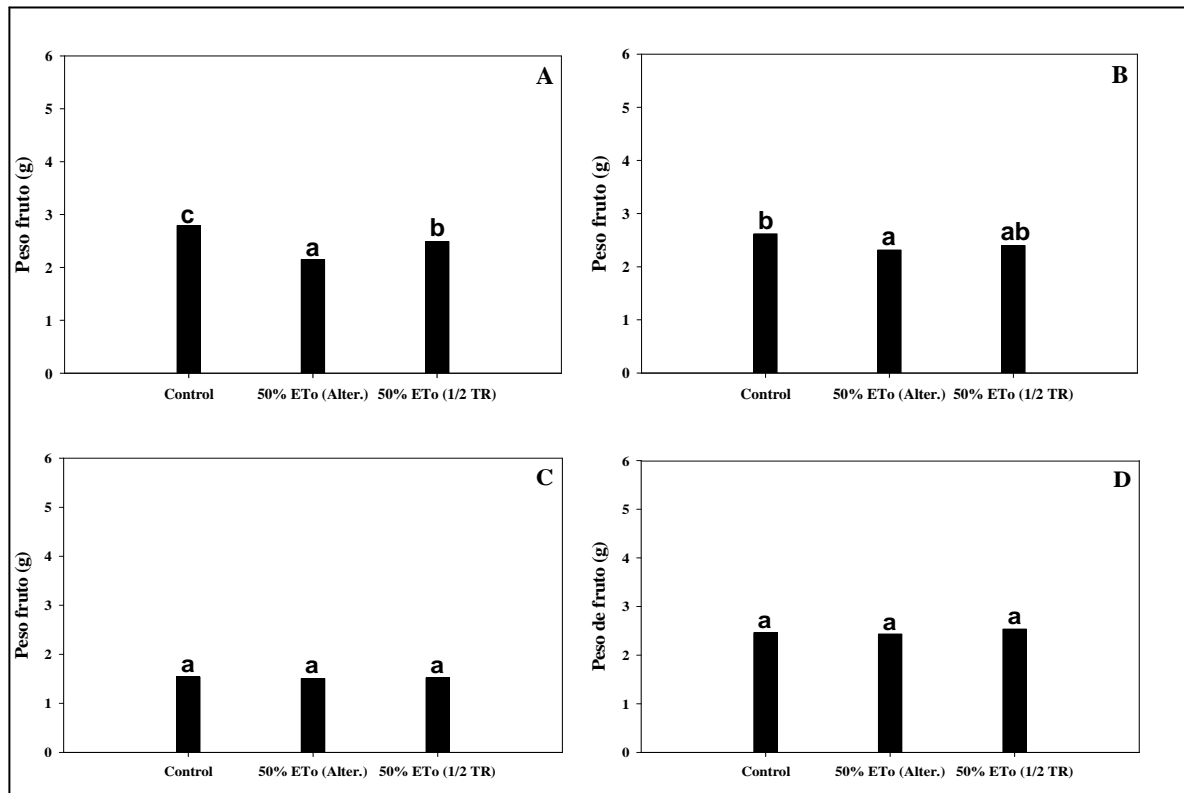


Figura 10. Efecto del RDC sobre el peso promedio de fruto a cosecha en olivos (n=100). A) Leccino, B) Frantoio, C) Arbequina y D) Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0,05$).

Área de sección transversal de tronco (ASTT)

La diferencia en el ASTT entre el inicio de los tratamientos y la cosecha no presentó diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las variedades estudiadas (Cuadro 1), inclusive en la var. Leccino, cuya medición final se realizó a cosecha, momento en el cual los árboles de los tratamientos de riego deficitario se encontraban con un cierto nivel de estrés, especialmente el tratamiento 2 (Figura 2). Estos resultados podrían explicarse a que esta especie es bastante tolerante al estrés hídrico debido a que dispone de una serie de mecanismos morfológicos para dicho fin (Barranco *et al.*, 1998).

Cuadro 1. Efecto del RDC sobre la diferencia en porcentaje del área de sección transversal de tronco entre el inicio de los tratamientos y cosecha, en las var. Leccino, Frantoio, Arbequina y Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

Variedad	Tratamiento	Aumento en % del ASTT
Leccino	Control	4,42 a
	Alternado	3,37 a
	1/2 TR	5,72 a
Frantoio	Control	0,31 a
	Alternado	0,70 a
	1/2 TR	2,43 a
Arbequina	Control	2,07 a
	Alternado	2,31 a
	1/2 TR	2,44 a
Coratina	Control	3,76 a
	Alternado	4,96 a
	1/2 TR	6,88 a

Letras iguales por variedad, no indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$).

