

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN OLIVOS PARA LAS VARIEDADES
CORATINA Y ARBEQUINA EN LA LOCALIDAD DE OVALLE**

FRANCISCA ANDREA ROJAS IBÁÑEZ

Santiago, Chile
2014

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN OLIVOS PARA LAS VARIEDADES
CORATINA Y ARBEQUINA EN LA LOCALIDAD DE OVALLE**

**REGULATED DEFICIT IRRIGATION IN OLIVES FOR THE CORATINA AND
ARBEQUINA VARIETIES IN THE OVALLE LOCALITY, CHILE**

FRANCISCA ANDREA ROJAS IBÁÑEZ

Santiago, Chile
2014

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN OLIVOS PARA LAS VARIEDADES CORATINA Y ARBEQUINA EN LA LOCALIDAD DE OVALLE

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo
Mención: Manejo de Suelos y Aguas

FRANCISCA ROJAS IBÁÑEZ

Profesores Guías	Calificación
Sr. Cristian Kremer F. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	5,9
Sr. Thomas Fichet L. Ingeniero Agrónomo, Dr.	5,5
Profesores Evaluadores	
Sr. Oscar Seguel S. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,5
Sr. Nicolás Magner P. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,5

Santiago, Chile
2014

ÍNDICE

RESUMEN	1
Palabras clave	1
ABSTRACT	2
Key words	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivos	5
MATERIALES Y MÉTODOS	6
Lugar de trabajo	6
Materiales	6
Métodos	7
Arbequina.	8
Coratina	8
Mediciones en el suelo	
Calicatas	9
Mediciones a la planta	
Potencial hídrico xilemático (Ψ_x)	9
Mediciones al fruto	
Diámetro de frutos	9
Peso de frutos	9
Contenido de aceite	
Peso seco	10
Peso fresco	10
Contenido de humedad	10
Índice de madurez	10
Diseño experimental y análisis estadístico	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12

Caracterización de los suelos en estudio	12
Potencial hídrico xilemático (Ψ_x)	13
Arbequina	13
Coratina	15
Diámetro de frutos	17
Arbequina	17
Coratina	18
Peso de los frutos	20
Arbequina	20
Coratina	20
Contenido de aceite	22
Arbequina	22
Coratina	23
Contenido de humedad	22
Arbequina	22
Coratina	23
Índice de madurez	24
Arbequina	24
Coratina	25
CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	29
APÉNDICE	35

RESUMEN

Este estudio tuvo por objetivo evaluar la aplicación de diferentes regímenes de riego deficitario controlado (RDC) en la tercera fase de crecimiento del fruto de olivo, para establecer criterios de riego deficitario sin afectar el contenido de aceite. Además, se buscó analizar el efecto de esta técnica sobre el estado hídrico de las plantas.

El ensayo se realizó en la Comuna de Ovalle, Provincia de Limarí, Región de Coquimbo. Se evaluaron dos variedades de olivo (Arbequina y Coratina) ubicadas ambas en suelos de la Serie Limarí (textura de suelo gruesa) y la Serie San Julián (textura de suelo fina). Los tratamientos para ambas variedades consistieron en restricciones del riego realizado en el campo. Para el caso de “Arbequina”, en ambas series de suelo se restringió el riego por completo durante el mes de mayo. Por otro lado, en “Coratina” se realizaron restricciones porcentuales en el riego de un 50% y 30% para la Serie Limarí y de un 60% y 40% para la Serie San Julián, desde fines de abril hasta mediados de junio.

El estrés hídrico fue evaluado en las ramillas a través del potencial xilemático. Además se midieron algunas características en el fruto como el diámetro, peso, contenido de aceite, humedad e índice de madurez.

En ambas variedades, los potenciales hídricos xilemáticos fueron más negativos en el suelo correspondiente a la clase textural arcillosa (Serie San Julián), presentando estos un mayor estrés hídrico, lo cual se reflejó en frutos con menor contenido de agua.

Se pudo concluir en este estudio, que el tipo de suelo afectó más las condiciones del olivo que el RDC, reflejándose en todas las variables medidas. La producción y el contenido de aceite se vieron afectados bajo la condición de RDC. Además se observó un adelanto en la coloración de la fruta a cosecha.

Palabras Claves: RDC, potencial hídrico xilemático, estrés hídrico, maduración.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the implementation of different RDI regimens in the third stage of fruit growth, to establish criteria for deficit irrigation without affecting the oil content. Also, analyzing the effect of this technique on the plant's water status.

The assay was conducted in the Ovalle commune, Limarí province. Two olive varieties (Arbequina and Coratina) were evaluated, both located in the Limarí serie (coarse textured soil) and also in the San Julián serie (fine textured soil). Treatments for both varieties consisted in field irrigation restrictions. In "Arbequina", irrigation was completely restricted during the month of May in both soil series. On the other hand, the irrigation in "Coratina" was proportionately restricted in 50% and 30% for the Limarí Serie, and 60% and 40% for the San Julián Serie, from the end of april to the middle of june.

The water stress was evaluated in the twigs through the xylem potential. Also some fruit characteristics like diameter, weight, oil content, humidity and maturity index were measured.

In both varieties the xylem water potentials were more negative in the soil corresponding to the clay textural class (San Julián Serie), presenting these an increased water stress and less turgid fruits.

From the results of this study, it is concluded that the type of soil affect more the conditions of the olives than the RDI, reflecting it in all the measured parameters. The oil production and its content were affected under the condition of RDI. Also was observed and early coloring on the fruit to harvest.

Keys Words: RDI, xilematic water potential, water stress, ripening.

INTRODUCCIÓN

El olivo es un importante cultivo de áreas mediterráneas, considerado una especie bien adaptada a regiones semiáridas y tradicionalmente cultivado bajo condiciones de secano (Arzani y Arji, 2000).

En Chile, gracias a las condiciones agroclimáticas excepcionales, la aislación geográfica y a una infraestructura de punta, cada año aumenta más la producción de aceite de oliva. En el año 2012, se estimó que la producción nacional creció un 35% respecto al año 2011, con una producción de 21.600 toneladas de aceite. El progresivo aumento en la producción de aceite de oliva, se debe a que año a año las hectáreas plantadas comienzan a producir o han entrado en plena producción. La superficie plantada de olivos, para la extracción de aceite durante el año 2012, se estimó en 25.000 hectáreas, lo que corresponde a un aumento del 4% respecto del año anterior. Tomando en cuenta la tendencia en las plantaciones, las condiciones edafoclimáticas y el potencial que posee el país (200 mil hectáreas), se espera que en el 2020 sean más de 32.000 hectáreas plantadas de olivos (Chileoliva, 2012)

La pequeña proporción de agua dulce aprovechable en el planeta (menos de 0,28% del total), debe ser compartida por todas las actividades del ser humano. Entre ellas, la agricultura ocupa el 72%, equivalente a cuatro veces el consumo de la industria y dos veces lo que se usa en los sectores urbanos (Martínez, 2000). En busca de estrategias de conservación y ahorro, es que surge como primer paso un mejor uso del agua para fines de riego. En base a esto fue desarrollado el riego por goteo, que permitió aumentar la eficiencia de uso desde un 45% aproximadamente en riego gravitacional tradicional al orden del 90%. Pese a ello, los volúmenes anuales de agua requeridos para un cultivo siguen siendo altos y puede resultar insuficiente el caudal disponible incluso con eficiencias de aplicación cercanas al 100%, siendo necesario encontrar nuevas estrategias de ahorro, como el uso de cultivos más resistentes al estrés hídrico o con mejor capacidad de extracción de agua desde el suelo (Ferreira *et al.*, 2001).

Desde fines de la década de los 80, se han desarrollado técnicas de manejo del riego en frutales, como el denominado riego deficitario controlado (RDC) para situaciones de disponibilidad limitada de agua. Esta técnica se basa en reducir la cantidad de agua aplicada en ciertos periodos fenológicos, en que las plantas son menos sensibles a la falta de agua; por consiguiente, no se ven afectados significativamente ni el rendimiento, ni la calidad de los frutos, ya que se mantendrían riegos que cumplan con los requerimientos hídricos de los árboles durante los períodos más sensibles, generalmente asociados a la floración y a las primeras etapas de desarrollo del fruto (Ferreira *et al.*, 1998).

El olivo es un árbol que se adapta muy bien a la escasez de agua, esto se ve reflejado en un estudio de Fereres (1984) donde midió el comportamiento estomático de las hojas de olivo, sin condiciones de estrés hídrico, mostrando la máxima apertura estomática en las primeras horas de la mañana y reduciendo dicha apertura en las horas centrales del día hasta valores

inferiores al 50% de la conductancia observada en un cultivo de girasol que mantuvo los estomas completamente abiertos durante todo el día. Por el contrario, en el caso de otros frutales como el manzano, se ha observado que árboles bien regados pueden aumentar su conductancia hasta un 30% desde las primeras horas de la mañana hasta el medio día (Amos *et al.*, 1995). Demostrando así que el olivo tiene una gran capacidad de adaptación a las condiciones limitantes de agua. Es más, a medida que el suelo se seca, el árbol tiene la capacidad de disminuir el potencial hídrico xilemático (Ψ_x), por debajo de los valores que causarían la deshidratación y muerte de casi la totalidad de las plantas cultivadas. Se ha observado que los olivos en condiciones de sequía extrema pueden reducir su Ψ_x a valores de alrededor de -8MPa. Esta cifra contrasta con valores superiores a -5MPa, que pueden provocar una deshidratación total y marchitamiento irreversible en un cultivo de trigo o de girasol (Ferreeres *et al.*, 1996). En resumen, el olivo es capaz de disminuir su Ψ_x a valores muy bajos, lo cual le permite captar agua del suelo incluso por debajo del punto de marchitez permanente, siendo un candidato indiscutido para prácticas con RDC.

Pastor (1999), quien trabajó con olivares en Andalucía, postula que aunque los olivos pueden sobrevivir y crecer bajo condiciones de cultivo de secano, disponer de adecuadas cantidades de agua es fundamental para obtener producciones satisfactorias. Sin embargo, bajo condiciones de baja disponibilidad hídrica es necesario implementar RDC. Este autor observó que las prácticas de RDC, en olivos, inducen respuestas de producción y rendimiento de aceite similares a los olivares bajo montos de riego que reponen el total de la demanda evapotranspirativa, incluso controlan adecuadamente el crecimiento y el volumen de copa de los árboles. Adicionalmente, las estrategias de RDC pueden ser útiles cuando las prácticas son dirigidas a variedades destinadas a la producción de aceite, debido a que los procesos de acumulación de reservas parecen ser menos sensibles al déficit hídrico que el proceso de expansión celular (Alegre *et al.*, s.f.).

