



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA, CRI-INTIHUASI

III Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego

Conferencia

“Manejo del riego en Olivos: La experiencia de Chile”

Alfonso Osorio Ulloa
Ingeniero Agrónomo M. Sc., Riego y Drenaje
Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA; aosorio@inia.cl

Mendoza, 10 y 11 de Agosto de 2006

Contenido

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
2 EL RIEGO Y EL OLIVO EN EL MUNDO	1
2.1 Factores que influyen en las necesidades de agua de riego del olivar	3
2.2 Fenología	3
2.3 Efecto del riego sobre producción y calidad	4
2.4 Efecto del déficit hídrico en olivo	6
2.5 Sistemas de riego existentes	7
2.6 Necesidades hídricas del cultivo	8
3 EXPERIENCIA SOBRE MANEJO DEL RIEGO EN CHILE	11
3.1 Situación de la olivicultura en las regiones	12
3.2 Sistemas de riego utilizados en huertos de olivos en Chile	19
3.3 Manejo del agua de riego	20
3.4 Monitoreo de la humedad del suelo y de la condición hídrica de la planta	25
3.5 Trabajos de investigación en riego de olivos realizados en Chile	26
4 AGRADECIMIENTOS	29
5 LITERATURA CITADA	30

1.- INTRODUCCIÓN.

El olivo es una planta que se adapta de mejor forma a las condiciones de sequía, comparativamente a otras especies, producto de una serie de adaptaciones que esta especie posee. No obstante, bajo estas condiciones, aunque el árbol logra sobrevivir, manifiesta un menor crecimiento y una merma o nula producción.

Lo importante, en el caso del olivo y al igual que en otras especies, no es la forma de regar, si no que asegurar que el cultivo reciba en forma oportuna la cantidad de agua que requiere; dado que desde un punto de vista productivo, lo que interesa es lograr sistemas de producción eficaces, eficientes y de mayores ingresos. En este sentido, juega un rol importante la adaptación de técnicas de riego adecuadas, que permitan mejorar la productividad del cultivo, hacer un uso eficiente del recurso hídrico y a su vez obtener productos de calidad.

En este sentido los antecedentes de investigaciones en el mundo y en Chile indican que el efecto del agua es altamente significativo sobre los rendimientos de fruta y sobre la calidad del aceite que se extrae de las olivas. En la actualidad no se concibe la realización de nuevas plantaciones de olivo sin la incorporación de riego, para optimizar su producción, especialmente en aquellas zonas con déficit hídrico.

Este documento contiene una serie de antecedentes sobre la experiencia que se tiene en Chile en el tema del riego del cultivo del olivo, y a su vez se entrega información sobre lo que ocurre a nivel mundial en este tema.

2.- EL RIEGO Y EL OLIVO EN EL MUNDO

A nivel mundial según la FAO (2006), existen 7,4 millones de ha de este cultivo, cifra similar a la registrada en los inicios de la década de los 90, debido básicamente a que en el último quinquenio la superficie cultivada en Europa descendió en 1 millón de ha.

En el contexto internacional, la distribución de la superficie plantada en los distintos continentes es la siguiente: Europa: 47,30%; África: 32,85%; Asia: 18,84%; América: 1%; y Oceanía: 0,01%. En el ámbito productivo, el continente Europeo produce el 72% del total, seguido de Asia, África y América con el 14%, 12% y 2%, de la producción total, respectivamente. Los rendimientos obtenidos a nivel internacional, resultan bajos, registrándose un promedio de alrededor de 2 t/ha/año. En este aspecto, es el continente americano, quien registra los mayores valores en este parámetro (Cuadro 1).

En el caso chileno, la superficie cultivada se ha duplicado en los últimos 15 años. El mayor incremento de superficie ha ocurrido en la III Región, siguiéndole en importancia la IV región y la metropolitana (ODEPA, 2006; y Tapia *et al.*, 2003). Informaciones no oficiales señalan que la superficie plantada en la actualidad se ha triplicado, comparativamente con aquella el año 1990.

Cuadro 1. Algunos Antecedentes productivos del Olivo.

	1990	1996	2000	2005
<i>Superficie cultivada (Miles ha)</i>				
Mundo	7405,79	7976,13	8327,40	7455,05
África	1996,22	2331,29	2270,83	2449,00
América	58,51	60,13	71,73	74,36
Asia		1224,14	1324,55	1404,35
Europa		4360,03	4659,10	3526,34
Oceanía	0,30	0,55	1,20	1,00
Chile	3,40	3,04	5,05	6,90
<i>Producción (Miles t)</i>				
Mundo	9024,96	15377,24	15600,57	14513,18
África	1508,87	3165,45	1613,86	1810,00
América	238,20	291,36	218,97	307,36
Asia		2778,47	3150,79	1994,03
Europa		9141,16	10615,56	10399,99
Oceanía	0,53	0,80	1,40	1,80
Chile	6,50	8,00	15,00	27,00
<i>Rendimiento (t/ha)</i>				
Mundo	1,22	1,93	1,87	1,95
África	0,76	1,36	0,71	0,74
América	4,07	4,85	3,05	4,13
Asia		2,27	2,38	1,42
Europa		2,10	2,28	2,95
Oceanía	1,78	1,45	1,16	1,80
Chile	1,91	2,64	2,97	3,91

Fuente: Adaptado de FAO (2006) y ODEPA (2006).

Además de ello, queda de manifiesto, la mejora que han registrado los sistemas productivos, sobretodo en los últimos cinco años, en donde la producción total y por unidad de superficie se ha incrementado considerablemente. Uno de los factores que ha contribuido a ello ha sido, sin lugar a dudas, el riego; el cual se ha incorporado preferentemente en las nuevas plantaciones.

En grandes zonas del mundo el olivo se desarrolla en áreas de secano, es decir, las plantas solamente se abastecen de agua de lluvia, enfrentando muchas veces prolongados períodos de sequía, lo que afecta severamente la productividad del cultivo.

Como se señalaba anteriormente, el olivo es un árbol, que se adapta a condiciones de sequía; esto debido a la capacidad que tiene de disminuir el potencial hídrico de la hoja, lo que le permite captar agua desde el suelo por debajo del punto de Marchitez Permanente (PMP), esto se debería a:

- El olivo posee un sistema radicular extenso que en terrenos muy arenosos puede alcanzar más de 10 metros de profundidad y un desarrollo horizontal de 2 o 3 veces el radio de la copa.
- Sus hojas son coriáceas y tienen pocos estomas situados en el envés, por lo que no están expuestos a la radiación directa del sol.
- Los estomas están dispuestos en ligeras depresiones, donde se crea un microclima más húmedo, lo que disminuye la transpiración.

No obstante lo anterior, se ha comprobado que la falta de agua si afecta la productividad y que el riego la aumenta considerablemente (Rallo *et al.*, 1998, Nuzo *et al.*, 1997, Androulakis *et al.*, 1997, Proietti y Antognozzi, 1996 y Patumi *et al.*, 1999).

2.1.- Factores que influyen en las necesidades de agua de riego del olivar.

Las necesidades potenciales de agua del cultivo (demanda evaporativa), dependen de la climatología y tipo de suelo de la zona, así como de la reserva de agua disponible a la salida del invierno. Estos parámetros son fijos a la hora de programar el riego. Sin embargo, para dichas características edafoclimáticas, el tipo de olivar (marco de plantación y tamaño de los árboles) influye sobre las necesidades totales, así como la producción media del olivar (infoagro, 2006)

Al aumentar la densidad de plantación, para un determinado volumen de copa por hectárea, aumenta la superficie de suelo cubierta por la copa de los árboles y por lo tanto aumentan las necesidades de agua del cultivo. También aumentará la capacidad productiva de la plantación (infoagro, 2006).

La poda permite regular el tamaño de los olivos, así como la cantidad de hojas o frondosidad de los árboles (índice de área foliar). Podas severas que reduzcan el volumen de la copa o su índice de área foliar permiten reducir las necesidades de agua del olivo al reducir el valor de Ks. Los ahorros de agua pueden ser importantes, del orden del 40%, al reducir el volumen de copa del olivar desde 10.000 a 8.000 m³/ha (infoagro, 2006).

2.2.- Fenología.

Para poder comprender el efecto del riego y de la cantidad de agua sobre el crecimiento y desarrollo del olivo, hay que entender las sucesivas etapas de su esquema vital (Goldhamer *et al.*, 1994).

El olivo es una especie que presenta un ciclo productivo de dos años (Figura 1). Las yemas vegetativas comienzan a brotar en primavera, manifestándose por la aparición de nuevos brotes terminales y ruptura de yemas axilares, las cuales darán lugar a brotes juveniles (madera) o a inflorescencias (racimos), si es que son inducidas.

En el período de un año se observarán dos flujos de crecimiento vegetativo. El primero y más importante ocurre en primavera y puede durar hasta mediados de enero. El segundo flujo de crecimiento puede producirse entre marzo y abril, cuando llueve a comienzos de otoño. El crecimiento de estos últimos brotes se ve muy afectado por la cosecha, ya que los frutos acaparan la mayor parte de los asimilados de la planta, reduciéndose por lo tanto el crecimiento de brotes (Rallo, 1995).

Respecto del crecimiento vegetativo, este presenta dos etapas o períodos de crecimiento: a) inicios de primavera, y b) finales del verano e inicios de otoño.