Producción y eficiencia productiva

En el Cuadro 2 se observa que al momento de cosecha, no se apreciaron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las 4 variedades en la producción. Sin embargo, al comparar la producción de la cara este con la obtenida por la cara oeste, se observó que la producción de la cara este fue notoriamente mayor diferenciándose estadísticamente, excepto en la var. Arbequina. Esto último se debe a que Arbequina fue la única en no recibir una poda desvigorizante en la temporada anterior, la cual sí se hizo en la cara oeste de los árboles de las otras tres variedades. Lo que trajo como consecuencia una disminución en la producción en ese lado. A esto se debe agregar la influencia del viento, el cual posee una dirección oeste-este que hace que las ramillas productivas tiendan a tomar esa dirección y desarrollarse en el lado este de los árboles, esto último se acentúa en variedades con mayor vigor, cosa que no ocurre con Arbequina al ser una variedad con un vigor reducido y un crecimiento más compacto². Finalmente, estas producciones se relacionaron con el ASTT, medida a cosecha, para obtener las eficiencias productivas (Cuadro 5, Apéndice V) y los resultados presentaron una tendencia similar a las producciones (kg por árbol).

Cuadro 2. Efecto del RDC sobre las producciones obtenidas de las caras este y oeste de los árboles junto con la producción total de éstos en las var. Leccino, Frantoio, Arbequina y Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005)

Variedad	Tratamiento	Producción cara este (kg·árbol ⁻¹)	Producción cara oeste (kg·árbol ⁻¹)	Producción total (kg·árbol ⁻¹)
Leccino	Control	14,8 a/A	5,2 a/B	20,0 a
	Alternado	16,5 a/A	7,5 a/B	24,0 a
	1/2 TR	14,1 a/A	4,5 a/B	18,6 a
Frantoio	Control	12,2 a/A	2,4 a/B	14,6 a
	Alternado	13,7 a/A	5,4 a/B	19,1 a
	1/2 TR	16,5 a/A	5,9 a/B	22,4 a
Arbequina	Control	5,3 a/A	3,3 a/A	8,6 a
	Alternado	5,3 a/A	5,4 a/A	10,7 a
	1/2 TR	4,1 a/A	3,6 a/A	7,7 a
Coratina	Control	22,6 a/A	15,0 a/A	37,6 a
	Alternado	24,0 a/A	13,9 a/B	37,9 a
	1/2 TR	26,6 a/A	9,9 a/B	36,5 a

Letras minúsculas iguales (verticalmente) no indican diferencias significativas entre tratamientos para cada variedad por separado, según la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$).

Letras mayúsculas distintas (horizontalmente) indican diferencias significativas entre producciones según cara del árbol según el test de Student ($\alpha \leq 0,05$).

² Los valores obtenidos en este estudio en cuanto a diferencia productiva entre cara este y oeste del árbol, ya se habían reportado con anterioridad en olivos (Sudzuki, 2006)

Producción y rendimiento de aceite

En base a las producciones obtenidas por árbol y al porcentaje de aceite (b.m.f.) obtenido al momento de la cosecha, se calcularon las cantidades de aceite por árbol y se obtuvo una estimación del rendimiento de aceite por hectárea. En el Cuadro 3 se observa como en Leccino y Frantoio, el RDC tiende a provocar un aumento en las concentraciones de aceite, junto con un aumento de los rendimientos de aceite por árbol y hectárea. En Arbequina y Coratina, si bien, no hubo cambios en las concentraciones de aceite entre los tratamientos al momento de cosecha, debido a las precipitaciones caídas con anterioridad, sí tendió a poseer un mayor nivel de aceite en Arbequina, debido básicamente a distintos niveles de producción de los árboles (Cuadro 2).