Parece ser que el período que va desde el endurecimiento de carozo hasta el comienzo de la maduración, es en el que la sensibilidad del cultivo al déficit hídrico es menor. En este período, además, es en el que una restricción porcentual en la ETc, se puede traducir en un importante ahorro en el consumo anual de agua (Girona *et al.*, 2005). Más aún, otros experimentos muestran que la eficiencia en el uso del agua de riego para la producción de aceite, descende a medida que se aumenta el volumen de agua aplicada, siendo más eficientes los programas con RDC (Pastor e Hidalgo, 2005). También se ha demostrado que los aceites procedentes de olivos en condiciones de regadío pueden presentar una menor estabilidad y una disminución de polifenoles totales frente a los de secano, por lo que el uso de las estrategias de RDC puede representar un punto intermedio entre la calidad del aceite del olivar de regadío y el de secano (Salas *et al.*, 1997).

Se ha observado que para un cultivo de olivo, creciendo bajo condiciones de secano, la respuesta frente a aportes de agua de alrededor de $1.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ es alta. Sin embargo, la producción no crece en forma significativa al aumentar por sobre los $2.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, lo cual confirmaría que el riego deficitario podría ser una estrategia excelente para el olivo (Pastor y Orgaz, 1995; Ferreyra *et al.*, 1998).

Alegre *et al.* (2002), estudiaron la viabilidad de usar estrategias de RDC en la producción de aceite durante los años 1996 a 1998. El tratamiento control fue regado con el 100% de ETc durante todo el período, los tratamientos bajo RDC consistieron en la aplicación del 75%, 50% y 25% de la ETc durante el período de crecimiento del fruto. Sus resultados reflejan que los tratamientos con 75 y 50% de la ETc no afectaron la producción de aceitunas y aceite, no así el riego con 25%, el cual reflejó una disminución en la producción debido a un menor número de frutos en el árbol y a una reducción en el tamaño del fruto. Por otro lado también se observaron distintas aptitudes en el proceso industrial de extracción del aceite. Los frutos regados con las dosis mayores de agua, especialmente en el tratamiento control (100% ETc), mostraron dificultades para la extracción de aceite, formando emulsiones al centrifugar las pastas, lo que redujo considerablemente el rendimiento industrial.

Existen autores que discrepan de la efectividad de estrategias de RDC. Según Inglese *et al.*, (1996) quienes trabajaron con la variedad Careola, un déficit hídrico prolongado reduce el crecimiento del fruto, la tasa de acumulación de aceite y el contenido de potasio, adelanta la maduración e incrementa la caída del fruto antes de cosecha. Más aún, estudios realizados por Sellés *et al.*, (2006), quienes trabajaron en un huerto de olivo de 8 años de edad de la variedad Sevillana, concluyeron que un déficit hídrico permanente, a pesar de economizar un 40% de agua de riego, produce una fuerte baja en la carga frutal a la siguiente temporada.

En cualquier momento del ciclo anual en que se produzca un déficit hídrico, se debe evitar su prolongación durante largos períodos de tiempo, porque para satisfacer la demanda de asimilados de los frutos no suelen ser suficientes las reservas del árbol, por lo tanto es necesario mantener las hojas con un mínimo de funcionalidad para que de este modo no se vea afectada de forma drástica la fotosíntesis (Pastor, 2005).

Basándose en los antecedentes expuestos, se planteó como hipótesis que el uso de RDC desde pinta a cosecha, ahorraría un porcentaje importante de agua aplicada sin afectar la producción en las variedades Arbequina y Coratina

Se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Obtener información preliminar que permita establecer criterios de riego deficitario, sin afectar el contenido de aceite del olivo.

Objetivos específicos:

- Evaluar el efecto del riego deficitario controlado en el contenido del aceite de oliva.
- Evaluar el efecto de distintos regímenes de riego sobre el potencial hídrico xilemático del olivo en dos suelos contrastantes.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar de trabajo

Esta investigación se realizó durante la temporada 2009 en el fundo “Los Lirios”, perteneciente a Agroindustrial Valle Arriba S.A., ubicado en camino a Camarico sin número, Comuna de Ovalle, Provincia de Limarí, Región de Coquimbo, en las coordenadas 30° 42' 24,23" latitud Sur y 71° 16' 54,36" longitud Oeste.

El clima de la región es semiárido, caracterizado por precipitaciones irregulares con un déficit hídrico semi permanente. La precipitación mensual rara vez supera al 50% de la evapotranspiración potencial. La insolación es alta en el interior y la cordillera, las condiciones térmicas se caracterizan por una fuerte amplitud entre los períodos cálidos y fríos, con ausencia de heladas. Las condiciones hídricas se caracterizan por un leve aumento de la aridez respecto a la vertiente oriente de la Cordillera de la Costa, con un período seco de 9 meses. El déficit hídrico es de 700 mm en Ovalle – San Julián (CIREN, 1990).

El fundo cuenta con 242 hectáreas, de las cuales 210 están en plena producción desde el año 2004. Dentro de las variedades presentes en el predio se seleccionó, Arbequina y Coratina, ubicadas ambas en la Serie San Julián y en la Serie Limarí. La primera Serie se encuentra en una posición de terraza aluvial, con clase textural arcillosa, mientras que la segunda Serie se encuentra en un suelo misceláneo de clase textural franco arenosa, ubicada en un depósito aluvial. La plantación estaba establecida en camellones de 1m de ancho por 60 cm de alto, con una orientación de Norte a Sur. Los distintos marcos de plantación según la variedad y el tipo de suelo: 7 x 4 m en “Arbequina” y “Coratina” sobre el suelo arenoso, 6 x 4,5 m para “Coratina” en el sector arcilloso, y 5 x 2 m para “Arbequina” sobre suelo arcilloso. Cada ensayo estuvo constituido por la variedad y el tipo de suelo donde estaban establecidos.

Materiales

El estudio utilizó las variedades Arbequina y Coratina plantadas en la temporada 1998-1999 en dos suelos contrastantes, uno dominado por texturas gruesas (cuartel 13) perteneciente a la serie Limarí y otro dominado por texturas finas (cuarteles 4 y 8) perteneciente a la serie San Julián.

El efecto del RDC en la planta se monitoreó a través de mediciones del potencial hídrico xilemático en ramillas (2 ramillas por árbol cada 7 días) a medio día, con el uso de una bomba de Scholander (PMS 600; PMS Instrument Company, OR, EE.UU).

Método

Cada tratamiento, para ambos suelos, constó de tres hileras (Figura 1), utilizando la hilera central para la obtención de datos, evitando así los flujos laterales de agua que pudiesen afectar las mediciones de cada ensayo. Dentro de esta hilera se seleccionaron completamente al azar seis árboles los cuales constituyeron las repeticiones del tratamiento, excluyendo el primer árbol de cada hilera, debido a que sus condiciones de luz diferían con los árboles ubicados más al centro de la hilera. El tipo de riego fue de goteros en línea simple, con emisores de $2,3 \text{ L h}^{-1}$, distanciados a 60 cm entre sí, con un total de 7 goteros por planta en el caso de Arbequina y Coratina en el suelo arcilloso, y para Coratina en el suelo arenoso; para el caso de Arbequina en el suelo arenoso este contempla un total de 3 goteros por planta.

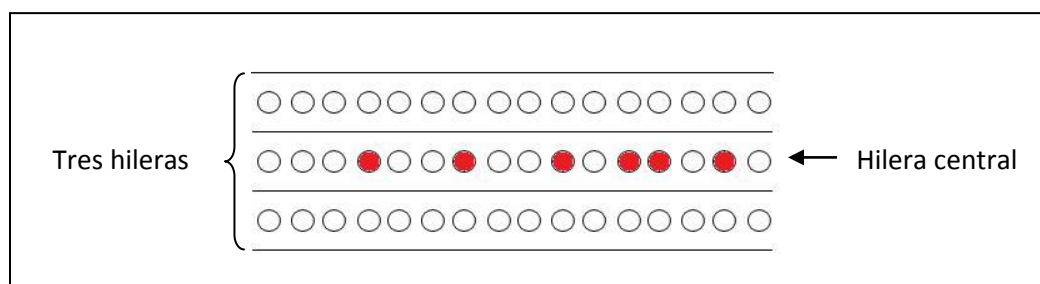


Figura 1. Representación esquemática de un tratamiento con sus repeticiones (árboles en rojo).

Una vez escogidos los árboles, se procedió a modificar la línea de riego (Figura 2), incorporando una línea de riego adicional, la cual fue acoplada a la línea principal de riego por medio de una unión T. La línea adicional abarcaba el largo de los olivos que fueron escogidos para los ensayos con déficit hídrico y su función fue desviar el agua hacia aquellos olivos que no pertenecían al ensayo. Para lograr este objetivo se instalaron llaves de corte en los extremos de ambas líneas para controlar el paso del agua.

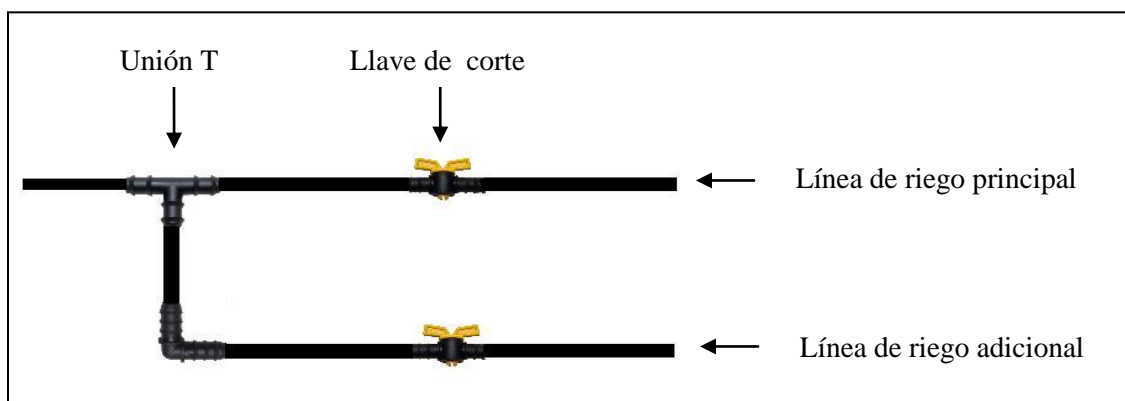


Figura 2. Modificación de líneas de riego en olivos var. Arbequina y Coratina bajo RDC. Ovalle, Región de Coquimbo.