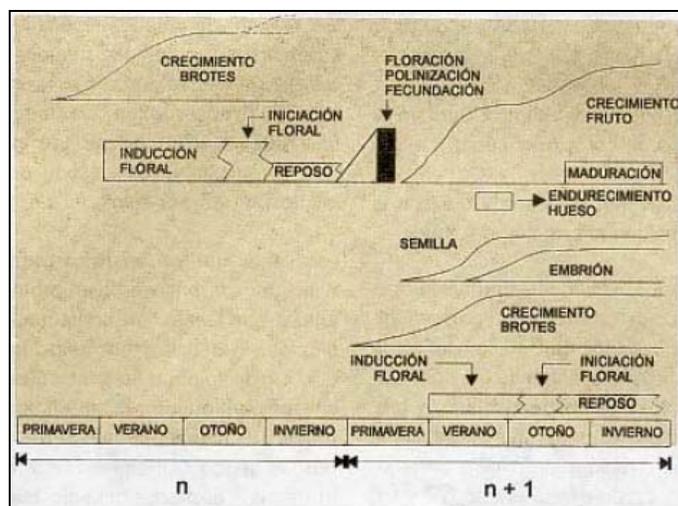


Figura 1. Esquema del ciclo productivo del olivo (Rallo, 1995).

La primera etapa tiene su inicio antes del comienzo de la Fase I del fruto y al mismo tiempo que ocurre el proceso de inflorescencia y floración. Esta dualidad de procesos (reproductivo y vegetativo) favorece la presentación de añerismo, que es la alternancia de años de alta producción (años de carga) con años de baja producción (años de descarga). Esta alternancia es debida en gran medida a una inhibición de la inducción floral (Lavee y Avidan, 1994 y Rallo *et al.*, 1994).

El crecimiento del fruto del olivo, como el de cualquier otra drupa, está caracterizado por una curva de crecimiento de tipo doble sigmoídea (Rallo *et al.*, 1994), y consta de tres etapas:

- a) Fase I: Donde ocurren procesos de división y expansión celular.
- b) Fase II: Endurecimiento del carozo (fines primavera e inicios de verano).
- c) Fase III: Elongación celular y ocurre durante el verano.

2.3.- Efecto del riego sobre producción y calidad

El efecto del riego sobre estos procesos fue estudiado por Proietti y Antognozzi (1996), quienes señalan que el riego, durante la Fase I, afecta positivamente más a la división celular que a la expansión; por otra parte el efecto del riego en la Fase III de crecimiento es descrito por Inglese *et al.*, (1996), quienes señalan que existe un aumento en el tamaño del fruto.

Por otra parte, Goldhamer *et al.* (1994), en una investigación de dos temporadas evaluaron el efecto de distintas cargas de agua sobre el rendimiento del cultivo de olivo; y cuyos resultados se presentan en la Figura 2.

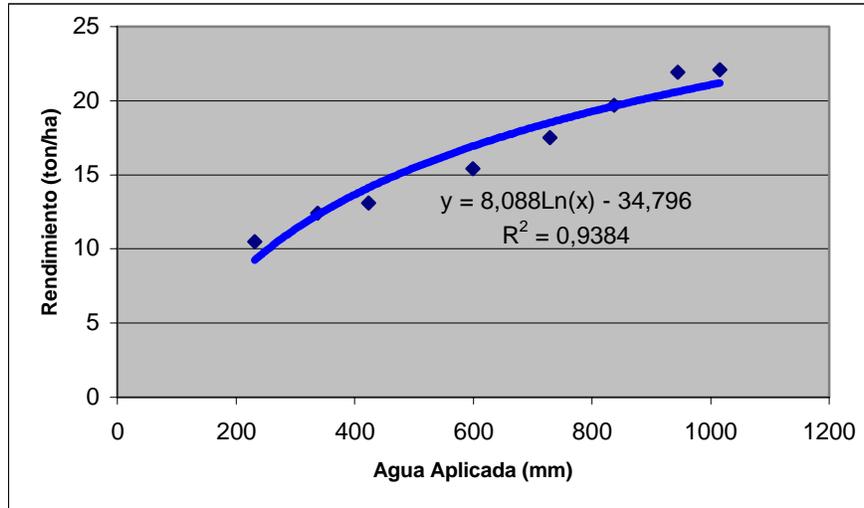


Figura 2. Relación entre agua aplicada y rendimiento en olivo (Goldhamer *et al.*, 1994)

En ella se puede apreciar que el rendimiento aumenta con mayores aplicaciones de agua; pero para cargas sobre 900 mm, el rendimiento tiende a estabilizarse. Por otro lado al comparar agua aplicada y número de frutos por árbol (Figura 3), se puede ver que con cargas de agua superiores a 800 mm, el número de frutos disminuye, pero no es significativo con respecto a aplicaciones sobre 400 mm; pero los valores obtenidos son significativos respecto de las aplicaciones inferiores a 400 mm.

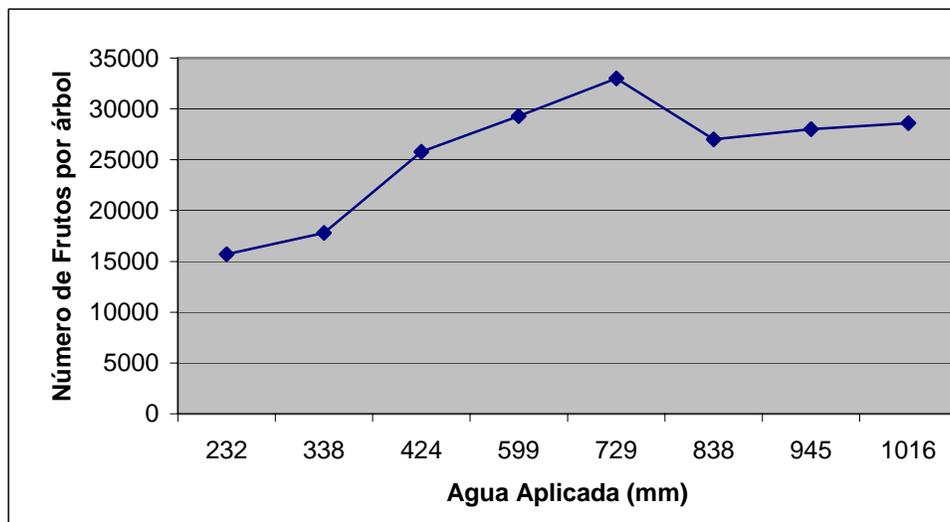


Figura 3. Relación entre agua aplicada y número de frutos en olivo (Goldhamer *et al.*, 1994)

Respecto a ello y en acuerdo con lo anterior, Pastor *et al.*,(1997) señalan que la contribución del riego se ve en el aumento de tamaño de la fruta, la cantidad de frutas y el contenido de aceite. La mejora en el rendimiento se atribuye a un mayor tamaño del árbol y de la superficie de las hojas.

Berenguer y Faci (2006), realizaron una investigación tendiente a determinar el efecto de diferentes cargas de agua sobre la producción total de aceitunas, la producción de aceite por árbol, el rendimiento graso del fruto y los parámetros químicos y sensoriales en los aceites obtenidos, en un olivar variedad Arbequina. Los tratamientos aplicados fueron: T1 sin riego, T2 = 33% de las necesidades netas de riego (NNR), T3 = 66% de NNR y T4 = 100% de NNR. Los principales resultados reportados por estos autores en esta experiencia son:

- La producción de olivas y de aceite por árbol aumentó significativamente con la cantidad de agua aplicada en riego. Se encontró una relación de tipo logarítmica entre la producción de oliva y de aceite, y la cantidad estacional de agua aplicada.
- El riego tuvo un efecto significativo en el contenido de polifenoles, en la estabilidad oxidativa y en la composición de ácidos grasos
- El contenido de polifenoles y la estabilidad oxidativa fueron significativamente mayores en los aceites de secano. Los valores del grado de acidez, peróxidos y esteroides no fueron afectados por el riego
- Se encontró un efecto significativo del riego en los atributos “Amargo”, “Picante”, “Dulce” y “Astringente”. El aceite del tratamiento más regado fue más dulce y menos amargo, picante y astringente que el aceite del resto de los tratamientos
- No se encontró un efecto significativo del riego en el “Frutado” de los aceites. Todos los aceites de los distintos tratamientos de riego fueron catalogados como “Virgen Extra”.

2.4.- Efecto del déficit hídrico en olivo.

En ambientes más secos, el stress hídrico provoca importantes cambios en el esquema de crecimiento de la fruta y en su tamaño, reduce la producción de frutas y el contenido de aceite, aumenta la caída de la fruta y acelera su maduración, pero no afecta el patrón de acumulación de aceite ni las características del mismo.

Un olivar adulto (que cubre más del 60 % de la superficie del marco de plantación) consume aproximadamente de 700 a 1100 mm de agua al año, según se encuentre ubicado en las zonas frescas (costeras) o más calurosas (más alejadas de la costa), como es el caso de la regiones de Atacama y Coquimbo, en Chile.

En el Cuadro 2, adaptado de Barranco *et al.*, (1999), se indican los efectos del déficit hídrico en los diferentes estados o etapas fenológicas del cultivo.