Cuadro 3. Efecto del RDC sobre la producción de aceite por árbol y hectárea en base a porcentajes de aceites en b.m.f. obtenidos por la Autelec en las var. Leccino, Frantoio, Arbequina y Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

Variedad	Tratamiento	Porcentajes de aceite (b.m.f.) según Autelec	Producciones de aceite	
			kg de aceite por árbol	kg de aceite por hectárea
Leccino	Control	21,8	4,36	1814
	Alternado	23,5	5,64	2346
	1/2 TR	23,3	4,33	1803
Frantoio	Control	19,2	2,80	1166
	Alternado	20,9	3,99	1661
	1/2 TR	19,6	4,39	1826
Arbequina	Control	19,2	1,65	1375
	Alternado	19,9	2,13	1774
	1/2 TR	19,3	1,49	1238
Coratina	Control	18,0	6,77	2816
	Alternado	17,8	6,75	2806
	1/2 TR	17,9	6,53	2718

En cuanto a los porcentajes de aceite obtenidos por la almazara, que son valores comerciales, también se calcularon las cantidades de aceite por árbol y se obtuvo una estimación del rendimiento de aceite por hectárea (Cuadro 4).

Al analizar en sí los porcentajes de aceite obtenidos por la almazara, en la var. Leccino, el tratamiento 3 tendió a presentar el valor más alto, con un 3,2% más de aceite que el tratamiento control. La otra variedad que presentó un leve aumento en el porcentaje de aceite en los tratamientos de riego deficitario fue Frantoio, en donde nuevamente el tratamiento 3 fue el que tendió a presentar el valor más alto con un 12,8% seguido de los tratamientos 2 y control. Esto demostraría que el fruto, al tener un menor contenido de agua

al momento de cosecha, facilita la extracción de aceite y por ende hay una menor pérdida de este al momento de separarlo del agua. Ello se corrobora en un ensayo realizado por Girona (2001) en el cual árboles regados con una mayor cantidad de agua produjeron aceitunas que mostraron dificultades en el proceso de extracción y por ende un menor nivel de aceite obtenido en la almazara.

Para Coratina los valores de porcentaje de aceite obtenidos, luego del procesamiento en la almazara, tendieron a mostrarse similares entre los tratamientos, debido a la abundante cantidad de precipitaciones ocurridas anterior a la cosecha.

Para el caso de Arbequina no se pudieron obtener datos debido a un error en el procesamiento en la almazara, en la cual se procesó fruta de los tratamientos junto con fruta que no correspondía al ensayo.

Cuadro 4. Efecto del RDC sobre la producción de aceite por árbol y hectárea en base porcentajes de aceites en b.m.f. obtenidos por la Almazara en las var. Leccino, Frantoio y Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

Variedad	Tratamiento	Porcentajes de aceite (b.m.f.) según Almazara	Producciones de aceite	
			litros de aceite por árbol	litros de aceite por hectárea
Leccino	Control	11,7	2,34	973
	Alternado	13,7	3,29	1368
	1/2 TR	14,9	2,77	1153
Frantoio	Control	11,3	1,65	686
	Alternado	12,3	2,35	977
	1/2 TR	12,8	2,87	1193
Coratina	Control	9,2	3,46	1439
	Alternado	9,1	3,46	1438
	1/2 TR	9,3	3,40	1412

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en este estudio y bajo las condiciones en que se realizó, se puede concluir que:

- ✓ El RDC en Leccino provoca un aumento del potencial hídrico xilemático cercano a cosecha debido a una menor disponibilidad de agua para la planta. En el resto de las variedades no se afecta este parámetro debido a la ocurrencia de abundantes precipitaciones antes de cosecha.
- ✓ El crecimiento de los frutos se ve más afectado en el lado oeste del árbol por el RDC, producto probablemente de las mayores temperaturas de la tarde. Sin embargo, los frutos en Frantoio no se ven afectados en su crecimiento.
- ✓ El RDC en Leccino y Frantoio provoca una disminución en el contenido de agua en el fruto a la cosecha. Por el contrario, en Arbequina y Coratina, este parámetro no se ve afectado por los tratamientos deficitarios debido a las precipitaciones ocurridas antes de cosecha.
- ✓ En Leccino y Frantoio, el RDC provoca una disminución en el peso del fruto al momento de cosecha. En Arbequina y Coratina, en cambio, este parámetro no se ve afectado por el RDC, debido a las precipitaciones ocurridas antes de cosecha.
- ✓ El RDC aumenta la eficiencia de extracción del aceite en la almazara en Leccino y Frantoio, producto probablemente de un menor contenido de agua en la fruta al momento de cosecha.
Por el contrario, en Arbequina y Coratina este parámetro no se afecta, producto de las abundantes precipitaciones ocurridas antes de cosecha.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alegre, S. y J. Girona, 1997. Riego deficitario controlado en olivo. *Fruticultura Profesional* 88: 70-78.
- Alegre, S., J. Girona, J. Marsal and A. Arbonés. 1999. Regulated deficit irrigation in olive trees. *Acta Horticulturae* 474: 373-376.
- Alegre, S., J. Girona, A. Arbonés, M. Mata y J. Marsal. 2001. Estrategias de riego deficitario controlado para el riego del olivar. *Fruticultura Profesional* 120: 19-28.
- Barranco, D., R. Fernández-Escobar y L. Rallo, 1998. El cultivo del olivo. Ed. Mundi-Prensa. 651 p.
- Doorembos, J. y W. Pruitt. 1984. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y drenaje N° 33. Roma, FAO. 212p
- FAO, 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 24. Roma, Italia. 144 p.
- Ferreyra, R., G. Sellés y I. Sellés. 2001. Riego deficitario controlado en olivos: Estrategias de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales. *Boletín INIA*. N° 59, 48 p.
- 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: 66-70.
- Girona, J. 2001. Estrategias de riego deficitario controlado en olivar. Pp.39-57. In: Pastor, M., J. Hidalgo, V. Vega, J. Girona, L. Soria, F. Orgaz, E. Fernández, M. Fernández y J. Rojo. Programación de riegos en olivar. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla, España. 108p.
- Inglese, P., E. Barone and G. Gullo. 1996. The effect of complementary irrigation on fruit growth, ripening pattern and oil characteristics of olive (*Olea europaea* L.) cv. Carolea. *Journal of Horticultural Science* 71: (2) 257-263.
- Nuzzo, V., C. Xiloyannis, G. Dichio, G. Montanaro and G. Celano. 1997. Growth and yield in irrigated olive trees cultivar Coratina over four years alter planning. *Acta Horticulturae* 449: 75-82.
- Pastor, M. 2005. Cultivo del olivo con riego localizado. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla, España. 783 p.
- Sellés, G. 1991. Programación de riego en huertos frutales. pp.189-217. In: Fritsch, N., E. Ossandón, R. González y C. Navarrete. Manejo de suelos en huertos frutales. Publicaciones Miscelaneas Agrícolas N° 35. Depto de Ingeniería y Suelos. Universidad de Chile, Santiago. Chile. 349p.

Sotomayor, C. 1994. El Olivo (4). Chile Agrícola Vol.: 19 N° 197: 181-183.

Sudzuki, K. 2006. Fenología de cuatro variedades de olivo para aceite en la Comuna de Melipilla, Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 28p.

Zapata, M. y Segura, P. 1995. Riego deficitario controlado. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 188 p.