Se realizaron cuatro ensayos (uno para cada variedad y tipo de suelo), en los cuales se evaluaron diferentes prácticas de riego deficitario, en relación a un testigo que estaba representado por el manejo de riego estándar del campo, es decir, a través del cálculo de las necesidades hídricas de un cultivo de olivo adulto.

Arbequina

Estos ensayos consistieron en evaluar la respuesta de la variedad Arbequina a un corte controlado del riego durante el mes de mayo, que correspondió a la última fase de crecimiento del fruto hasta su cosecha. Se realizó en dos suelos contrastantes como se detalla a continuación.

Serie San Julián, dominada por suelos de clase textural arcillosa. Los tratamientos aplicados fueron:

- AAT: riego siguiendo el manejo tradicional del campo.
- AA0: corte del riego durante un mes (mayo), incluyó la última etapa entre pinta y cosecha.

Serie Limarí, dominada por suelos de clase textural arenosa. Los tratamientos aplicados fueron:

- AaT: riego siguiendo el manejo tradicional del campo.
- Aa0: corte del riego durante un mes (mayo), incluyó la última etapa desde pinta a cosecha.

Coratina

Las mediciones se realizaron desde abril hasta junio, correspondiendo al final de la tercera fase de crecimiento del fruto hasta el período de cosecha. Los ensayos consistieron en la aplicación de restricciones de agua de riego, expresado como porcentaje de la demanda hídrica del cultivo estimado por el agricultor. La restricción finalmente se expresó en variaciones del Tiempo de Riego (TR) como se muestra a continuación para los dos tipos de suelos.

Serie San Julián, dominado por suelos de clase textural arcillosa. Los tratamientos aplicados fueron:

- CAT: riego con 100% del TR estimado en el campo.
- CA6: riego con 60% del TR estimado en el campo.
- CA4: riego con 40% del TR estimado en el campo.

Serie Limarí, dominada por suelos de clase textural arenosa. Los tratamientos aplicados fueron:

- CaT: riego con 100% del TR estimado en el campo.

- Ca5: riego con 50% del TR estimado en el campo.
- Ca3: riego con 30% del TR estimado en el campo

El uso de diferentes porcentajes del TR respondió a restricciones producidas por el manejo local del riego, la cual basaba su programación en un informe de evapotranspiración realizado el año 2008, estimando que para el suelo arcilloso un TR de 9 h cada 7 días y para el caso del suelo arenoso un TR de 5 h cada 4 días.

Mediciones en el suelo

Calicatas: Con el fin de verificar algunas propiedades físicas de los distintos tipos de suelos presentes en el predio, se realizaron calicatas para muestrear a distintas profundidades (0-20 cm, 21-40 cm y 41-60 cm) del perfil de suelo. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Física de Suelos de la Universidad de Chile, donde se determinó la clase textural y la curva de retención de agua de cada suelo (Sandoval et al., 2012).

Los efectos que pudiesen tener los distintos tratamientos de RDC sobre la productividad fueron monitoreados a través de las siguientes mediciones.

Mediciones a la planta

Potencial hídrico xilemático (Ψ_x): Para cada tratamiento y sus repeticiones se midieron 2 ramillas por árbol cada 7 días, evaluando el Ψ_x por el método de cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965), de acuerdo con la metodología descrita por Meyer y Reicosky, (1985). Esta metodología consistió en envolver previamente las ramillas en papel de aluminio y cubrirlas en sobres plásticos el día previo a la medición para suprimir la transpiración de la hoja y permitir que el potencial del agua en la hoja se equilibrara con el potencial del agua en el xilema. Estas mediciones se realizaron al medio día, a la hora de mayor tensión de la savia, y en exposición oeste.

Mediciones al fruto

De las seis repeticiones por tratamiento, se recolectó un total de 100 frutos por tratamiento al momento de cosecha para posteriormente medir las siguientes características.

Diámetro de frutos: se midió en mm con un pie de metro el diámetro ecuatorial y polar de 100 frutos, los cuales fueron elegidos al azar.

Peso fresco de los frutos: una vez cosechados, se pesaron inmediatamente 100 frutos, de los cuales se obtuvo su valor promedio.

Contenido de aceite: con los 100 frutos se determinó el contenido de aceite de las muestras mediante el extracto etéreo, obtenido por medio de un solvente (éter petróleo) y un extractor Soxhlet según el método descrito por Sepúlveda (1998, citado por Leva 2003). El resultado se expresó como porcentaje de aceite en base a materia fresca y seca, a través de las siguientes fórmulas.

$$\% \text{ de aceite en b.m.f: } \frac{EE * (100 - \% \text{ Humedad})}{3 \text{ grs MS}}$$

$$\% \text{ de aceite en b.m.s: } \frac{EE * 100}{3 \text{ grs MS}}$$

Donde: EE - Extracto Etéreo, MS - Muestra Seca.

Contenido de humedad: la muestra de oliva molida se pesó en fresco y se llevó a una estufa marca Memmert a una temperatura de 52–58°C hasta llegar a peso constante. Este procedimiento se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile, en el laboratorio de Análisis Foliar. El resultado se expresó en porcentaje de humedad.

Índice de madurez: se estimó a través de la variación de color de 100 frutos, que se clasificaron en ocho clases o categorías según el Cuadro 1.

Cuadro 1. Índice de madurez utilizado en olivos según Beltrán et al. (2004).

Clase 0:	Piel verde intenso
Clase 1:	Piel verde amarillento
Clase 2:	Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto. Inicio envero
Clase 3:	Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto. Final de envero
Clase 4:	Piel negra y pulpa blanca
Clase 5:	Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa
Clase 6:	Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso
Clase 7:	Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso

El índice de madurez (I.M.) (Fórmula 1) es la sumatoria de los productos del número de aceitunas de cada clase por el valor numérico de cada clase, dividido por 100. Por tanto, el índice de madurez puede tomar valores entre 0 y 7 (Beltrán *et al.*, 2004).

Fórmula 1.

$$I.M. = \frac{A \times 0 + B \times 1 + C \times 2 + D \times 3 + E \times 4 + F \times 5 + G \times 6 + H \times 7}{100}$$

Siendo: A, B, C, D, E, F, G, H, el número de frutos de las clases 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, respectivamente.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se realizaron 4 ensayos independientes con dos variedades de olivos (Arbequina y Coratina) en dos suelos contrastantes (arcilla y franco arenoso) bajo condiciones de manejo de riego diferentes, dependiendo tanto de la variedad como del tipo de suelo en el cual se encontraban.

En “Coratina” se montaron tres condiciones de manejo de riego diferentes con seis repeticiones en cada tipo de suelo, y en el caso de “Arbequina” se montaron dos condiciones de manejo de riego diferentes con seis repeticiones en cada tipo de suelo. La unidad experimental fue el árbol. Los árboles de cada condición de manejo de riego se encontraban dentro de la misma hilera, por la dificultad de la implementación del riego en forma individual.

En el caso de Coratina los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y cuando se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se realizó una prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia del 5%. En el caso de la variedad Arbequina los resultados obtenidos se analizaron mediante “t” de “Student” con un nivel de significancia del 5%. En ambos casos utilizando el programa estadístico Infostat versión estudiantil 2008.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización de los suelos

Los resultados de los análisis físicos de suelo, de los distintos sitios involucrados en este experimento, se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clase textural y retención de agua a distintas profundidades para las variedades Arbequina y Coratina en Ovalle. Siendo las texturas A: arcilloso, Aa: arcillo arenoso y Fa: franco arenoso.

Cuartel	Variedad	Profundidad (cm)	Textura (USDA)	Retención de agua (kPa)					
				10	33	100	300	1000	1500
				(% θ)					
4	Arbequina	0-20	A	51,7	44,3	39,0	38,9	37,8	37,1
		21-40	A	47,9	38,2	36,4	35,5	35,2	30,8
		41-60	A	50,0	38,8	38,0	36,5	35,2	29,7
8	Coratina	0-20	A	37,7	29,9	28,9	28,4	27,1	24,5
		21-40	A – Aa	39,5	31,9	29,9	28,8	28,7	22,8
		41-60	Fa	23,9	17,6	13,5	10,8	9,7	9,2
13	Arbequina y Coratina	0-20	Fa	30,2	24,3	17,5	14,2	12,5	12,0
		21-40	Fa	29,1	23,9	17,8	12,9	10,5	10,3
		41-60	A	51,1	38,1	36,3	34,7	33,5	30,5

USDA - United States Department of Agriculture; (θ): contenido volumétrico de agua ($\text{cm}^{-3} \text{ cm}^{-3}$)
Fuente: Laboratorio de Física de Suelo de la Universidad de Chile.

La clase textural de los distintos suelos puede llegar a tener una gran relevancia en las condiciones de estrés de los olivos frente a los distintos tratamientos de riego. Como se observa en el Cuadro 2, los cuarteles 4 y 8, pertenecientes a la Serie San Julián, poseen un suelo arcilloso en sus primeros horizontes, donde se concentra la mayor cantidad de raíces de olivo (Parra *et al.*, 2002); además este suelo presenta baja estabilidad al agua, por lo que se dispersa al humedecerse, perdiendo la funcionalidad del sistema poroso (Cortés, 2011). Al aplicar riego por goteo, el suelo llega a una condición de alta humedad y baja aireación,

la cual se puede observar en el primer horizonte del cuartel 4, donde el diferencial del contenido total de poros del 55% (aprox.)¹ y la retención de agua a 10kPa da como resultado un 3,3% de poros con aire (Cuadro 2), valor que se encuentra por debajo de las necesidades mínimas de los cultivos (12%) (Pagliai y Vignozzi, 2002). Por el contrario, al secarse el suelo este genera una condición de excesiva resistencia mecánica que dificulta la elongación de las raíces (Taylor y Brar, 1991).