Cuadro 2. Fenología del olivo y efectos causados por déficit hídrico

Época	Estado Fenológico	Efecto déficit Hídrico.
Septiembre	Diferenciación de yemas en flor Desarrollo de yemas de flor Brotación yemas de madera Comienzo crecimiento de brotes	Aumento proporción flores incompletas Aborto ovárico Reducción de crecimiento de los brotes
Octubre- Noviembre	Floración Cuajado de frutos Crecimiento de frutos (aumento número de células) Crecimiento de brotes	Reducción de N° de frutos cuajados Reducción del crecimiento de frutos Reducción del crecimiento de los brotes y aumento de la alternancia de producción
Diciembre-Marzo	Crecimiento de frutos (aumento tamaño de células) Inducción floral	Reducción tamaño frutos Caídas de frutos Reducción permanente de tamaño
Abril-Mayo	Crecimiento de frutos Formación de aceite Crecimiento de los brotes (árboles descarga) Acumulación de reservas	Frutos de pequeño tamaño Baja relación pulpa/hueso Reducción del rendimiento graso Reducción del crecimiento de los brotes Mala calidad de flor en temporada siguiente

No obstante lo anterior, aplicando métodos correctos de riego deficitario regulado o controlado (RDI o RDC)) es posible obtener un rendimiento máximo, reduciendo la cantidad de agua aplicada.

Esta línea de trabajo ha tenido gran desarrollo en el último tiempo, no solamente en olivos, sino que en una serie de frutales; donde se trata de lograr efectos positivos sobre parámetros de producción y calidad de los cultivos.

2.5.- Sistemas de riego existentes

La mayoría de los huertos de olivo de la zona mediterránea no reciben riego artificial. Los que sí lo tienen, emplean métodos como: inundación, surcos, aspersión, mini o micro aspersión, goteo colgante, goteo en superficie y, durante los últimos años, también se ha incorporado riego por goteo subterráneo (neftamin, 2006).

En los huertos con riego por goteo de superficie, se encuentran diferentes metodologías de aplicación. En la mayoría de los casos, se coloca sobre el suelo una tubería por cada hilera de árboles. También es frecuente el uso de dos tuberías con goteros por hilera de plantación.

En algunos huertos, la tubería con goteros se cuelga de los árboles para permitir el paso de la maquinaria en el sentido perpendicular a las hileras de plantación.

En los huertos regados con mini-aspersores, existen instalaciones similares a las utilizadas en riego por goteo, es decir que en algunos casos las tuberías y los mini-aspersores cuelgan de los árboles y en otros, las tuberías están colocadas sobre el suelo o bajo tierra, con uno o dos mini-aspersores por árbol.

Recientemente, se ha notado un incremento en el uso de sistemas de riego por goteo subterráneo.

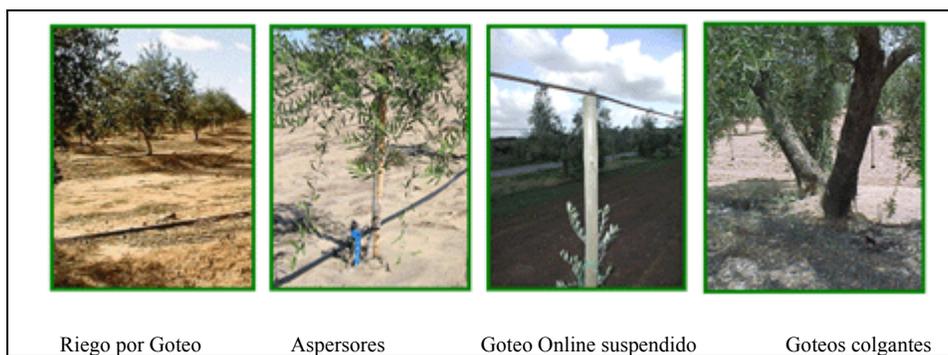


Figura 4. Diferentes sistemas de riego localizado

2.6.- Necesidades hídricas del cultivo

De acuerdo a lo señalado por FAO (1976 y 1998), la determinación de las necesidades hídricas de un cultivo, puede hacerse estimando la Evapotranspiración del Cultivo (ETc), a través de la siguiente relación:

$$ETc = ETo * Kc$$

donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo
ETo = Evapotranspiración de referencia
Kc = Coeficiente de cultivo.

Los valores de ETo se pueden determinar haciendo uso de una Bandeja de Evaporación Clase A, multiplicando los valores que ella entrega por un coeficiente de la bandeja, denominado Kp y que aparece descrito en FAO (1976). Este factor refleja las condiciones de instalación de la bandeja, y las condiciones de humedad relativa y viento existentes en el sector.

En la actualidad y con la ayuda de la tecnología es posible integrar una serie de factores climáticos, obtenidos en una estación meteorológica automática, y calcular la ETo a través de la aplicación de la Ecuación de Penman Monteith, (FAO, 1998). En ella se consideran parámetros como: radiación neta, flujo de calor del suelo, temperatura del aire, velocidad del viento, presión de vapor y algunas constantes. En muchos casos la estación meteorológica entrega directamente los valores de ETo, para diferentes períodos de medición, siendo relativamente sencillo el cálculo de la Evapotranspiración del Cultivo, siempre y cuando se conozca el Coeficiente del Cultivo Kc.

Los factores que influyen en el valor del Coeficiente del Cultivo, Kc, son principalmente las características del cultivo; las fechas de plantación o siembra; el ritmo de desarrollo del cultivo y la duración del período vegetativo; las condiciones climáticas y, especialmente durante la primera fase de crecimiento, la frecuencia de las lluvias o del riego.

En el caso del olivo, el coeficiente Kc no sólo depende del área foliar de la plantación, sino que también de las condiciones climáticas, ya que el árbol cierra estomas cuando la humedad relativa del aire es baja, independientemente, del contenido de agua del suelo. (Infoagro, 2006)

En el Cuadro 3 se presentan valores del coeficiente de cultivo Kc para el olivo en las regiones productoras más importantes del mundo. En el se puede observar que el valor medio de Kc es de 0,60; aunque este valor varía ligeramente en función de la época del año, como se ha comentado anteriormente (Infoagro, 2006)

Cuadro 3. Valores del coeficiente de cultivo Kc para el olivo

Localidad	Kc
Córdoba (España)	0,45-0,65
Creta (Grecia)	0,6-0,75
California (USA)	0,55-0,65
California (USA)	0,75

Fuente: Orgaz y Fereres, (1999).

FAO (1998) entrega valores de Kc iguales a 0,65; 0,70 y 0,70; para condiciones iniciales, de media estación y finales de la estación, respectivamente; y considerando una cobertura del terreno de 40 a 60%. Esta publicación hace referencia a valores obtenidos en España por Pastor y Orgaz (1994), quienes entregan valores mensuales de Kc: 0,5; 0,50; 0,65; 0,60; 0,55; 0,50; 0,45; 0,45; 0,55; 0,60; 0,65 y 0,50; para los meses de enero a diciembre.

Como se puede apreciar, los valores de Kc entregados por los diferentes autores no tienen grandes diferencias; pero es recomendable para efecto de calcular las necesidades hídricas del cultivo, el uso de aquellos valores obtenidos localmente.

Obtenida la ETo y el coeficiente Kc, y para efectos de calcular la cantidad de agua que se necesita aplicar al cultivo, es necesario conocer la eficiencia del sistema de riego empleado (Ef), la que como referencia, oscila entre 30 a 90% para riego por surco y goteo, respectivamente. De esta forma la cantidad de agua a aplicar o demanda bruta el cultivo (DBC), queda definida como se indica en la siguiente relación:

$$DBC = ETC / Ef$$

Por otra parte, en el caso de riego presurizado, estas demandas dependen del porcentaje de área sombreada (As) o también conocido como cobertura del cultivo, que según FAO (1980), puede definirse como sigue:

$$As (\%) = \frac{3.14 * D^2 * N}{400}$$

donde,

D = diámetro de la copa (m).

N = Numero de árboles por ha

400 = constante para transformación de unidades.

Dependiendo del valor As obtenido se define el valor Ks, cuya relación se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores Ks.

Porcentaje de sombreadamiento	Menos 10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Valor Ks	0,12	0,24	0,35	0,47	0,59	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00

Finalmente la Demanda Bruta del Cultivo, en un sistema de riego localizado, queda definida como se expresa en la siguiente relación:

$$DBC = \frac{ETC * Ks}{Ef}$$

Posteriormente, para calcular la frecuencia de riego, junto con considerar la Evapotranspiración del Cultivo, es necesario determinar la capacidad de almacenamiento de agua aprovechable del suelo (ΔHs), que esta determinada por la textura y profundidad del suelo, pedregosidad y profundidad de arraigamiento del cultivo. De esta forma la frecuencia de riego puede determinarse a través de la siguiente expresión:

$$FR = CR \times \frac{\Delta Hs}{ETC}$$

donde,

FR = Frecuencia de riego en días

CR = Fracción de la humedad aprovechable del suelo que se desea reponer

ΔHs = Agua aprovechable almacenada en el suelo en la zona de raíces, en mm.

ETC = Evapotranspiración del cultivo en mm/día.

En el caso de riegos localizados, los valores de CR son relativamente bajos (0,1 a 0,3), considerando que se desea mantener al suelo con un alto porcentaje de humedad aprovechable disponible; siempre y cuando ello no afecte la aireación del suelo y provoque efectos negativos sobre el cultivo.

En el caso de riego superficial, según lo indica FAO (1979), esta fracción de agotamiento puede variar entre 0,4 y 0,875; dependiendo de los valores de ETC máxima correspondiente, entre 10 mm/día y 2 mm/día, respectivamente.

3.- EXPERIENCIA SOBRE MANEJO DEL RIEGO EN CHILE.