APÉNDICE I

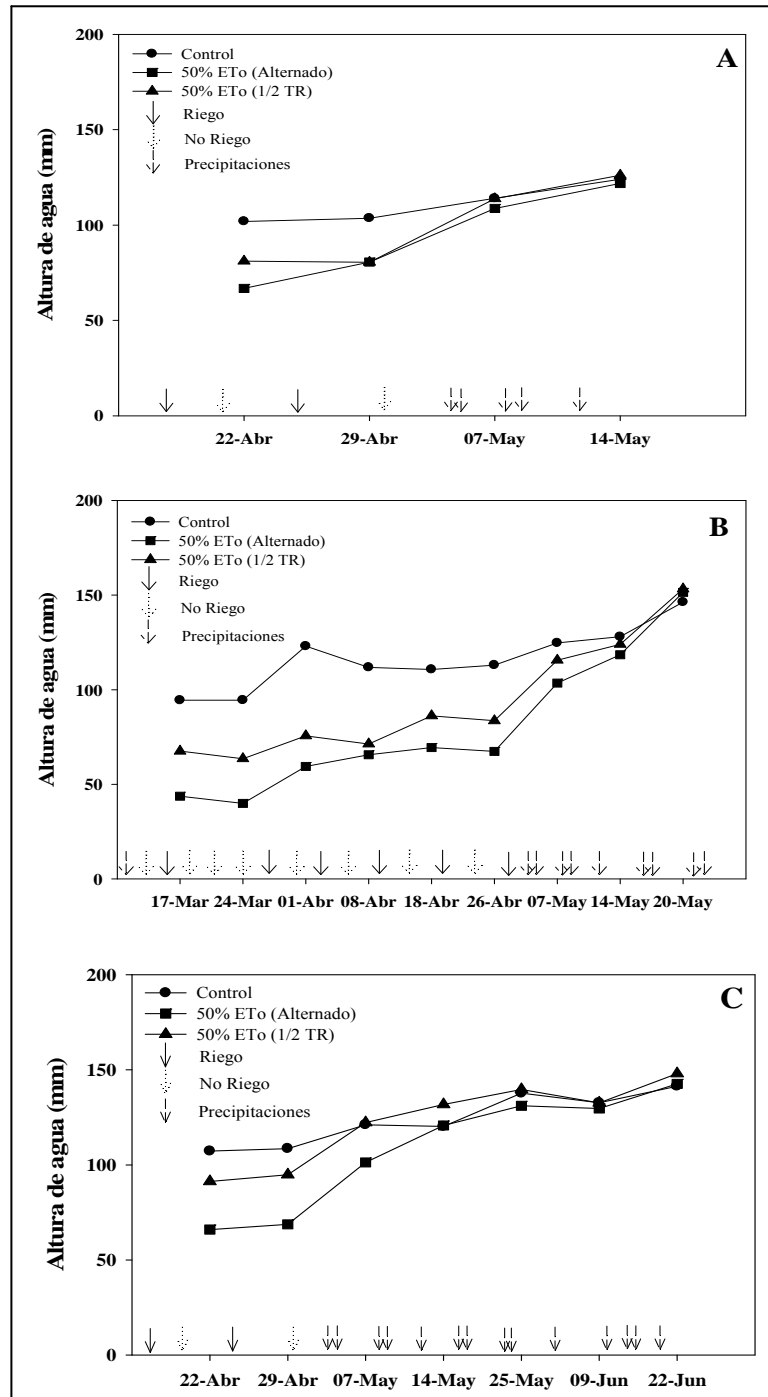


Figura 11. Evolución del contenido de agua en el suelo en olivos, A) Frantoio, B) Arbequina y C) Coratina, sometidos a RDC. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