Por otro lado, en el cuartel 13, perteneciente a la Serie Limarí, se puede observar un mayor rango de agua aprovechable gracias a la clase textural franco arenosa, la cual permite que un exceso de agua o falta de esta no generen niveles extremos de falta de aire o alta resistencia mecánica (Hillel, 1971). Sin embargo, presenta una discontinuidad textural a los 40 cm de profundidad, lo que podría afectar la continuidad del sistema poroso y la movilidad del agua de riego.

Potencial hídrico xilemático (Ψ_x)

Los resultados de Ψ_x son presentados en las Figuras 3 y 4 para las dos variedades en forma independiente. Los valores de Ψ_x estuvieron claramente relacionados con el aporte de agua, lo que demostró un consistente efecto de los tratamientos de RDC sobre el estado hídrico de los olivos.

Arbequina

La Figura 3 muestra los valores de Ψ_x para la variedad Arbequina establecida en dos tipos suelos, uno de clase textural arcilloso (A) y otro suelo franco arenoso (a). Para ambos suelos los tratamientos con restricciones hídricas fueron los que reflejaron Ψ_x más bajos y estadísticamente mostraron diferencias con sus respectivos testigos (Apéndice I, Cuadro 1).

En las mediciones iniciales, los valores registrados de Ψ_x dan cuenta de dos comportamientos. Uno compuesto por plantas que presentan un rango entre -1 a -2 MPa, pertenecientes a plantas bien regadas (suelo franco arenoso) y un segundo grupo, entre -2 a -3 MPa, que representan árboles con estrés hídrico (suelo arcilloso) (Sellés *et al.*, 2006).

Las primeras mediciones de Ψ_x obtenidas en este ensayo, reflejan que los tratamientos establecidos en el suelo arcilloso (AAT y AA0) presentaron un déficit hídrico, debido probablemente a un criterio de manejo de riego inadecuado, ya que este no fue ajustado a las altas temperaturas presentes en el mes de mayo para la temporada 2009.

¹ Oscar Seguel, Ingeniero Agrónomo Dr., Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Ingeniería y Suelo, 2012, Chile. (Comunicación personal).

A partir de fines de mayo, para todos los tratamientos, la curva comenzó a presentar una pendiente positiva, debido al restablecimiento del riego en aquellos tratamientos con déficit hídrico y a un cambio de las condiciones climáticas marcado por un cambio de estación. Para esa fecha aparecieron las primeras lloviznas otoñales durante las primeras horas de la mañana, junto a una disminución de las temperaturas, lo que provocó a mediados de junio una reducción de la demanda evapotranspirativa, donde los tratamientos con potenciales más negativos llegaron a obtener valores similares a los tratamientos control.

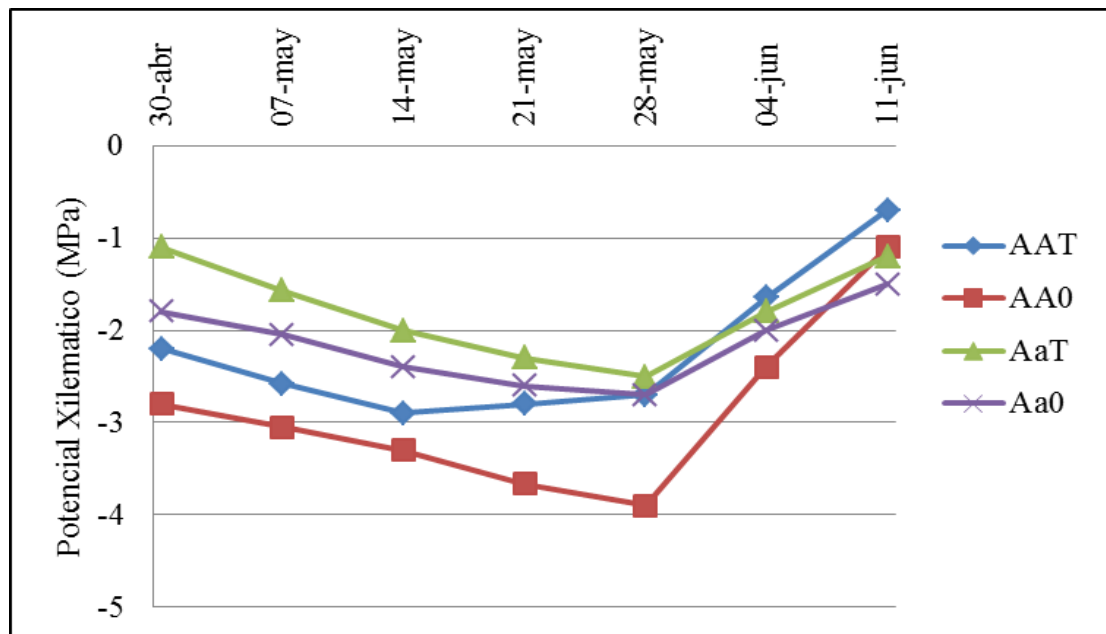


Figura 3. Efecto del riego deficitario controlado sobre el potencial xilemático en la variedad Arbequina (A). Ovalle, Región de Coquimbo, otoño 2009. Clases texturales arcillosa (A), franco arenosa (a) y tratamientos de riego 0% del testigo (0) y testigo (T) hacen referencia a la simbología de la leyenda.

Los primeros valores de Ψ_x registrados en los tratamientos de suelo arcilloso (Figura 3), son más negativos que los del suelo arenoso. Este fenómeno se explica a la gran capacidad de retención del agua por las arcillas, debido a que presentan una mayor superficie específica que provoca una menor energía libre de agua (Jury y Horton, 2004) generando valores de Ψ_x más negativos (Hillel, 1971). Este fenómeno se puede ver con mayor claridad en el tratamiento con corte de riego total en suelo arcilloso (AA0), el cual alcanza el valor de Ψ_x más negativo (-3,9 MPa). Por el contrario, los tratamientos del suelo franco arenoso comenzaron con valores de Ψ_x acorde a plantas bien regadas (-1 a -2 MPa) (Sellés *et al.*, 2006), para llegar a fines de mayo a valores de -2,7 MPa, alcanzando un estrés hídrico que permaneció durante un corto período, para luego recobrar su turgencia.

Coratina

Para el caso de la var. Coratina (Figura 4), se observa que las curvas de Ψ_x en los tratamientos con restricción hídrica, inicialmente presentaron una pendiente negativa para luego a principios de junio, en general, cambiar a una pendiente positiva, donde todos los tratamientos comenzaron a incrementar sus Ψ_x . Los valores al final de la temporada de medición fueron similares a los obtenidos por los tratamientos control, debido a las razones expuestas anteriormente en la var. Arbequina. Resultados similares fueron obtenidos en un estudio realizado por Moriana *et al.* (2003), quienes obtuvieron valores de Ψ_x de -7 MPa en dos de sus tratamientos con déficit hídrico, el primero consistió en la aplicación de un 75 % de la ETc y medio verano sin riego, y el segundo correspondió a secano; ambos tratamientos se recuperaron rápidamente en el otoño, corroborando así la capacidad de resistencia a la sequía de esta especie.

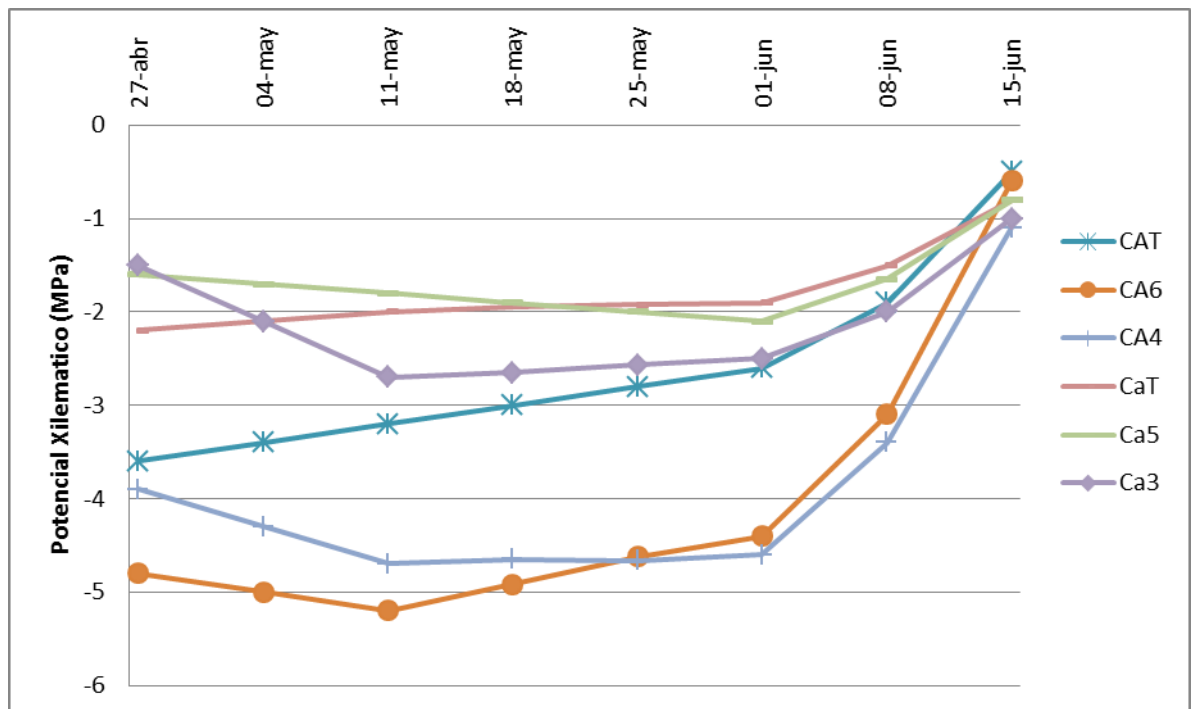


Figura 4. Efecto del riego deficitario controlado sobre el potencial xilemático en la variedad Coratina (C). Ovalle, región de Coquimbo, otoño 2009. Clases texturales arcillosa (A), franco arenosa (a) y tratamientos de riego 30% del testigo (3), 40% del testigo (4), 50% del testigo (5), 60% del testigo (6) y testigo (T) hacen referencia a la simbología de la leyenda.