La producción olivícola chilena ha evolucionado desde sistemas tradicionales a sistemas modernos y más eficientes. Existen principalmente tres sistemas de producción:

- **Sistema tradicional**, caracterizado por bajas densidades de plantación, con árboles formados en copa o vaso, de lenta formación y llegada al peak y generalmente poco rentables.
- **Sistema intensivo**, que utiliza mayores densidades de plantación, con árboles formados en eje central y copas. Estos sistemas requieren un manejo más intensivo, ya que son más productivos y precoces y en general tienden a ser más rentables.
- **Sistema súper intensivo**, que registra mayores densidades de plantación, con árboles formados en un sistema de seto en eje central, que son muy precoces y permiten, por su tamaño, cosechas mecanizadas con una máquina cosechadora. En este sistema la formación en eje se debe lograr rápidamente de modo de realizar un despunte cuando los árboles alcanzan de 2,2 a 2,5 m de altura, para así tener la mayor cantidad de ramillas flexibles todos los años. Este sistema requiere una mayor atención, ya que se debe controlar la altura y el vigor de las plantas. Las variedades Arbequina, Arbusana y FS-17 pueden manejarse en este sistema. En general, permite obtener mayores rentabilidades. (FIA, 2004)

En Chile, la superficie, establecida con olivos se ha incrementado ostensiblemente en los últimos 15 años, llegando, según cifras oficiales, a estar cercana de las 7.000 hectáreas (Cuadro 1), (ODEPA, 2006). Otras informaciones indican que en la actualidad se estaría muy cerca de las 12.000 hectáreas.

Hasta aproximadamente mediados de la década de los años 90 la superficie cultivada con olivos en Chile se mantuvo prácticamente estancada en alrededor de 3.000 ha, concentradas principalmente en las regiones de Tarapacá (valle de Azapa) y Atacama (valles de Huasco y Copiapó), que concentraban 2/3 de la superficie total y en donde se cultivaban mayoritariamente variedades para aceitunas de mesa.

A partir de mediados de los 90, se inician nuevas plantaciones con variedades aceiteras o doble propósito y orientadas principalmente al mercado de exportación, considerando las buenas condiciones climáticas del país y la posibilidad de abastecer al mercado americano, con ciertas ventajas competitivas; sobre la oferta de España e Italia, principalmente.

Junto a este despertar de la olivicultura nacional, las nuevas plantaciones que se inician incorporan una serie de tecnologías de manejo del cultivo, orientadas a producir buenos rendimientos y buena calidad de aceites. Entre estas tecnologías se incluye el riego, el cual, a esa fecha, era fundamentalmente de tipo superficial: tendido, surcos, tazas y bordes, debido principalmente a problema de costos y rentabilidad del cultivo.

Las nuevas plantaciones incorporan riego por goteo y microaspersión; manteniéndose la incertidumbre del efecto del riego localizado sobre las plantaciones antiguas. Un número reducido de empresarios se arriesgaron a cambiar su método de riego, con un buen resultado productivo.

3.1.- Situación de la olivicultura en las regiones

En la actualidad el panorama de la olivicultura en Chile ha cambiado y el olivo aparece como una alternativa interesante, principalmente para medianos y grandes empresarios que manejan los aspectos agrícola e industrial. Es decir, produce su materia prima (olivas) y el mismo la procesa; generando marcas y nichos de comercialización. Normalmente se apunta a obtener aceites de alta calidad, en la categoría de extra vírgenes.

En el caso de los agricultores pequeños, ha sido difícil lograr la asociatividad de ellos, orientando su producción a aceitunas de mesa, para el consumo nacional. Situación equivalente a la que presentan productores más grandes, pero con plantaciones antiguas; con la diferencia que en dicho caso parte de la producción es exportada.



Figura 5. Mapa de Chile con indicación del área donde existen plantaciones de olivos

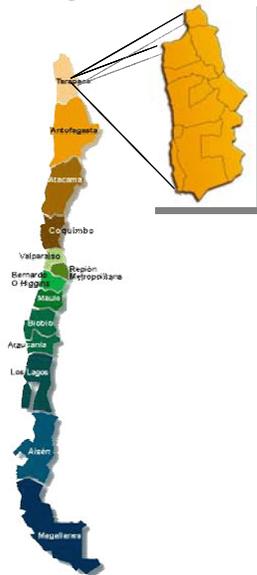
En el Cuadro 5 se entregan antecedentes sobre la superficie regional que se destina al cultivo de olivos, como asimismo se indica el destino de la producción, en cada caso.

Cuadro 5. Superficie (ha) y destino de la producción de Olivos por región.

Región	Fuente de Información	Superficie (ha)	(%)	Destino Producción	
				% A. Mesa	% Aceite
Tarapacá	VI Censo Agropecuario	1.223	17,56%	100	0
Antofagasta	VI Censo Agropecuario	1	0,01%	100	0
Atacama	Catastro Frutícola. 2005	2.404	34,52%	70	30
Coquimbo	Catastro Frutícola 2005	1.232	17,69%	5	95
Valparaíso	Catastro Frutícola 2002	483	6,94%	60	40
Metropolitana	Catastro Frutícola 2004	608	8,73%	40	60
O'Higgins	Catastro Frutícola 2003	584	8,38%	15	85
Maule	Catastro Frutícola 2001	387	5,55%	5	95
Bío – Bio	Catastro Frutícola 2000	40	0,57%	50	50
Araucanía	Catastro Frutícola 2000	4	0,06%	100	0
Total		6.966			

Se puede apreciar que sobre el 50% de la superficie plantada se concentra en tres regiones del norte de Chile; y a su vez se puede ver la incorporación del cultivo en regiones del sur del país.

I Región de Chile



Antecedentes

En el valle de Azapa, ubicado al norte de la I Región o Región de Tarapacá, se desarrolla una agricultura del tipo intensiva, en la cual el olivo, constituye la especie frutal de mayor importancia, predominando la variedad Azapa cv. Sevillana, destinada totalmente a aceituna de mesa, representando alrededor del 90% del olivar de esa zona. En esta región, tradicionalmente el agricultor ha utilizado el método de riego de surco/taza, según lo indica Osorio (1981); quién también reporta volúmenes promedios de agua aplicados por hectárea de 7.000 m³/año, con variación entre 3.300 y 21.300 m³/ha/año, para densidades de 44 a 120 árboles por ha.

Según el VI Censo Agropecuario realizado en el año 1997, esta región tiene una superficie de 1.223 ha establecidas con olivos, representando el 17,56% de la superficie nacional con este cultivo. Cifras más recientes entregadas por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Tarapacá, reportan una superficie de 1.280 ha.

Figura 6. Región de Tarapacá

III Región de Chile



Antecedentes

La región de Atacama, según el Catastro Frutícola realizado el año 2005 posee una superficie de 2.404 ha establecidas con olivos, constituyéndose en la región que mayor superficie posee a nivel nacional (34,52%). El objetivo de producción se orienta en un 70% a la obtención de aceite y en un 30% la producción de aceitunas de mesa. Las variedades utilizadas son Sevillana y Manzanilla.

En general la propiedad en esta región es de tamaño mediano. Los huertos se establecieron entre las décadas del 60 y 70, con un marco de plantación de 10x10 metros. En la actualidad la superficie se ha incrementado levemente, y según información del INIA ésta sería de aproximadamente 2.600 ha; la mitad de las cuales estaría plantada en el valle de Copiapó y la otra mitad en el valle de Huasco; con un 80% y 26.6%, con riego tecnificado, respectivamente.

En el valle de Huasco se concentra un mayor número de agricultores olivareros, con huertos de tamaño mediano a pequeño; a diferencia del valle de Copiapó, donde los huertos son de superficies mayores y tienen menos antigüedad.

Figura 7. Región de Atacama

IV Región de Chile



Antecedentes

La región de Coquimbo, registra una superficie establecida con olivos del orden de 1.232 ha, representando el 18% de la superficie nacional con este cultivo. El destino u orientación productiva de este cultivo es en un 70% a la fabricación de aceite y en un 30% a un sistema mixto de producción, según datos recientes.

En esta región las plantaciones son relativamente nuevas y fueron realizadas con posterioridad al año 1997. El marco de plantación oscila entre 5x2m, hasta 10x10m; concentrándose cerca del límite inferior de este rango.

El tamaño de los huertos es de mediano a grande, y principalmente el propietario de los huertos son empresas que no solamente se dedican al rubro olivos.

Todas las nuevas plantaciones de olivos utilizan riegos tecnificados como goteo y microaspersión, en un 80 a 90% de la superficie plantada. Un porcentaje importante de la superficie plantada corresponde a nuevas áreas de riego, principalmente con suelos de texturas arcillosas y en varios casos corresponden a proyectos localizados sobre la cota de canales de regadío.

Figura 8. Región de Coquimbo

V región de Chile



Antecedentes

De acuerdo a lo señalado por profesionales de esta región, las condiciones agroclimáticas en la V Región de Valparaíso son óptimas principalmente para la producción de Uva de Mesa, Carozos y Nogales; por esta razón, las plantaciones de Olivos han sido una alternativa productiva para los sectores de topografía irregular y con poca disponibilidad de agua. Adicionalmente, los huertos de olivos han estado en manos de pequeños productores con superficies promedios de 2 ha.

Según el último Censo Agropecuario, en la Región existen unas 388 has. De estas, 220 has están en manos de agricultores de subsistencia y pequeños agricultores.

Las principales zonas productivas son: Santa María (202 ha, con las plantaciones más antiguas de la zona); San Felipe (36 ha); Putaendo (13 ha); San Esteban (10 ha); Calle Larga (9 ha); y Panquehue (1 ha).

En los últimos 5 años ha existido gran interés en diversificar la actividad productiva del Valle de Aconcagua.

Actualmente la superficie plantada de Olivos ha aumentado, ocupando suelos de 3 a 5 ha del centro del valle, clasificados como clase I R. Dichas plantaciones están en manos de medianos y grandes agricultores.