APÉNDICE II

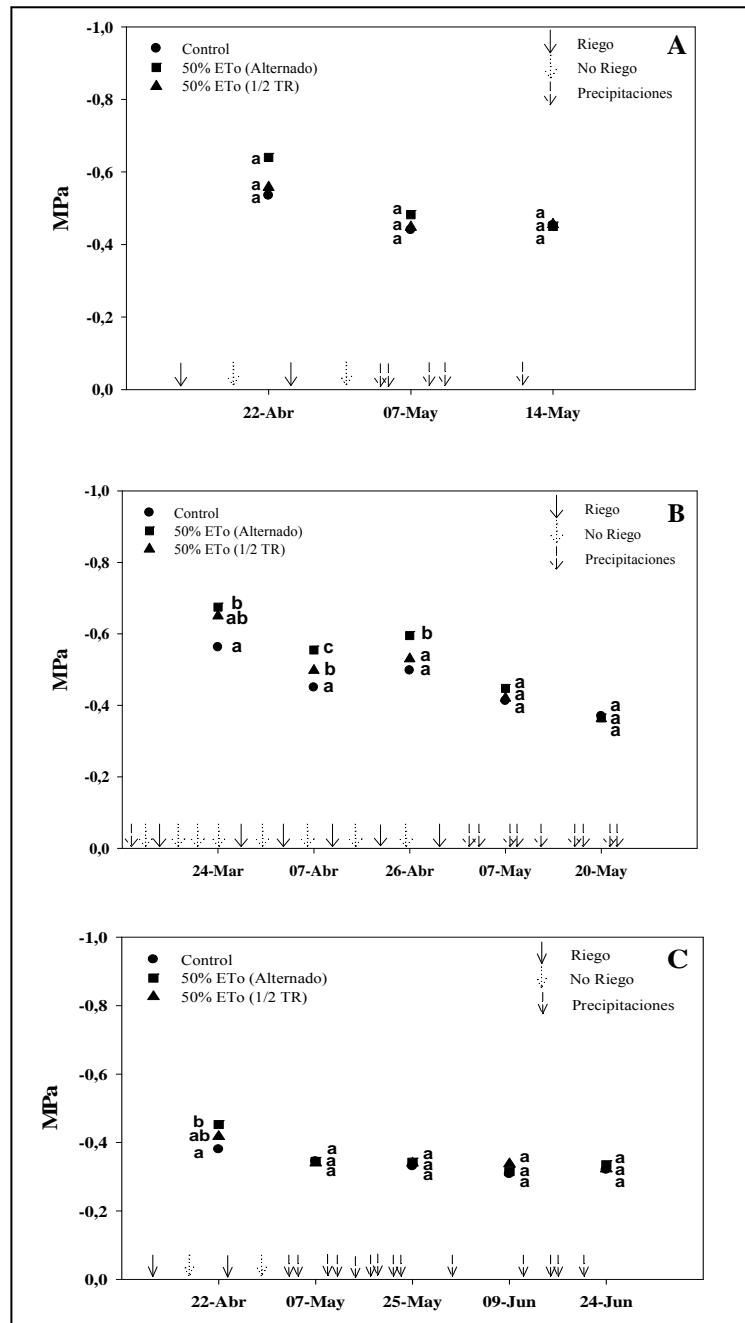


Figura 12. Efecto del RDC sobre el potencial hídrico xilemático en olivos (n=4). A) Frantoio, B) Arbequina y C) Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005). Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0,05$).