Los valores de Ψ_x más bajos son los obtenidos en los tratamientos con un 40% (CA4) y 60% (CA6) del riego aplicado en el suelo arcilloso, presentando -4,7 y -5,2 MPa respectivamente. Estos tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al tratamiento control (Apéndice I, Cuadro 2). En general, tanto para la var. Arbequina como para la var. Coratina, los valores de Ψ_x obtenidos en los árboles sometidos

a una restricción hídrica, fueron más negativos, lo cual coincidiría con lo observado por otros autores (Moreno *et al.*, 1996; Fernández *et al.*, 1997).

Se puede inferir que los tratamientos establecidos en el suelo arenoso fueron regados más acorde a las demandas hídricas del olivo, ya que si se compara a igual fecha, el tratamiento más deficitario (Ca3) en el suelo arenoso fue similar al tratamiento testigo del suelo arcilloso (CAT).

Como se señaló anteriormente, los bajos valores de Ψ_x en el suelo arcilloso, en ambas variedades, se debieron en gran medida a una mala programación del riego. El fundo no contaba con instrumentos que le permitiese estimar la demanda de riego, en función de los requerimientos del cultivo, por lo que basaba su programación en un informe de evapotranspiración del año 2008. A pesar de que se hicieron calicatas y estaban conscientes de la problemática del riego, no se realizó ningún cambio en su programación y se continuó con un riego de 60 litros por árbol cada 7 días para el caso del suelo arcilloso, muy por debajo de lo señalado por Orgaz y Fereres, (2004), quienes plantean un riego de 128 litros diarios en los meses de mayor demanda hídrica. Debido al déficit hídrico presente en este suelo, el agua quedaba acumulada en la superficie, presumiendo erróneamente que el riego aplicado era suficiente para satisfacer las demandas del olivo. Sin embargo, debido a la condición de sequía observada en terreno mediante calicatas, este suelo presentaba una escasa porosidad gruesa y el agua no era capaz de distribuirse en el perfil, debido a la baja conductividad hidráulica esperada. Por otra parte la retención de agua en rangos de succiones altos, como se vio reflejado en este caso, se debe a la adsorción, la cual es más influenciada por la textura y la superficie específica del material del suelo que por su estructura (Hillel, 1971).

Dadas estas condiciones, lo más adecuado hubiesen sido riegos largos y con una mayor frecuencia para lograr una infiltración en todo el perfil del suelo, y de esta manera lograr una mayor zona explorable para las raíces.

El olivo, es capaz de mantener un adecuado estado interno de agua durante veranos de sequía severa (Larsen *et al.*, 1989., Lo Gullo y Salleo, 1988). Esta especie tiene la capacidad de limitar las pérdidas de agua a la atmósfera y soportar sustancialmente el déficit de agua interna, que es necesario para maximizar la extracción de agua del suelo. Para esto el olivo cierra gradualmente sus estomas para evitar la pérdida de agua por transpiración (Larsen *et al.*, 1989; Fernández *et al.*, 1997; Moriana *et al.*, 2002; Ahmed *et al.*, 2007; d'Andria *et al.*, 2008). Este cierre de los estomas es en respuesta al secado del suelo, y el olivo es capaz de resistir la excesiva pérdida de agua y prevenir un exceso de caída en el Ψ_x por modelación estomática, ya que posee intrínsecamente una conductividad hidráulica baja, que le permite tolerar valores de potencial hídrico por debajo del punto de pérdida de turgor máximo, con un embolismo xilemático bajo y sólo temporal (Lo Gullo y Salleo, 1988, Chaves *et al.*, 2003, Tognetti *et al.*, 2006, Guerfel *et al.*, 2009). Además el olivo tiene la capacidad de perder por sobre el 40% del agua de los tejidos y con una alta capacidad de rehidratación (Rhizopoli *et al.*, 1991).

Fernández *et al.* (1997) encontraron que árboles regados con un tercio de la ETc, presentaron potenciales hídricos similares a los de plantas bien regadas, lo que podría atribuirse a un adecuado control estomático de la pérdida de agua.

Dada la recuperación del Ψ_x , lo más probable es que a través de esta modulación estomática, las dos variedades de olivos establecidos en ambos suelos, hayan controlado el déficit hídrico presente en el suelo. También se esperaría que en el suelo arcilloso, el cierre estomático se presentara con más notoriedad. Esta información no se obtuvo y queda abierta la inquietud para una próxima investigación donde se pueda relacionar el Ψ_x con la conductancia estomática.

Diámetro de frutos

Las respuestas de los frutos, sometidos a un déficit hídrico, van a depender del período fenológico en el cual se presente y de la carga frutal de ese año. Así, cuando el déficit hídrico se aplica en la primera fase de crecimiento del fruto, puede ocurrir una inducción de la caída de estos y consecuentemente una disminución en la producción de la planta (Lavee *et al.*, 1990, Goldhamer *et al.*, 1994, Ahmed *et al.*, 2007).

El tamaño del fruto es una característica varietal determinada por el número de células, el tamaño de éstas y el volumen de los espacios intercelulares. En una determinada variedad, el tamaño del fruto varía notablemente entre años y entre árboles en función, fundamentalmente, de la carga frutal del árbol y de la disponibilidad de agua durante el crecimiento. En años de alta carga frutal, dada la fuerte competencia que existe entre los frutos por agua y nutrientes, estos son más pequeños que en los años de baja carga frutal (Ferreya *et al.*, 2001; Rallo y Cuevas, 2004).

Arbequina

Para el caso del diámetro polar (Cuadro 3) en los tratamientos con corte de riego total, para ambas series de suelo (AA0 y Aa0), se presentaron valores menores a los de sus correspondientes testigos, siendo el tratamiento con corte de riego completo en suelo arcilloso (AA0), el que presentó los valores más bajos, con 13,50 mm. Por el contrario, el tratamiento testigo en suelo arenoso (AaT) fue el que mostró los valores de diámetro polar más altos, con 16,22 mm, siendo esto concordante con el valor de Ψ_x presentado en la Figura 3, para plantas bien regadas. Con respecto al diámetro ecuatorial se refleja el mismo comportamiento que el descrito en el diámetro polar, donde los tratamientos testigos presentaron los mayores diámetros. Los valores más bajos fueron para aquellos olivos que se encontraban en el suelo arcilloso (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del riego deficitario controlado sobre los diámetros de los frutos y kilogramos (kg) por árbol para la variedad Arbequina al momento de cosecha. Ovalle. Región de Coquimbo 2009.

Suelo	Tratamiento	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Carga frutal (kg)
Arcilloso	AAT	14,31 a	7,31 a	14,02 a
	AA0	13,50 b	5,73 b	11,38 b
Franco Arenoso	AaT	16,22 a	13,72 a	17,73 a
	Aa0	14,16 b	12,18 b	16,43 a

Valores seguidos verticalmente con igual letra para un mismo tipo de suelo no difieren estadísticamente, según el análisis estadístico “t” de “Student” ($P < 0,05$).

Con respecto a la carga frutal el tratamiento AA0 fue el que se vio más afectado, debido a las condiciones de baja disponibilidad de agua para el desarrollo apropiado de los frutos. Por el contrario en el suelo franco arenoso, las cargas frutales no presentaron diferencia estadística.

Coratina

En el caso de Coratina (Cuadro 4), para el suelo arcilloso, el diámetro polar no reflejó diferencias entre sus tratamientos. Por el contrario, el diámetro ecuatorial sí registró diferencias estadísticas. Los tratamientos con restricciones hídricas (CA6 y CA4) presentaron valores más altos que el tratamiento testigo (CAT). Esta diferencia radicaría en que el olivo, como en cualquier otro frutal, está condicionado principalmente por la carga frutal del árbol, existiendo una relación inversa entre el número de frutos por árbol y el tamaño de estos (Rallo y Cuevas, 2004). Es por esto que CAT con una carga frutal de 46,58 kilogramos obtendría frutos de menor tamaño (11,25 mm).

Para el caso de Coratina establecida sobre un suelo franco arenoso, la situación fue distinta, ya que no se obtuvo una diferencia estadística en la carga frutal entre los tratamientos, sin embargo, se presentaron diferencias en los parámetros de tamaño. Para el diámetro polar el tratamiento testigo (CaT) registró el valor más alto (20,16 mm) y para el diámetro ecuatorial el tratamiento más restrictivo (Ca3) fue el que registró el valor más alto, con 13,78 mm.

En ambos ensayos se observó lo señalado por Costagli *et al.* (2003), Gucci *et al.* (2004) y Pastor (2005), quienes experimentaron con olivos tanto en riego como en secano,

obteniendo frutos de menor tamaño en aquellos árboles sometidos a déficit hídrico, debido principalmente a una disminución en el tamaño celular del mesocarpo. En este estudio esta situación se plasmó con mayor notoriedad en aquellos ensayos establecidos en suelos de clase textural arcillosa los cuales registraron valores de diámetro menores a los olivos plantados en la clase textural franco arenosa.

Cuadro 4. Efecto del riego deficitario controlado sobre los diámetros de los frutos y kg por árbol para la variedad Coratina al momento de cosecha. Ovalle. Región de Coquimbo 2009.

Suelo	Tratamiento	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Carga frutal (kg)
Arcilloso	CAT	17,66 a	11,25 b	46,58 a
	CA6	18,18 a	11,83 a	34,10 b
	CA4	20,21 a	11,73 a	35,20 b
Franco Arenoso	CaT	20,16 a	12,55 b	21,01 a
	Ca5	18,81 b	12,44 b	14,45 a
	Ca3	19,37 b	13,78 a	18,94 a

Valores seguidos verticalmente con igual letra para un mismo tipo de suelo no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($P < 0,05$).

Por otra parte Greven *et al.* (2009), observaron una detención en el crecimiento de los frutos una vez que el riego fue cortado por completo, llegando estos a estar muy por debajo del tamaño de los frutos de árboles regados. Sin embargo, una vez que el riego fue restaurado en los árboles sometidos a sequía, el crecimiento de los frutos se reactivó rápidamente, viéndose reflejada esta situación en sus Ψ_x , los cuales cambiaron rápidamente de -4 MPa a -1 MPa en tan sólo dos semanas. Resultados similares se obtuvieron en este ensayo, donde los árboles sometidos a una restricción hídrica presentaron un Ψ_x de -4 MPa para el caso de “Arbequina” y -4,5 MPa para el caso de “Coratina” (Figuras 3 y 4); una vez restablecido el riego (fines de mayo y principios de junio para “Arbequina” y “Coratina” respectivamente) en ambos casos el Ψ_x alcanzó valores de -1 MPa al cabo de dos semanas, obteniendo valores similares a los de árboles regados.