Figura 9. Región de Valparaíso

VI región de Chile



Antecedentes

Aunque no es nuevo en la Sexta Región, el cultivo del olivo se expandió notablemente a partir de 1998, en el marco de inversión empresarial privada y otros agricultores agrupados en torno a programas específicos apoyados por INDAP, según información entregada por INIA VI Región.

Los principales huertos de olivos están en manos de pequeños agricultores en la Sexta Región, están disgregados en superficies entre media y tres hectáreas y se ubican en las provincias de Colchagua (Lolol) y Cardenal Caro (La Estrella y Marchigüe).

El pequeño productor de olivo cuenta con variedades de excelente calidad para la agroindustria, tales como “Arbequina”, “Picual”, “Leccino”, “Frantoio” y “Moraiolo” que en conjunto representan el 69% de la superficie explotada; mientras que el resto la destina a la explotación de variedades de aceituna con doble propósito, tales como “Sevillana” y “Manzanilla”. El productor mediano, en tanto, destina un 56% de la superficie a variedades para la agroindustria de aceite (Arbequina, Leccino, Bernea, Liguria y Frantoio) y un 44% a la variedad “Sevillana” para doble propósito. Según el pequeño productor la variedad con mejor proyección para la zona es “Arbequina”, pues la fruta presenta un alto contenido de aceite, es altamente productiva y no ha presentado problemas de adaptación, a diferencias de variedades como Frantoio y Bernea que presentan problemas de añerismo y Manzanilla que es muy sensible al daño por heladas. Los huertos de olivo se encuentran regados por goteo en su gran mayoría. Sin embargo, problemas de diseño de riego determinan que los agricultores incurran en la mala práctica de regar por surcos al menos una vez en la temporada.

Figura 10. Región de O’ Higgins.

VII Región de Chile



Figura 11. Región del Maule.

Antecedentes

De acuerdo a información entregada por INIA VII Región y profesionales de la región, en la VII Región habría alrededor de 2.000 a 2.500 hectáreas plantadas con olivos, en la actualidad. Cifra muy superior a las 129 ha reportadas el año 1997 y a las 387 ha, entregadas por el Catastro Frutícola del año 2001. Las principales zonas de plantación están en Penciahue, Sagrada Familia y Cauquenes.

La producción de los huertos se destina en un 90% para aceite. Alrededor de un 10% corresponde a huertos antiguos que se han recuperado mediante podas, programas de fertilización y riego.

El principal sistema de riego es goteo. Un 40% de la superficie está recién plantada, el 60% restante corresponde a plantaciones que tienen 4 a 5 años en producción.

En el área de Penciahue, en predios de empresarios, en suelos arcillo arenosos, del secano interior, con topografía irregular y pendientes de 8 a 15%, se han establecido plantaciones con riego por goteo y dos laterales por hilera, con 6 emisores por planta.

En Villa Prat (Curicó) el riego por goteo es con un lateral por hilera, con distancia entre emisores de 1 m., en plantaciones de 7 x 6 m. Para programar de riego se utiliza bandeja de evaporación clase A.

VIII Región de Chile



Figura 12. Región del Bio-Bio.

Antecedentes

Según información proporcionada por Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Concepción, en esta región existen 218 ha de olivos en suelos marginales de las zonas de secano, en las comunas de Ranquil, San Carlos y San Nicolás, en propiedades de pequeños agricultores con 5 a 10 ha físicas y con superficies plantadas entre $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ ha por limitaciones de agua de riego, ya que se riegan con aguas de noria o vertiente de bajo caudal (0,3 a 0,5 l/seg).

La producción se destina en su totalidad para aceitunas, ya que en la zona no hay industrias aceiteras, principalmente de las variedades Manzanilla y Sevillana. Por lo tanto, como la mayor parte de la producción pertenece a pequeños agricultores, deberían darle mayor valor agregado a su producto (aceitunas rellenas con morrón, aceitunas al ajo, aceitunas orgánicas).

El sistema de plantación es convencional con marco de plantación es de 6 x 4 a 7 x 6 m, con densidades de 417 a 324 plantas por ha, en camellones con altura de 0,5 a 0,7 m. y 2 m de ancho, con una fertilización base de nitrato de potasio y superfosfato triple en iguales proporciones, aplicando 150 g al hoyo de plantación, además de 30 g de Boro. Los cultivares corresponde a : Manzanilla, Ascolano, Sevillana (aceitunas) y Frantoio (aceite).

En la Universidad de Concepción se han realizado ensayos con plantaciones superintensivas de 4 x 1,5 m en cv. Arbequina (aceite), con densidades de 1.666 pl/ha.

Si bien el olivo es una especie rústica y que se adapta a suelos marginales, éstas no son condiciones adecuadas para una producción comercial.

3.2.- Sistemas de riego utilizados en huertos de olivos en Chile.

En vista de lo expuesto en puntos anteriores, se puede señalar que existirían dos metodologías de riego en los huertos de olivos en Chile. La primera de ellas asociada a huertos de olivos más antiguos, de marco de plantación amplios (12x12m; 10x10m), y que corresponde fundamentalmente a riegos de superficie, como: tendido, bordes, tazas y surcos; y la segunda metodología de riegos tecnificados o localizados, que se empezó a implementar con mayor fuerza a partir de mediados de los años 90.

En general el método de riego por tendido tiene muy poca expresión en la olivicultura y son muy escasos los huertos que lo utilizan; principalmente se utiliza en algunos casos de la III Región, donde puede existir algún problema de salinidad. Antecedentes entregados por CNR-INIA (1995), producto de un proyecto de validación de tecnologías de riego en el valle del Huasco, se determinó que en la tercera sección del río los huertos de olivos eran regados principalmente por métodos superficiales y en la cuarta sección de riego, un 70% de ellos era regado por bordes, un 25% por tendido y sólo un 5% por el método de tazas. En todos estos métodos las eficiencias de riego encontradas fueron bajas, inferiores a 50%. Los caudales que se utilizan superan los 30 l/s, en acequia matriz.

El riego por bordes, donde el agua se hace escurrir entre pretilas a ambos lados de la hilera de plantación, es de amplio uso en huertos del valle de Huasco, en la región de Atacama (Martínez y Tapia, 2002). Se usa principalmente para manejar el problema de la salinidad en la parte baja del valle.

El riego por tazas se utiliza más masivamente en huertos de las regiones de Tarapacá y Atacama, existiendo un mejor control del agua aplicada. En este caso se dan 2 variantes: tazas encadenadas con surcos y tazas con surco lateral que la abastece; como lo señala y describe Osorio (1981). Las tazas son confeccionadas para una capacidad de 1,32 a 9,61 m³ y con dimensiones variables, de acuerdo al desarrollo de los árboles; según lo señala el autor, como resultados de un trabajo desarrollado en el valle de Azapa. Estructuras similares se identifican en Huasco y Cerrillos de Tamaya en la Provincia el Limarí.

Riego por surcos en huertos de olivos, también es poco frecuente su uso, y cuando se utiliza se circunscribe a trazar 1 surco a ambos lados de la hilera de plantación, para abastecer de agua a las plantas.

Los resultados productivos que se alcanzan con estos métodos es de regular a bueno, pero en la mayoría de los casos los árboles manifiestan un menor desarrollo, en relación a otros sistemas, y por ende una menor producción. El volumen de agua requerido para regar por este método es del orden de 900 a 1.400 m³/ha/riego. En una temporada el volumen de agua a aplicar puede oscilar entre 15.000 a 20.000 m³/ha. Parte importante de este volumen se pierde por escurrimiento superficial y percolación profunda (Martínez y Tapia, 2002).

A partir de mediados de los años 90, como se señalaba anteriormente, las nuevas plantaciones, buscando una mayor y mejor eficiencia productiva, se establecieron con sistemas de riego tecnificado, es decir goteo o microaspersión.

En estos métodos de riego la aplicación de agua es totalmente controlada y a diferencia del riego por superficie, en el caso de riego por goteo y microaspersión, el agua es aplicada a lo largo de la hilera de plantación a través de tuberías delgadas que llevan cada cierta distancia un dispositivo, llamado gotero o micro aspersor o micro jet, el cual entrega un cierto volumen de agua en un determinado tiempo. Esto se conoce como caudal de entrega o caudal del emisor y que se expresa normalmente en litros por hora (l/h).

En este caso la aplicación de agua es mucho más uniforme a lo largo de la hilera de plantación, recibiendo todas las plantas la misma cantidad de agua, aproximadamente. Ello trae como beneficio una mayor uniformidad de crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas.

Desde el punto de vista del uso del agua, con este método de riego se logran mejores eficiencias de riego, cercanas al 90% en riego por goteo y superiores a 70% en microaspersión, disminuyéndose las pérdidas por escurrimiento superficial y por percolación profunda si se administran bien los tiempos de riego.

La longitud de estas tuberías con emisores es variable; sin embargo longitudes sobre 150 m, requieren altas presiones a la entrada de la tubería para poder conducir el agua hasta el último emisor con el caudal suficiente y hacer frente a las pérdidas de energía al interior de ella por el roce en sus paredes internas.

Estos métodos de riego son los que mejor se adaptan a los requerimientos del olivo, pues la dosificación del agua de riego permite una adecuada aireación en las raíces, factor que beneficia el desarrollo y productividad de esta especie (Martínez y Tapia, 2002 citando a Fernández *et al.*, 1998).