APÉNDICE III

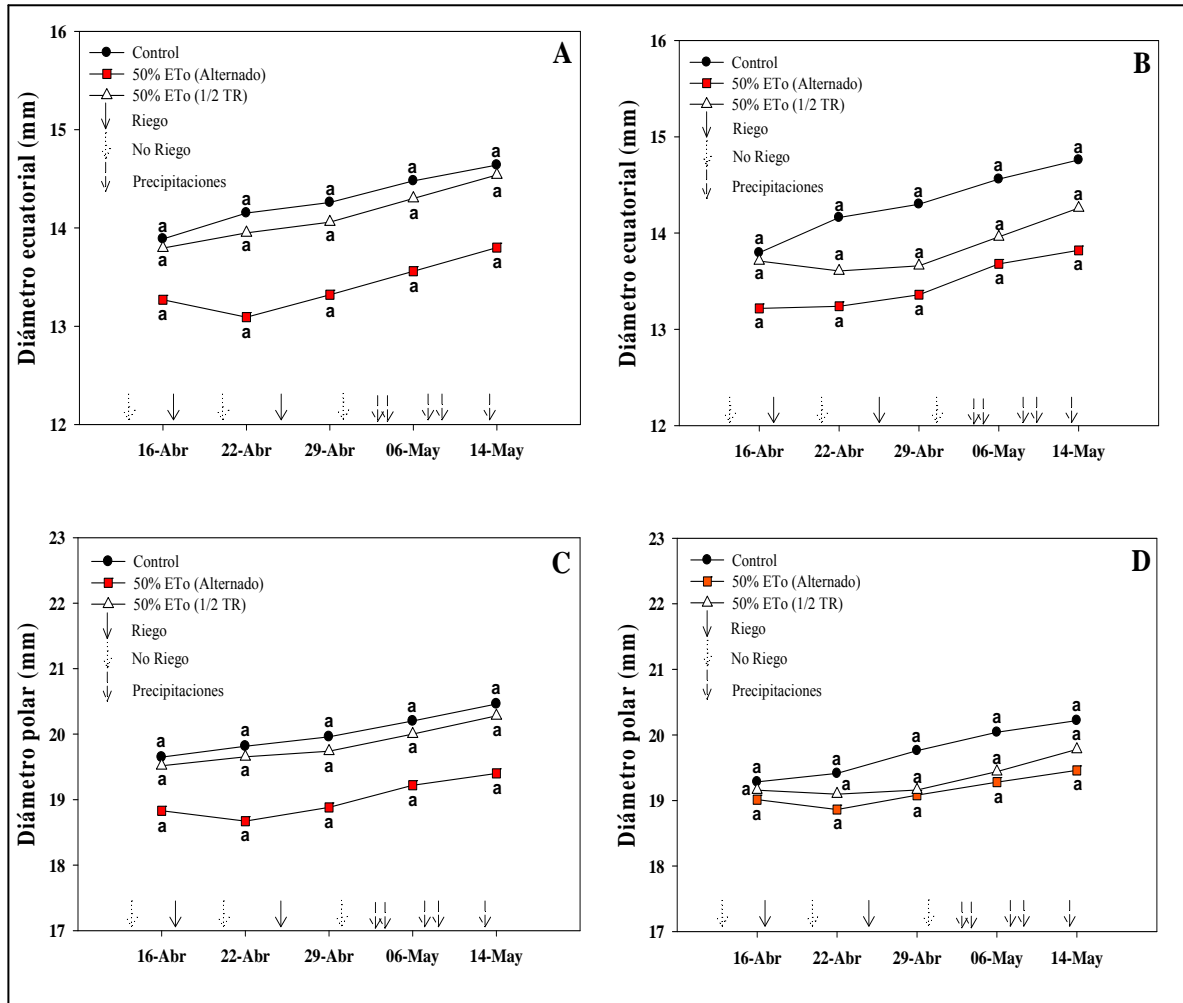


Figura 13. Evolución del crecimiento de frutos de olivos var. Frantoio, sometidos a RDC, en base a diámetro ecuatorial y polar según su posición en el árbol (n=10). A) y C) lado Este, B) y D) lado Oeste. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005). Letras iguales para una misma fecha de evaluación no indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0,05$).