Peso de los frutos

Los Cuadros 5 y 6 muestran el peso promedio de los frutos para ambas variedades a cosecha. En general se puede observar que todos los tratamientos de RDC muestran diferencias estadísticas significativas con respecto a los testigos.

Arbequina

En los tratamientos expuestos a un corte de riego total, los frutos muestran claramente un menor peso en comparación con aquellos tratamientos con riego, para ambos tipos de suelos, debido a la baja disponibilidad de agua (Alegre *et al.*, 2000; Rallo y Cuevas, 2004). Por el contrario el emplear una mayor dosis de agua, en los tratamientos testigos, se tradujo en una mayor capacidad de llenado de los frutos (mayor peso), y en definitiva en una mayor producción (Pastor, 2005) (Cuadro 3).

Cuadro 5. Efecto del riego deficitario controlado sobre el peso de los frutos al momento de cosecha para la variedad Arbequina. Ovale. Región de Coquimbo 2009.

Suelo	Tratamiento	Peso promedio del fruto (g)
Arcilloso	AAT	1,80 a
	AA0	1,35 b
Franco Arenoso	AaT	1,90 a
	Aa0	1,35 b

Valores seguidos verticalmente con igual letra para un mismo tipo de suelo no difieren estadísticamente, según el análisis estadístico “t” de “Student” (P<0,05).

Coratina

Los valores más bajos registrados fueron en el suelo arcilloso, siendo CAT el menor, con 1,55 g por fruto, con diferencias estadísticas significativas en relación a los tratamientos con restricción hídrica. Este resultado era esperable, debido a que este tratamiento presentó la mayor carga frutal, con 46,58 kg/árbol (Cuadro 4). En el caso del suelo arenoso, los

tratamientos difirieron entre ellos, siendo el tratamiento Ca3 (tratamiento con mayor restricción hídrica) aquel que presentó el menor peso del fruto, con 1,85 g (Cuadro 6).

Arbequina, a pesar de estar bajo un estrés severo, presentó valores cercanos al promedio de peso normal (1,5 a 1,9 g) (Tous *et al.*, 1998; ASOLIVA, 2007; RAEA, 2005), no así Coratina, cuyos valores se encontraron muy por debajo del promedio de 4g de peso por fruto para esta variedad (Barranco, 2004).

Cuadro 6. Efecto del riego deficitario controlado sobre el peso de los frutos al momento de cosecha para la variedad Coratina. Ovale. Región de Coquimbo 2009.

Suelo	Tratamiento	Peso promedio del fruto (g)
Arcilloso	CAT	1,55 b
	CA6	1,70 a
	CA4	1,65 a
Franco Arenoso	CaT	2,30 a
	Ca5	2,00 b
	Ca3	1,85 c

Valores seguidos verticalmente con igual letra, para un mismo tipo de suelo, no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($P < 0,05$).

Dadas las notorias diferencias entre estas dos variedades, es que surge como una adecuada explicación lo planteado por Tognetti *et al.* (2006), quienes compararon dos variedades (Leccino y Frantoio) a iguales tratamientos deficitarios (0; 33; 66 y 100% de ETc) obteniendo como resultado un incremento en la producción de un 19% en plantas regadas con un 33% de ETc para la variedad Leccino, mientras que Frantoio no mostró tal tendencia, requiriendo un mayor contenido de agua para alcanzar una mejora significativa en la producción con respecto a los árboles de secano, concluyendo de esta manera que la tolerancia al estrés hídrico varía según el genotipo.

Contenido de aceite

En este estudio, el tratamiento de RDC se realizó durante la tercera fase de crecimiento del fruto, la cual se caracteriza por un crecimiento del fruto que involucra un ensanchamiento de las células del mesocarpo, debido a la biosíntesis del aceite y su acumulación en las células parenquimáticas de la pulpa, cuyos principales constituyentes son el aceite y el agua, existiendo una relación inversa entre sí, por lo que la disponibilidad de agua en esta fase determina el tamaño final del fruto y su contenido de aceite (Beltrán *et al.*, 2005).

El contenido de aceite en el fruto, puede ser expresado en base a materia fresca (b.m.f.) o en base a materia seca (b.m.s.). La diferencia entre los dos tipos de expresiones radica en que el contenido de aceite en b.m.f. fluctúa por variaciones en el contenido de agua en la pulpa, mientras que el contenido de aceite en b.m.s. depende fundamentalmente de un buen secado de la pulpa, ya que cuando este no es finalizado, el agua remanente genera valores erróneos. Esta situación es probablemente la causa de lo ocurrido en esta investigación, ya que tanto para Arbequina como para Coratina, se puede observar un comportamiento irregular en el contenido de aceite en b.m.s, razón por la cual no se realizarán conclusiones sobre estos datos obtenidos, cuyos resultados igualmente se presentan en los Cuadros 7 y 8.

Arbequina

En el suelo arcilloso se obtuvo un mayor contenido de aceite en base a materia fresca (20,25%) y un menor contenido de agua (55%) para el tratamiento sometido a una restricción hídrica completa (Cuadro7).

Cuadro 7. Contenido de aceite en base a materia seca, contenido de aceite en base a materia fresca y contenido de agua para la variedad Arbequina. Ovalle. Región Coquimbo.

Variedad	Suelo	Tratamiento	Contenido de aceite b.m.s (%)	Contenido de aceite b.m.f (%)	Contenido de agua (%)
Arbequina	Arcilloso	AAT	50,18 a	18,47 a	59 b
		AA0	47,83 a	20,25 b	55 a
	Franco	AaT	50,56 a	18,76 a	63 a
		Aa0	55,73 b	19,53 a	65 b

Valores seguidos verticalmente con igual letra para un mismo tipo de suelo no difieren estadísticamente, según el análisis estadístico “t” de “Student” ($P < 0,05$). b.m.s. – En base a materia seca; b.m.f. – En base a materia fresca.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo observado por Alegre *et al.* (1999), quienes trabajaron con tratamientos de riego deficitario de 75, 50 y 25% del riego aplicado al control para la variedad Arbequina, obteniendo como resultado, en el tratamiento más deficitario, un mayor porcentaje de aceite en base a materia fresca (22,5%) que en el tratamiento control (18%), debido a que existe una relación inversa entre el contenido de aceite y contenido de agua. Por otro lado, en el caso del suelo arenoso no se presentó diferencia alguna.

Coratina

En el suelo arcilloso, el tratamiento con déficit hídrico medio (CA6) es el que presentó el mayor contenido de aceite, con 16,42% y un bajo contenido de agua el cual alcanzó un 58,50% (Cuadro 8). Se puede observar en la Figura 4 los valores de Ψ_x , donde efectivamente el tratamiento CA6 es el que alcanzó valores más negativos (-5,2 MPa), validando así el bajo contenido de agua disponible para los frutos. Por otra parte, los autores Michelakis *et al.* (1994) y Ferreyra *et al.* (2001), señalan que el contenido de aceite no parece ser afectado por los regímenes de riego, sino más bien por la carga frutal de los árboles, lo cual explicaría los bajos valores obtenidos por CAT; tratamiento que presentó la mayor carga frutal (46,58 Kg por árbol).

Cuadro 8. Contenido de aceite en base a materia seca, contenido de aceite en base a materia fresca y contenido de agua para la variedad Coratina. Ovalle. Región Coquimbo.

Variedad	Suelo	Tratamiento	Contenido de aceite b.m.s (%)	Contenido de aceite b.m.f (%)	Contenido de agua (%)
Coratina	Arcilloso	CAT	35,20 ab	12,58 a	64,17 b
		CA6	39,16 b	16,42 b	58,50 a
		CA4	32,21 a	14,00 a	57,50 a
	Franco Arenoso	CaT	51,37 b	17,50 a	66,00 b
		Ca5	46,88 ab	17,75 a	62,33 a
		Ca3	45,64 a	17,25 a	62,00 a

Valores seguidos verticalmente con igual letra para un mismo tipo de suelo no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($P < 0,05$). b.m.s. – En base a materia seca; b.m.f. - En base a materia fresca.

Para el caso del suelo arenoso, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto se podría deber a que las necesidades de agua se mantuvieron totalmente

cubiertas a pesar de las restricciones hídricas, por lo tanto no se afectó la acumulación de aceite del fruto (Pastor, 2005). Al comparar los valores de Ψ_x (Figura 4) con los valores del contenido de agua de los frutos (Cuadro 8), se puede observar que los tratamientos que fueron sometidos a restricciones hídricas presentan valores de Ψ_x más negativos. Estos valores se reflejan claramente en el contenido de agua (Cuadro 8), donde el tratamiento sin restricciones hídricas (CAT) presentó el mayor contenido de agua. Por otra parte, los valores de contenido de aceite en general concuerdan con los resultados expuestos por Alegre *et al.* (1999), quienes mencionan la relación inversa existente entre el contenido de aceite y el contenido de agua en los frutos de olivo.

En una investigación realizada por Grattan *et al.* (2006), relacionada con la influencia que tienen diferentes cantidades de agua de riego sobre la producción de aceite de oliva, se encontró que los dos tratamientos que maximizaron la producción fueron los de 70% y 75% de la ETc. Similares resultados fueron obtenidos por Goldhamer *et al.* (1999) y d'Andria *et al.* (2000) quienes además plantearon que la aplicación de RDC en olivos durante la fase crítica de crecimiento (Fase III) no resulta en ninguna disminución significativa en la producción. De igual forma, en esta investigación se observó que en ambas variedades (Arbequina y Coratina) no hubo diferencias estadísticas en el contenido de aceite en base a materia fresca, para aquellos olivos establecidos en el suelo franco arenoso; en cambio para el suelo arcilloso se obtuvo que los tratamientos con déficit hídrico, en general, alcanzaron valores de contenido de aceite mayor que el testigo.

Otros autores demostraron que una cierta restricción hídrica durante el verano podría mejorar el comportamiento de la aceituna en la almazara, así como también, mejorar la calidad organoléptica de los aceites producidos; obteniendo un mayor contenido en polifenoles y un color más verdoso, entre otras características (Salas *et al.*, 1997; Alegre, 2001; Girona, 2001).