3.3.- Manejo del agua de riego

En el caso de los métodos de riego por superficie, el agua es aplicada al terreno con una frecuencia variable, dependiendo de la fenología del cultivo, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y la demanda atmosférica. Aspectos que muchas veces no se consideran, dado que la propiedad o el huerto tienen asignado un determinado turno de entrega de agua y el propietario debe ajustar su riego a tales disponibilidades. De esta forma es común encontrar sistemas de riego de este tipo con aplicaciones de agua semanal, quincenal y a veces mensual, en períodos de escasez del recurso.

En el valle de Azapa y según estudio realizado por Osorio (1981), diagnosticando y evaluando la metodología de riego en siete huertos de olivos, encontró que los agricultores utilizaban en promedio una frecuencia de riego de 18 días entre riegos, existiendo una variación de 10 a 30 días, y en algunos casos la humedad del suelo antes de riego era inferior al Porcentaje de Marchitez Permanente (PMP). Por su parte Martínez y Tapia (2002), tomando como referencia datos de CNR-INIA (1995), para distintas condiciones climáticas y tipos de suelo plantean frecuencias de riego de entre 10 y 30 días, para los diferentes meses del año.

En relación a tiempo de riego, en los sistemas de riego superficiales se está sujeto al criterio y experiencia del regador o persona encargada del riego. Siendo el control de esta variable la responsable de las pérdidas por percolación profunda y escurrimiento superficial. Normalmente el regador no respeta los criterios de tiempo de avance, tiempo de corte y tiempo de recesión del agua sobre el suelo; dejándose escurrir el agua luego de llegar a la acequia de fondo por un tiempo mayor del necesario.

En el cuadro 6 se presenta un esquema de programación y control de riego de superficie, para ir registrando los datos utilizados y a su vez ir viendo la humedad remanente y programar el próximo riego en función de la humedad del suelo

Cuadro 6. Programación y control del riego en un sistema de riego superficial en huerto de olivos en el mes de enero.

Día	EB (mm/día)	Kp	ETP (mm/día)	Kc	ETC (mm/día)	Agua Aprovechable (mm)	Agua Remanente en el suelo (mm)	Eficiencia Riego (%)	Agua a aplicar (mm)	Agua a aplicar (m ³ /ha)
1	9,53	0,75	7,15	0,6	4,29	85	80,76	45	189,00	1.890
2	10,21	0,75	7,66	0,6	4,60		76,16			
3	9,31	0,75	6,98	0,6	4,19		71,98			
4	8,37	0,75	6,28	0,6	3,77		68,21			
5	7,44	0,75	5,58	0,6	3,35		64,86			
6	8,11	0,75	6,08	0,6	3,65		61,21			
7	9,08	0,75	6,81	0,6	4,09		57,13			
8	9,92	0,75	7,44	0,6	4,46		52,66			
9	9,36	0,75	7,02	0,6	4,21		48,45			
10	9,79	0,75	7,34	0,6	4,40		44,05			
11	9,64	0,75	7,23	0,6	4,34		39,71			
12	9,45	0,75	7,09	0,6	4,25		35,45			
13	9,11	0,75	6,83	0,6	4,10		31,36			-
14	7,91	0,75	5,93	0,6	3,56		27,80			
15	9,15	0,75	6,86	0,6	4,12		23,68			
16	9,71	0,75	7,28	0,6	4,37		19,31			
17	8,89	0,75	6,67	0,6	4,00		15,31			
18	8,53	0,75	6,4	0,6	3,84		11,47			
19	8,52	0,75	6,39	0,6	3,83		7,64			
20	9,04	0,75	6,78	0,6	4,07	85	3,57	45	180,96	1809,6
21	8,57	0,75	6,43	0,6	3,86		81,14			
22	9,20	0,75	6,9	0,6	4,14		77,00			
23	9,19	0,75	6,89	0,6	4,13		72,87			
24	8,84	0,75	6,63	0,6	3,98		68,89			
25	9,73	0,75	7,3	0,6	4,38		64,51			
26	9,68	0,75	7,26	0,6	4,36		60,15			
27	8,41	0,75	6,31	0,6	3,79		56,37			
28	9,27	0,75	6,95	0,6	4,17		52,20			
29	8,52	0,75	6,39	0,6	3,83		48,36			
30	8,61	0,75	6,46	0,6	3,88		44,49			
31	7,97	0,75	5,98	0,6	3,59		40,90			

Del Cuadro 6 se desprende que el primer día del mes se repone toda el agua aprovechable. Se aplica el primer riego, utilizándose 1.890 m³/ha, para humedecer una profundidad de 1 metro de suelo. El día 20 quedan en el suelo solamente 3,57 mm de agua aprovechable, por

lo tanto se decide dar el segundo riego con un volumen de 1.809,6 m³/ha, que resulta de restar 85 mm menos 3,57 mm y esta diferencia afectarla por la eficiencia de riego y transformando los valores a m³/ha.

En los riegos tecnificados como goteo y microaspersión la situación es totalmente diferente. En este caso el regador u operador tiene un control total sobre el funcionamiento del equipo, debiendo basarse en criterios técnicos para su operación, en cuanto a frecuencia y tiempo de riego. Normalmente se utiliza una frecuencia de riego diaria, sobre la base de reponer diariamente las demandas de agua del cultivo, tomando como base los registros de una Bandeja de Evaporación (Figura 13) o de una Estación Meteorológica Automática (Figura 14). Al respecto, en el valle del Limarí, Región de Coquimbo, se está implementando un proyecto de apoyo a los regantes vía INTERNET, que toma como base la red de estaciones meteorológicas del área (Osorio y Alvarez, 2006) (Figura 15).



Figura 13. Bandeja de Evaporación Clase A (USWB).

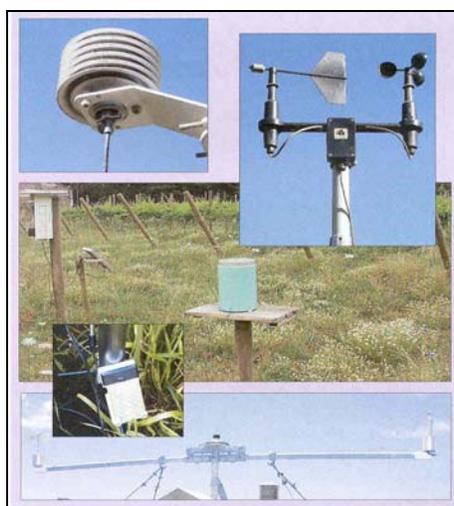


Figura 14. Estación Meteorológica Automática



Figura 15. Concepción general del Sistema Interactivo de Apoyo al Riego, en la Provincia del Limarí, Región de Coquimbo, CHILE

Obtenida la información de la Evaporación de Bandeja (EB) o directamente ETo de la Estación Meteorológica Automática, se calcula el Tiempo de Riego Diario, según se indica en el ejemplo del Cuadro 7, haciendo uso de los criterios y relaciones indicadas en capítulo anterior.

Cuadro 7. Demanda máxima de agua y tiempo de riego del cultivo de olivos, regado por goteo y microaspersión (Ejemplo)

PARAMETROS	Olivos Goteo	Olivos Microaspersión
ETo (mm/mes) CNR Diciembre	214	214
Número de días del mes	31	31
ETo (mm/día)	6,90	6,90
Kc	0,6	0,6
ETC(mm/día)	4,14	4,14
PC (%)	75	75
MP(m*m)	8*6	8*6
AU(m2)	48	48
Ea (%)	90	85
D.N.C.(lt/pta./día)	149,11	149,11
D.B.C.(lt/pta./día)	165,68	175,42
Espaciamiento de emisores (m)	1	3
Número de laterales por hilera	2	1
Nº de emisores/planta	12	2
Caudal del emisor (lt/hr)	4	23
Caudal por planta (lt/hr)	48	46
T.R. cada sector (hr/día)	3,45	3,81

En el Cuadro 7 se presentan los datos de cálculo del tiempo máximo de riego para las condiciones dadas; sin embargo, el control del sistema implica una preocupación permanente, en el sentido de programar la frecuencia y tiempos de riego.

En el Cuadro 8 se presenta a modo de ejemplo un esquema de programación y control de riego, sobre la base de cálculo semanal del Tiempo de Riego Diario. Es una opción, el operador puede definir otro criterio.

Cuadro 8. Programación y control del riego diario en un sistema de riego localizado en huerto de olivos

Día	EB (mm/día)	Kp	ETP (mm/día)	Kc	ETC (mm/día)	Promedio de la semana (mm)	Eficiencia Riego (%)	Volumen de agua a aplicar por planta (l/día)	Caudal por planta (l/hora)	Tiempo de Riego Diario (horas)
1	9,53	0,75	7,15	0,6	4,29	3,99				
2	10,21	0,75	7,66	0,6	4,59					
3	9,31	0,75	6,98	0,6	4,19					
4	8,37	0,75	6,28	0,6	3,77					
5	7,44	0,75	5,58	0,6	3,35					
6	8,11	0,75	6,08	0,6	3,65					
7	9,08	0,75	6,81	0,6	4,09					
8	9,92	0,75	7,44	0,6	4,46	4,19	90	160	48	3,33
9	9,36	0,75	7,02	0,6	4,21		90	160	48	3,33
10	9,79	0,75	7,34	0,6	4,41		90	160	48	3,33
11	9,64	0,75	7,23	0,6	4,34		90	160	48	3,33
12	9,45	0,75	7,09	0,6	4,25		90	160	48	3,33
13	9,11	0,75	6,83	0,6	4,10		90	160	48	3,33
14	7,91	0,75	5,93	0,6	3,56		90	160	48	3,33
15	9,15	0,75	6,86	0,6	4,12	90	168	48	3,49	
16	9,71	0,75	7,28	0,6	4,37	90	168	48	3,49	
17	8,89	0,75	6,67	0,6	4,00	90	168	48	3,49	
18	8,53	0,75	6,40	0,6	3,84	90	168	48	3,49	
19	8,52	0,75	6,39	0,6	3,83	90	168	48	3,49	
20	9,04	0,75	6,78	0,6	4,07	90	168	48	3,49	
21	8,57	0,75	6,43	0,6	3,86	90	168	48	3,49	
22	9,2	0,75	6,90	0,6	4,14					
23	9,19	0,75	6,89	0,6	4,14					
24	8,84	0,75	6,63	0,6	3,98					
25	9,73	0,75	7,30	0,6	4,38					
26	9,68	0,75	7,26	0,6	4,36					
27	8,41	0,75	6,31	0,6	3,78					
28	9,27	0,75	6,95	0,6	4,17					
29	8,52	0,75	6,39	0,6	3,83					
30	8,61	0,75	6,46	0,6	3,87					
31	7,97	0,75	5,98	0,6	3,59					

3.4.-Monitoreo de la humedad del suelo y de la condición hídrica de la planta.