APÉNDICE IV

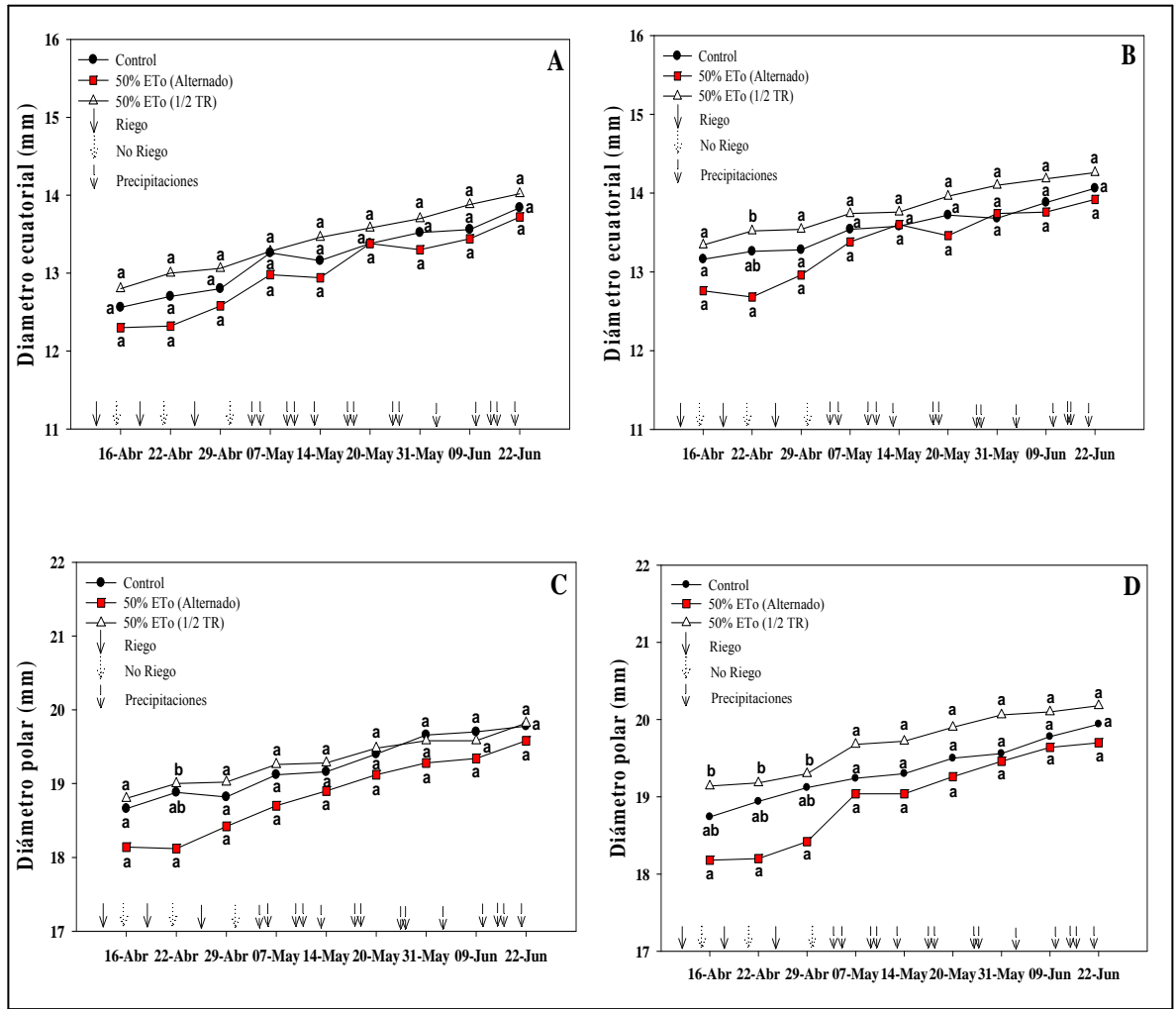


Figura 14. Evolución del crecimiento de frutos de olivos var. Coratina, sometidos a RDC, en base a diámetro ecuatorial y polar según su posición en el árbol (n=10). A) y C) lado Este, B) y D) lado Oeste. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005). Letras distintas para una misma fecha de evaluación indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0,05$).

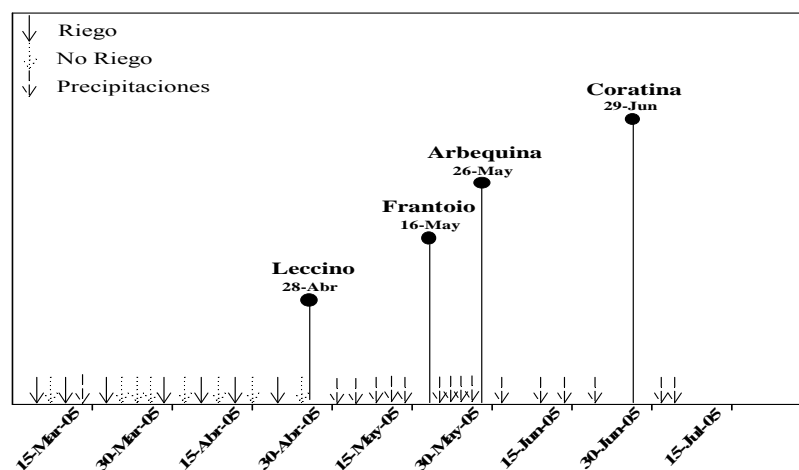


Figura 15. Fechas de cosecha de las 4 variedades. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

Cuadro 5. Efecto del RDC sobre la eficiencia productiva obtenidas de las caras este y oeste de los árboles junto con la eficiencia productiva total de éstos en las var. Leccino, Frantoio, Arbequina y Coratina. Zona de Melipilla, Región Metropolitana (año 2005).

Cultivar	Tratamiento	Eficiencia productiva lado este del árbol (kg·cm ⁻² ASTT)	Eficiencia productiva lado oeste del árbol (kg·cm ⁻² ASTT)	Eficiencia productiva total del árbol (kg·cm ⁻² ASTT)
Leccino	Control	0,120 a/A	0,043 a/B	0,163 a
	Alternado	0,094 a/A	0,042 a/B	0,136 a
	1/2 TR	0,100 a/A	0,035 a/B	0,135 a
Frantoio	Control	0,079 ab/A	0,015 a/B	0,094 a
	Alternado	0,067 a/A	0,027 ab/B	0,094 a
	1/2 TR	0,105 b/A	0,038 b/B	0,143 b
Arbequina	Control	0,175 a/A	0,114 a/A	0,289 a
	Alternado	0,139 a/A	0,152 a/A	0,291 a
	1/2 TR	0,125 a/A	0,101 a/A	0,226 a
Coratina	Control	0,237 a/A	0,164 a/B	0,401 a
	Alternado	0,231 a/A	0,126 ab/B	0,357 a
	1/2 TR	0,255 a/A	0,093 b/B	0,348 a

Letras minúsculas iguales (verticalmente) no indican diferencias significativas entre tratamientos, para cada variedad por separado, según la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$).

Letras mayúsculas distintas horizontalmente indican diferencias significativas entre producciones según cara del árbol, mediante el test de Student ($\alpha \leq 0,05$).