Índice de madurez

Un parámetro que puede, en general, indicar la evolución de la maduración del fruto es la variación de color del mismo (Fernández, 1971). Basándose en esta evolución de color, es que Ferreira en el año 1979 creó el índice de madurez que fue aplicado en esta investigación (Beltrán *et al.*, 2004).

Arbequina

Para Arbequina, la mayor diferencia se encontró en el tratamiento AA0 (Cuadro 9), el cual presentó un color de epidermis negra sin color bajo esta (clase 4). En los demás tratamientos el color de epidermis varió entre verde amarillento (clase 1) para AaT y verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto (clase 2) para AAT y Aa0.

Cuadro 9. Índice de madurez para la variedad Arbequina. Ovalle. Región Coquimbo. Otoño 2009.

Variedad	Suelo	Tratamiento	Índice de Madurez
Arbequina	Arcilloso	AAT	2,65 a
		AA0	4,04 b
	Franco Arenoso	AaT	1,52 a
		Aa0	2,70 b

Valores seguidos verticalmente con igual letra para un mismo tipo de suelo no difieren estadísticamente, según el análisis estadístico “t” de “Student” ($P < 0,05$).

El estrés hídrico prolongado, en ambos tipos de suelo, adelantó la coloración (Inglese *et al.*, 1996; Alegre *et al.*, 2002; Faci *et al.*, 2002; Uceda *et al.*, 2004), tal como se puede apreciar en la Figura 5.



Figura 5. Olivos de la var. Arbequina, sometidos a diferentes tratamientos de RDC. Ovalle. Otoño 2009. a) Tratamiento AaT; b) Tratamiento AAT; c) Tratamiento Aa0; d) Tratamiento AA0

Coratina

En el caso de Coratina, se presentó una situación semejante a la anteriormente descrita para la var. Arbequina. Los tratamientos con una mayor restricción hídrica tuvieron valores de coloración más altos, independiente del suelo en el cual se encontraban (Cuadro 10).

Cuadro 10. Índice de madurez para la variedad Arbequina. Ovalle. Región Coquimbo. Otoño 2009.

Variedad	Suelo	Tratamiento	Índice de Madurez
Coratina	Arcilloso	CAT	2,19 a
		CA6	3,49 b
		CA4	3,22 b
	Franco Arenoso	CaT	1,43 a
		Ca5	2,67 b
		Ca3	2,60 b

Valores seguidos verticalmente con igual letra, para un mismo tipo de suelo, no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($P < 0,05$)

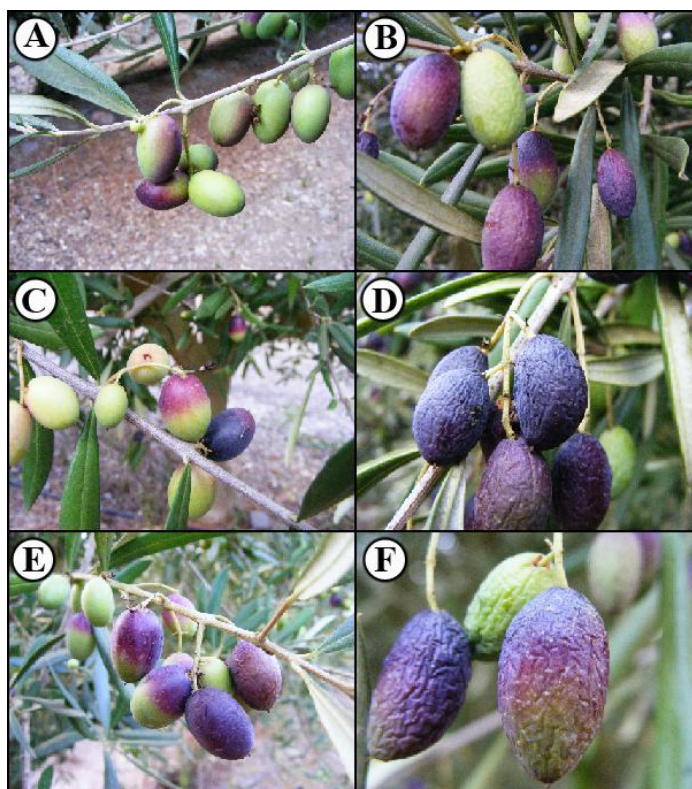


Figura 6. Olivos de la var. Coratina, sometidos a distintos tratamientos de RDC. Ovalle. Otoño 2009. a) Tratamiento CaT; b) Tratamiento CAT; c) Tratamiento Ca5; d) Tratamiento CA6; e) Tratamiento Ca3; f) Tratamiento CA4.

Similares valores presentaron CA6 y CA4, color de epidermis rojiza o morada en más de la mitad del fruto (clase 3). Los tratamientos CAT, Ca5 y Ca3 presentaron epidermis verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto (clase 2). El testigo CaT fue el que presentó el valor más bajo, con un color verde amarillento (clase 1). En la Figura 6 se muestran las diferencias observadas en terreno con respecto al índice de madurez para la variedad Coratina.

En ambas variedades, se presentó un mayor índice de madurez para aquellos tratamientos establecidos en suelo arcilloso, debido a que sufrieron un mayor déficit hídrico en comparación con los árboles encontrados en el suelo arenoso (Figuras 3 y 4).

Además, para ambas variedades se demostró lo señalado por Tognetti *et al.* (2005) quienes afirman que el árbol de olivo, conducido bajo condiciones de suministro de agua limitada, puede adaptarse al estrés hídrico y puede tener una buena respuesta con menos agua. Además, las diferencias entre ambas variedades se pueden deber a que algunos mecanismos fisiológicos no están únicamente relacionados con parámetros medio ambientales, sino que también con las características genéticas de la especie (Ahmed *et al.*, 2007; Villalobos *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

- Es posible realizar reducciones de hasta un 40% del agua de riego en olivos var. Coratina, en la III fase de crecimiento de la aceituna, sin afectar en gran medida la producción y el contenido de aceite.
- El uso de riego deficitario controlado en olivos afecta el crecimiento final del fruto y la acumulación de aceite en el fruto de ambas variedades.
- La clase textural del suelo afecta más las condiciones del olivo que el riego deficitario controlado, reflejándose en todos los parámetros medidos, siendo el más concluyente el potencial hídrico xilemático que refleja el estrés hídrico del árbol.
- Los tratamientos bajo riego deficitario controlado presentan un mayor índice de madurez, siendo posible adelantar la cosecha a través de esta técnica de riego.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Ahmed, C., B. Rouina and M. Boukhris. 2007, jul. Effects of water deficit on olive trees cv. Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Scientia Horticulturae* 113: 267-277.

Alegre, S., J. Girona, J. Marsal, A. Arbonés, M. Mata, D. Montagut and F. Teixido. 1999. Regulated deficit irrigation in olive trees. *Acta Horticulturae* 474: 373-376.

Alegre, S., J. Marsal, M. Mata, A. Arbonés, J. Girona and M.J. Tovar. 2000. Regulated deficit irrigation in olive trees (*Olea europaea* L. cv. Arbequina) for oil production. In: IV International Symposium on Olive Growing 586: 259-262.

Alegre, S. 2001. Efecto de diferentes estrategias de riego deficitario controlado durante la época estival sobre la producción del olivo cv Arbequina. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. 248h.

Alegre, S., J. Marsal, M. Mata, A. Arbonés, J. Girona and M.J. Tovar. 2002. Regulated deficit irrigation in olive trees (*Olea europaea* L. cv. Arbequina) for oil production. *Acta Horticulturae* 586: 259-262.

Alegre, S., J. Girona, A. Arbonés, M. Mata y J. Marsal. s.f. Estrategias de riego deficitario controlado para el riego del olivar. [En línea]. Recuperado en: < <http://mundoagricola.galeon.com/ana/riegosuelos/riego2.htm> >. Consultado el: 7 de Mayo de 2009.

Amos, N., I. Klein and I. Doron. 1995. Stem water potential and apple size. *Journal of the Americas Society for Horticultural Science* 120(4): 577-582.

Arzani, K. and I. Arji. 2000. The effect of water stress and deficit irrigation on young potted olive cv 'local-roghni roodbar'. *Acta Horticulturae* 537: 879-885.

Asociación Española de la Industria y el Comercio Exportador del Aceite de Oliva. (ASOLIVA). 2007. Arbequina. Generalidades y difusión. [En línea]. Recuperado en: < http://www.asoliva.com/menu/frame_espa_v.htm >. Consultado el: 20 de agosto de 2011.

Barranco, D. 2004. Variedades y Patrones. (cap 3, pp. 63- 91). En su: *El cultivo del Olivo*. 5ª ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 799p.

Beltrán, G., M.P. Aguilera, C. Del Río, S. Sánchez y L. Martínez. 2005. Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Food Chemistry* 89: 207-215.

- Beltrán, G., M. Uceda, M. Hermoso, L. Frías. 2004. Maduración. (cap 6, pp. 159- 183). En: Barranco, D., R. Fernández-Escobar y L. Rallo. El cultivo del Olivo. 5ª ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 799p.
- Chaves, M.M, J.P. Moraco and J.S. Pereira. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to whole plant. *Functional Plant Biology* 30: 239-264.
- Chileoliva. 2012. Informe anual del mercado nacional de aceite de oliva. (Inf.), Asociación de productores de aceite de oliva. Santiago, Chile. 27p.
- CIREN. 1990. Atlas agroclimáticos de Chile regiones IV a IX. Publicación N° 87. 67p.
- Cortés, A. 2011. Estabilización física de camellones con paltos vía enmiendas orgánicas/cultivo de cobertura: IV Región de Chile. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrónomicas. Santiago, Chile. 31p.
- Costagli, G., R. Gucci and H.F. Rapoport. 2003. Growth and development of fruits of olive “Frantoio” under irrigated and rainfed conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78:119-124.
- d’Andria, R., G. Morelli, M. Patumi and G. Fontanazza. 2000. Irrigation regime affects yield and oil quality of olive trees. *Acta Horticulturae* 586: 273-276.
- d’ Andria, R., L. Lavini, A. Alvino and R. Tognetti. 2008. Effects of deficit irrigation on water relations of olive trees (*Olea europaea* L. cultivars Frantoio and Leccino). Vth International Symposium on Irrigation of Horticulture Crops. *Acta Horticulturae* 792: 217-223.
- Faci, J., M. Berenguer, J. Espada and S. Gracia. 2002. Effect of variable water irrigation supply in olive (*Olea europaea* L.) cv. Arbequina in Aragon (Spain). Fruit and oil production. *Acta Horticulturae* 586: 341-344.
- Fereres, E. 1984. Variability in adaptative mechanisms to water deficits in annual and perennial crops plants. *Bulletin Société Botanique de France. Actualités Botaniques* 131: 17-32.
- Fereres, E., C. Ruz, J. Castro, J.A. Gomez y M. Pastor. 1996. Recuperación del olivo después de una sequía extrema. *Actas del XIV Congreso Nacional de Riegos*. Almería.
- Fernández, M.J. 1971. The biochemistry of fruits and their products (pp.255-279). En: Hulme . A.C. (ed.). *The Olive*. Academic Press, London, England. 788p.
- Fernández, J.E., F. Moreno, I.F. Giron and O.M. Blozquez. 1997. Stomal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil* 190: 179-192.

- Ferreya, R., G. Sellés y L. Burgos. 1998. Frutales. Riego deficitario controlado. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). Centro Regional de Investigaciones La Platina (Santiago). Serie la platina n°70. 68p.
- Ferreya, R., G. Sellés y I. Sellés. 2001. Riego deficitario controlado en olivos. Estrategias de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales. (Inf. Tec. N°59). INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 48p.
- Girona J. 2001. Strategia di deficit irriguo controllato nell'olivo. En: Gestione dell'acqua e del territorio per un olivicoltura sostenibile. Book of Abstracts of the Corso Internazionale di Aggiornamento Tecnico Scientifico, Naples, 24-28 September 2001, 138-148.
- Girona J, M. Gelly, M. Mata, A. Arbonès, J. Rufat and J. Marsal. 2005. Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. *Agricultural Water Management* 72:97-108.
- Goldhamer, D., J. Dunai, L. Ferguson, S. Lavee and I. Klein. 1994. Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. *Acta Horticulturae* 356: 172-175.
- Goldhamer, D., E. Fereres, M. Mata, J. Girona and M. Cohen. 1999. Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water status monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124: 437-444.
- Grattan, S., M. Berenguer, J. Connell, V. Polito and P. Vossen. 2006. Olive oil production as influenced by different quantities of applied water. *Agricultural water management* 85: 133-140.
- Greven, M., S. Neal, S. Green, B. Dichio and B. Clothier. 2009. The effects of drought on the water use, fruit development and oil yield from young olive trees. *Agricultural Water Management* 96: 1525-1531.
- Gucci, R., S. Gentile, M. Serravalle, F. Tomei and H.F. Rapoport. 2004. The effect of irrigation on fruit development of olive cultivars "Frantoio" and "Leccino". *Acta Horticulturae* 664: 291-295.
- Guerfel, M., O. Baccouri, D. Boujnah, W. Chaïbi and M. Zarrouk. 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relationships, chlorophyll content and leaf structure in two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 119: 257-263.
- Hillel, D. 1971. The state of water in the soil. (cap 3, pp. 49-77). En su: *Soil and Water: Physical principles and processes*. Academic Press, Inc. New York, E.E.U.U. 288p.

- Inglese, P., P. 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: 257-263.
- Jury, W y R. Horton. 2004. *Soil Physics*. Sixth Edition. John Wiley and Sons Inc. Hoboken. New Jersey, USA. 370p.
- Larsen, F.E., S.S. Higgins and A. Alwir. 1989. Diurnal water relations of apple, apricot, grape, olive and peach in an arid environment (Jordan). *Science Horticultural* 39: 211-222.
- Lavee, S., M. Nashef, M. Wodner and H. Harshenesh. 1990. The effect of complementary irrigation added to old olive trees (*Olea europaea* L.) cv Souri of fruit characteristics, yield and oil productions. *Advances in Horticultural Science* 4: 135-138.
- Leva, R. 2003. Riego deficitario controlado en olivos cv. Sevillana. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agonómicas. Santiago, Chile. 72p.
- Lo Gullo, M.A. and Salleo, S. 1988. Different strategies of drought resistance in three mediterranean sclerophyllous trees growing in the same enviroment conditions. *New Phytologist* 108: 267-276.
- Martínez, L. 2000. Disponibilidad de agua para riego. *Revista Tierra Adentro* (septiembre/ octubre): 22-24.
- Meyer, W. and D. Reicosky. 1985. Enclosing leaves for water potencial measurement and its effect on interpreting soil-induced water stress. *Agricultural and Forest Meteorology* 35: 187-192.
- Michelakis, N., E. Vouyoucalou and G. Clapaki. 1994. Plant growth and yield of olive tree cv. Kalamon, to different levels of soil water potential and methods of irrigation. *Acta Horticulturae* 356: 205-214.
- Moreno, F., E. Fernández, B. Clothier and S. Green. 1996. Transpiration and root water uptake by olive trees. *Plant and Soil* 184: 85-96.
- Moriana, A., F.J. Villalobos and E. Fereres. 2002. Stomal and photosynthetic responses of olive (*Olea europaea* L.) leaves to water deficit. *Plant, Cell and Environment* 25: 395-405.
- Moriana, A., F. Orgaz, M. Pastor and E. Fereres. 2003. Yield responses of mature olive orchard to water deficits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128: 425-431.

- Orgaz, F. y E. Fereres. 2004. Riego. (cap 10, pp.321-346). En: Barranco, D., R. Fernández-Escobar y L. Rallo. El cultivo del olivo. 5ª ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 799p.
- Pagliai, M. and N. Vignozzi. 2002. (pt.1, pp.13-38). En: Blahovec, J. and Kutílek, M. Physical Methods in Agriculture: Approach to Precision and Quality. Plenum Publishers, New York, EEUU. 455p.
- Parra, M.A., R. Fernández-Escobar., C. Navarro y O. Arquero. 2002. Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 196p.
- Pastor, M. y F. Orgaz. 1995. Riego deficitario en el Olivar, los programas de recorte de riego en Olivar. Agricultura, revista agropecuaria. Suplemento Mayo. Explosiva 46-52.
- Pastor, M. 1999. Riego en olivar de aceituna de almazara en Andalucía. [En línea]. Vida Rural, N°90. Recuperado en: < <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=183105> >. Consultado el: 5 de Enero de 2011.
- Pastor, M. 2005. Ciclo anual del olivo y sensibilidad al riego deficitario. (cap. 4, pp.61 – 82). En su: Cultivo del olivo con riego localizado. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 783p.
- Pastor, M. y Hidalgo, J. 2005. Programación del riego en olivar con cantidades deficitarias de agua. Vida Rural 208: 42-47.
- Rallo, L y J. Cuevas. 2004. Fructificación y Producción. (cap. 5, pp.125-158). En: Barranco, D., R. Fernández-Escobar y L. Rallo. El cultivo del olivo. 5ª ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 799p.
- Red Andaluza de Experimentación Agraria (RAEA). 2005. Ensayo de variedades de olivos en Jaén. Consejería de Agricultura y Pesca (Junta de Andalucía). 76p.
- Rhizopoi, S., M.S. Meletiou-Christou and S. Diamandoglou. 1991. Water relations for sun and shade leaves of four Mediterranean evergreen sclerophytes. Journal Experimental Botany 42: 627-635.
- Salas, J., M. Pastor, J. Castro y V. Vega. 1997. Influencia del riego sobre la composición y características organolépticas del aceite de oliva. Grasas y Aceites 48: 74-82.

Sellés, G., R. Ferreyra, I. Sellés y G. Lemus. 2006. Efecto de diferentes regímenes de riego sobre la carga frutal, tamaño de fruta y rendimiento del olivo cv. Sevillana. *Agricultura Técnica (Chile)* 66: 48-56.

Scholander, P.F., H.T. Hammel, E.D. Bradstreet and E.A. Hemmingsen. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-346.

Taylor H.M. and G.S. Brar. 1991. Effect of soil compaction on root development. *Soil and Tillage Research* 19: 111-119.

Tognetti, R., R. d'Andria, G. Morelli and A. Alvino. 2005. The effect of deficit irrigation on seasonal variations of plant water use in *Olea europaea* L. *Plant Soil* 273: 139-155.

Tognetti, R., R. d'Andria, A. Lavini and G. Morelli. 2006. The effect to deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea europaea* L. (cvs Frontoio and Leccino). *European Journal of Agronomy*. 25: 356–364.

Tous, J., A. Romero y J. Plana. 1998. Comportamiento agronómico y comercial de cinco variedades de olivo en Tarragona. Departamento de arboricultura Mediterránea. Instituto de investigación y tecnología agroalimentaria (IRTA). [En línea]. España. Recuperado en: http://www.inia.es/gcontrec/pub/09-J.TOUS_1047905576803.pdf. Consultado el: 15 de Octubre de 2011.8

Uceda M., M. Hermoso y M.P. Aguilera. 2004. La calidad del aceite de oliva. 657-684p. *In: Barranco, D., R. Fernández-Escobar y L. Rallo. El cultivo del Olivo. 5ª ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 799p.*

Villalobos, F.J., A. Morian and E. Fereres. 2002. Stomataland photosynthesis responses of olive (*Olea europaea* L.) leaves to water deficits. *Plant, cell and environment* 25:387-395.

APÉNDICE

Cuadro 1. Efecto del riego deficitario controlado sobre el potencial xilemático (Ψ_x) de ramillas de Arbequina. Ovalle. Región Coquimbo. Otoño 2009.

Variedad	Suelo	Tratamiento	Ψ_x (Mpa)
Arbequina	Arcilloso	AAT	2,13 a
		AA0	2,75 b
	Franco arenoso	AaT	1,66 a
		Aa0	2,02 b

Valores seguidos verticalmente con igual letra para un mismo tipo de suelo no difieren estadísticamente, según el análisis estadístico “t” de “Student” ($P < 0,05$).

Cuadro 2. Efecto del riego deficitario controlado sobre el potencial xilemático (Ψ_x) de ramillas de Coratina. Ovalle. Región Coquimbo. Otoño 2009.

Variedad	Suelo	Tratamiento	Ψ_x (Mpa)
Coratina	Arcilloso	CAT	2,41 a
		CA6	3,48 b
		CA4	3,41 b
	Franco arenoso	CaT	1,73 a
		Ca5	1,53 a
		Ca3	1,81 a

Valores seguidos verticalmente con igual letra, para un mismo tipo de suelo, no difieren estadísticamente, según la prueba de comparación múltiple de Tuckey ($P < 0,05$)