Definidas las demandas de agua del cultivo, en este caso olivo, y el tiempo de riego que se debe utilizar para suplir dicha demanda, es muy importante establecer una rutina de mediciones o monitoreo de la humedad del suelo y de las condiciones hídricas del cultivo.

Para ello existen varios métodos que permiten formarse una idea de la situación del riego, como por ejemplo:

- **Monitoreo de la Humedad del Suelo**
 1. Determinación de la humedad del suelo al tacto.
 2. Muestreo de humedad con barreno y determinación del % de humedad en laboratorio
 3. Utilización de sensores de humedad de distinto tipo (tensiómetros, bloques de yeso, sensores eléctricos, etc.)

- **Monitoreo de la condición hídrica de la planta**
 1. Sensores de temperatura de la hoja
 2. Dendrómetros para evaluar variación crecimiento tronco
 3. Determinación del potencial xilemático de la hoja
 4. Sensores de crecimiento de fruto
 5. Otros.

A continuación, en forma gráfica, se presentan algunas fotos de algunos métodos indicados anteriormente.



Watermark



Tensiómetro



Diviner



Bomba Scholander

Figura 16. Algunos equipos de monitoreo del riego.

3.5.- Trabajos de investigación en riego de olivos realizados en Chile.

En realidad la investigación en riego en esta especie frutal es escasa en Chile, principalmente porque se trataba de un rubro poco relevante desde el punto de vista de la superficie cultivada y de su rentabilidad; siendo, al igual que en otros países, un cultivo marginal, que normalmente aparecía en los censos y catastros agropecuarios dentro del grupo de “otros frutales” y además estuvo focalizado en un grupo reducido de agricultores.

Con el tiempo esto ha ido cambiando y en la segunda mitad de la década de los años 90, se inicia un resurgimiento del cultivo, requiriéndose mayor información sobre el comportamiento de la especie frente a distintas condiciones de manejo del agua de riego, y su efecto sobre la productividad y calidad del producto elaborado, aceite.

En términos cronológicos es importante destacar los trabajos desarrollados y resultados obtenidos por varios investigadores en el tiempo, como se indica a continuación:

Osorio (1981), efectuó un diagnóstico de las metodologías de riego superficiales en olivos en el valle de Azapa, en la Región de Tarapacá, caracterizando los sistemas de riego en siete huertos del valle; algunos de cuyos resultados se indicaron en puntos anteriores. En términos de agua aplicada al cultivo, se registraron valores entre 1.800 a 21.296 m³/ha al año; evidenciando los árboles condiciones de estrés hídrico en aquellos casos de baja tasa de aplicación de agua.

En el período 1993–1995 el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, con financiamiento de la Comisión Nacional de Riego, llevó a cabo en el valle de Huasco, Región de Atacama, el proyecto “Validación de tecnología de riego en el valle de Huasco, Provincia de Huasco, III Región”, cuyo informe final (CNR – INIA (1995), contiene importante información sobre el riego en olivos en el valle. En el Cuadro 9 se entregan los resultados de Evapotranspiración del Olivos, para tres condiciones agroclimáticas, desde la zona costera hasta unos 50 km hacia el interior del valle; área donde se concentra en mayor cantidad las plantaciones de olivos. Los valores fueron obtenidos a partir de registros de Bandeja de Evaporación y uso de valores de Kc, sugeridos por FAO (1976).

Cuadro 9. Evapotranspiración de olivos, para tres distritos Agroclimáticos en el valle del Huasco.

Mes	Distrito I			Distrito I		Distrito III	
	EB (mm)	ETc (mm)		EB (mm)	ETc (mm)	EB (mm)	ETc (mm)
E	160	46,8		226	71,2	293	85,7
F	135	39,5		204	64,3	233	68,2
M	132	38,6		174	54,8	208	60,8
A	116	45,2		108	45,4	138	53,8
M	105	34,1		84	29,4	118	38,4
J	96	31,2		60	21,0	127	41,3
J	100	32,5		71	24,9	128	41,6
A	106	34,5		118	41,3	197	64,0
S	116	45,2		156	65,5	171	66,7
O	131	42,6		161	56,4	227	73,8
N	139	45,2		180	63,0	253	82,2
D	154	50,1		201	70,4	278	90,4
Total	1.490	485,4		1.743	607,3	2.371	766,8

Se puede apreciar en el Cuadro 9, que dependiendo del distrito agroclimático, los valores de ETc, expresados en volumen, varían entre 4.854 y 7.668 m³/ha/año. Posteriormente, Martínez y Tapia (2002), tomando como referencia la información del proyecto, determinan otros indicadores de riego, como se ha señalado en puntos precedentes, como por ejemplo, entregan una adaptación de los coeficientes de cultivo Kc, en función de la fenología de la planta, como se indica en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Coeficiente de cultivo Kc para el olivo de acuerdo al estado fonológico

Periodo fonológico	Kc
Receso Invernal	0,40 -0,55
Floración	0,50
Brotación	0,65
Engorda fruto	0,60
Cosecha	0,60

Como regla general, podría decirse que un Kc de 0,4 sería óptimo al comenzar el período de riego primaveral, mientras que un Kc de 0,55 o 0,6 sería apropiado para la etapa de alto consumo de agua. En esta misma línea, Martínez y Tapia (2002), entregan información sobre manejo del Riego en Olivos, considerando las condiciones climáticas de las regiones de Atacama y Coquimbo.

En la VIII Región del país se realizó una investigación para evaluar el efecto de la frecuencia de riego en el crecimiento vegetativo del Olivo de segunda hoja, bajo riego por goteo en un suelo de textura franco arcillosa. Los resultados reportados por García (2004) señalan que en suelos de textura franco arcillosa es posible utilizar frecuencias de riego de 1, 4 y 7 días, basadas en la evaporación del periodo anterior, con resultados similares. La aplicación de agua mediante sistema de goteo con menor frecuencia genera bulbos húmedos de mayor tamaño, lo que favorece el desarrollo radicular. En relación con los parámetros vegetativos, sólo la altura de la planta y el área foliar mostraron diferencias significativas, para el primer caso, las frecuencias de reposición cada 4 días reportan mayores valores, en cambio para el área foliar la reposición diaria registro los mayores valores en los tratamientos extremos (reposición diaria y semanal).

Recientemente, Selles *et al.*, (2006) realizaron una investigación tendiente a determinar el efecto de diferentes regímenes de riego deficitario controlado (RDC), aplicados durante la Fase III de crecimiento del fruto, sobre la carga frutal, el tamaño del fruto a la cosecha y la producción final, en el olivo cv. Sevillana. Para ello establecieron cuatro regímenes de riego: un testigo (T1) que consistió en reponer en su totalidad (100%) la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada. Dos regímenes deficitarios (T2 y T3) basados en la restricción del volumen de agua aplicada durante la Fase III de crecimiento del fruto (principio de febrero a mediados de abril). En T2 se aplicó un 40% de la ETc durante este período y en T3 un 25% de la ETc. El cuarto tratamiento (T4) consistió en aplicar un 60% de la ETc durante toda la temporada. Los resultados se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Efecto de los tratamientos de riego sobre la carga frutal, peso de fruto y producción total del olivo.

	Carga Frutal (Frutos/árbol)			Peso Fruto (g/fruto)			Rendimiento (kg/ha)		
	1998-1999	1999-2000	2001-2002	1998-1999	1999-2000	2001-2002	1998-1999	1999-2000	2001-2002
Trat.	Descarga	Carga	Descarga	Descarga	Carga	Descarga	Descarga	Carga	Descarga
T1	930,0 a	19.370 a	1.130,0 a	8,98 a	3,70 a	7,75 a	3.320 a	28.720 a	2.920 a
T2	560,0 a	18.060 a	1.000,0 a	7,60 b	3,84 a	7,08 b	1.720 a	27.720 a	2.920 a
T3	660,0 a	19.730 a	1.120,0 a	7,16 c	3,35 b	6,72 c	1.880 a	26.440 a	2.520 a
T4	1170,0 a	15.920 b	1.130,0 a	6,93 c	3,82 a	6,98 bc	3.240 a	24.320 a	3.080 a

Los resultados indican que déficit hídrico durante la Fase III de crecimiento de frutos no afecta la carga frutal. Sin embargo, restricciones hídricas severas durante esta fase (aplicación del 25% de la ETc) afectan el peso final del fruto, tanto en años de baja como de alta carga. Por otra parte, restricciones moderadas (aplicación del 40% de la ETc), sólo afectan el peso en años de baja carga.

Déficit hídricos (reducción del riego al 60% de la ETc) durante toda la temporada, producen una fuerte disminución del número de frutos en los años de alta carga, la que parece tener su origen en el déficit hídrico que se produce en primavera y principio de verano de la temporada anterior. Futuras investigaciones en este sentido son necesarias para determinar su origen. De los tratamientos evaluados se desprende que la mejor estrategia de riego deficitario controlado parece ser la reducción moderada (aplicación del 40% de la ETc) del riego en la Fase III de crecimiento del fruto.

En este mismo contexto una investigación realizada por Fichet y Haberland (2006), quienes sometieron a un huerto de olivos de 6 años de edad de la variedad Leccino a riego deficitario controlado (RDC). Para ello restringieron el riego en las etapas finales de desarrollo del cultivo (pinta a maduración) que correspondió a los meses de marzo a mediados de abril, aplicando la mitad de agua aplicada, para lo cual alteraron la frecuencia de riego o el tiempo de riego respecto del testigo. Los resultados obtenidos señalan que las olivas sometidas a RDC, presentaron un 8% menos de humedad (50 v/s 58%) que las olivas obtenidas de árboles regados normalmente. Esta reducción en el contenido de humedad facilita el proceso de extracción de aceite y aumenta el rendimiento final por ha, a pesar que se obtienen frutos de menor tamaño, pero de mejor calidad. De hecho este ensayo concluyó que la producción de aceite de árboles regados normalmente produjeron 1.880 l/ha y los sometidos a RDC, 2.300 l/ha.

Otra de las recomendaciones de estos autores, en base a esta experiencia, es que la restricción hídrica debe aplicarse a partir del estado de tinta en adelante, ya que si se procede antes de esa etapa, todos los procesos fisiológicos se verán afectados.

4.- AGRADECIMIENTOS

El Autor de este documento desea expresar su agradecimiento a las diferentes personas que proporcionaron información actualizada sobre el tema.

- Sr. Eugenio Doussoulin E. Ingeniero Agrónomo, M. Sc., Decano de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Tarapacá, Arica, I Región de Tarapacá.
- Sr. Patricio Olivares, Tecnico Agronomo, INIA Huasco, III Región deAtacama.
- Sr Luis Leris Tecnico Agricola, INIA Limarí, IV Región de Coquimbo.
- Sr. Raúl Ferreyra, M. Sc., INIA La Cruz. V Región de Valparaíso
- Sr. Rodrigo Ahumada, Ingeniero Agrónomo y Asesor Privado en Riego, V Región de Valparaíso.
- Sr. Gabriel Sellés, Ingeniero Agrónomo, Dr. INIA La Platina. Region Metropolitana.
- Sr. Alejandro Antunez, Ingeniero Agrónomo Ph. D. (c), INIA Rayentue, VI Región del Libertador Bernardo O´ Higgins.
- Sr. Edmundo Varas, Ingeniero Agrónomo, INIA Raihuen, VII Región del Maule.
- Sr. José Carreño, Ingeniero Agrónomo y Asesor Privado, VII Región del Maule.
- Sr. Celerino Quezada, Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillan, VIII Región del Bio-Bio.
- Sr. Cornelio Contreras, Ingeniero Agrónomo, INIA Intihuasi, La Serena, IV Región de Coquimbo.

5.- LITERATURA CITADA

Androulakis, I., M. Loupassaki, and W. Schwabe. 1997. The content of mineral elements in the leaves of the olive cv. Koroneiki in relation to irrigation and the time of sampling. *Acta Hort.* 49:401-409.

Barranco, D., R. Fernández y L. Rallo. 1999. *Cultivo del olivo*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 701 pp.

Berenguer Merelo, M^a. J. Faci González, J. M^a. Efecto del riego en la producción y calidad del aceite de CV. Arbequina. Unidad de Suelos y Riegos, Servicio de Investigación Agroalimentaria, DGA. Laboratorio Asociado de Agronomía y Medio Ambiente (DGA-CSIC). Gracia Gómez, M^a. S. Laboratorio Agroambiental, DGA. Espada Carbó, J. L. Centro de Técnicas Agrarias, DGA. Disponible en www.rincondelolivo.com. Leído Julio 2006.

CNR–INIA.1995. Informe Final: Proyecto “Validación de tecnología de riego en el valle de Huasco, Provincia de Huasco, III Región”. Comisión Nacional de Riego, CNR, e Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Vallenar, Chile. 221p y anexos

Fichet, T. Y Haberland, J. 2006. Olivos: Riego deficitario controlado mejora la extracción de aceite. *Agroeconomico* N°93 Junio.p 29-30

Food an Agricultural Organization of de Nation United.. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje N° 24. Roma. 194p.

Food an Agricultural Organization of de Nation United.. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje N° 33. Roma. 212p.

Food an Agricultural Organization of de Nation United.. 1980. Localized irrigation. FAO Irrigation and drainage paper N° 36.

Food an Agricultural Organization of de Nation United..1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irigation an drainage paper N° 56. 300p

Food an Agricultural Organization of de Nation United. 2006. Stadistical database .USA. Disponible en www.Fao.org. Leído Julio del 2006.

Fundación para la Innovacion Agraria (FIA). 2004. Factores agronómicos en la producción de aceite de oliva. *Boletín Trimestral*. ISSN 0718-0330.N°17, Diciembre.2p.

Garcia, H. 2004. Frecuencia de reposición hídrica en olivos (*Olea europeae* L.) con riego por goteo en un suelo franco arcilloso. Tesis Ingeniero Agrónomo. 30.p. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillan. Chile.

- Goldhamer, D., J. Dunai, L. Ferguson, S. Lavee, and I. Klein. 1994. Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. *Acta Hort.* 356:172-175.
- Infoagro. 2006. El riego en el Olivar. Disponible en http://www.infoagro.com/olivo/riego_olivar.asp. Leído Julio de 2006.
- 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. *J. Hortic. Sci.* 71:257-263.
- Lavee, S., and N. Avidan. 1994. Protein content and composition of leaves and shoot bark in relation to alternate bearing of olive trees (*Olea europaea* L.). *Acta Hort.* 356:143-147.
- Martínez, L. y Tapia, F. 2002. Riego del olivar en el valle del Huasco. Gobierno Regional de Atacama e Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), Centro Regional de Investigación Intihuasi (La Serena). Centro Experimental Huasco (Vallenar). Boletín INIA N° 72. 34p.
- Neftamin. 2006. Olivos. Disponible en www.neftamin.com Leído Julio de 2006.
- Nuzzo, V., C. Xiloyannis, G. Dichio, G. Montanaro, and G. Celano. 1997. Growth and yield in irrigated and non-irrigated olive trees cultivar Corantina over four years after planting. *Acta Hort.* 449:75-82.
- ODEPA (2006). Estadísticas agropecuarias. Disponible en www.odepa.cl. Leído Julio 2006
- Orgaz, F. y Fereres. 1999. Riego. En: BARRANCO, D. 1999. Cultivo del Olivo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 267-288.
- Osorio, A. 1981. Diagnóstico y técnicas de riego en olivos en el valle de Azapa. Primeras Jornadas Olivícolas Nacionales. Ministerio de Agricultura, Región de Tarapacá y Universidad de Tarapacá, Departamento de Agricultura. Arica, Chile. 303p.
- Osorio, A. y Alvarez, P. 2006. Aplicación de un sistema interactivo de apoyo al riego en la Provincia del Limarí, SIAR Limarí, Región de Coquimbo, Chile. 2006. II Congreso Nacional I congreso Iberoamericano de Riego y Drenaje y IV exposición de equipos de riego y afines Exporiego 2006. Lima, Perú. 13-16 Junio del 2006. Departamento de Recursos de agua y tierra de la Facultad de Ingeniera Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Pastor, M., J. Hidalgo y V. VEGA. 1997. Riego del olivar en la comarca de La Loma (Jaén). *Vida Rural*. Año IV n° 44. 34-40
- Pastor, M. and Orgaz, F. 1994. Riego deficitario del olivar: Los programas de recorte de riego en olivar. *Agricultura* N° 746: 768-776 (en español)

Patumi, M., R. D'Andria, G. Fontanazza, G. Morelli, P. Giorio, and G. Sorrentino 1999. Yield and oil quality of intensively trained trees of three cultivars of olives (*Olea europaea* L.) under different irrigation regimes. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 74:729-737.

Proietti, P., and E. Antognozzi. 1996. Effect of irrigation on fruit quality of table olives (*Olea europaea*) cultivar Ascolana Ternerera. *N.Z.J. Crop Hortic. Sci.* 24:175-181.

Rallo, L., P. Torreño, A. Vargas, and J. Alvarado. 1994. Dormancy and alternate bearing in olive. *Acta Hortic.* 356:127-136.

Rallo, L. 1995. Diseño y manejo de plantaciones de olivar. VII Simposio Científico-Técnico Expoliva. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba. Cuadernos de Fitopatología, 3er Trimestre 1995. P. 119-123.

Selles, G, Ferreira, R., Selles, I. y Lemus, G. 2006. Efecto de diferentes regímenes de riego sobre la carga frutal, tamaño de fruta y rendimiento del Olivo cv. Sevillana. *Agricultura técnica (Chile)* 66(1):48-56.

Tapia, F., H. Astorga, A. Ibacache, L.Martinez, C. Sierra, C, Quiroz, P. Larraín, y F. Riveros. 2003. Manual del Cultivo del Olivo. 128 p. N° 101. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile.