

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



RIEGO Y PRODUCCIÓN DE OLIVOS

EN EL VALLE DE AZAPA



Editores:

Alejandro Antúnez B.
Evelyn Cajías A.
Luis Felipe Román O.
Marisol González Y.

BOLETÍN INIA - N° 292

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



RIEGO Y PRODUCCIÓN DE OLIVOS

EN EL VALLE DE AZAPA

Editores:

Alejandro Antúnez B.
Evelyn Cajías A.
Luis Felipe Román O.
Marisol González Y.

Proyecto: Código BIP 30110765-0

INIA - Ururi
Arica, 2014

El presente Boletín entrega los principales resultados obtenidos en el marco del Proyecto FIC “Mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua en el olivo mediante la estrategia de riego deficitario controlado en el Valle de Azapa”, realizado entre los años 2011 a 2014, con el apoyo financiero del Gobierno Regional de Arica y Parinacota.

Editores:

Alejandro Antúnez B. Ingeniero Agrónomo. Ph. D. INIA La Platina.
Evelyn Cajías A. Ingeniero Agrónomo. M. Sc. INIA Ururi.
Luis F. Román O. Ingeniero Agrónomo. M. Sc. INIA Ururi.
Marisol González Y. Ingeniero Agrónomo. M. Phil. INIA La Platina.

Director Responsable:

Manuel Pinto C.
Ingeniero Agrónomo. Ph. D.
Director Regional INIA La Platina.

Boletín INIA N° 292.

Cita bibliográfica correcta:

Antúnez, A.; Cajías, E.; Román, L.F y González, M. (Eds.). 2014. Riego y Producción de Olivos en el Valle de Azapa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Ururi, Arica, Chile. Boletín INIA N° 292, 92 p.

2014. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. INIA Ururi. Magallanes 1865, Arica. Teléfono (56 - 58) 2- 313676.

ISSN 0717 – 4829.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Corrección técnica:

Patricio Hinrichsen R. Bioquím. Dr. INIA La Platina.
Gamalier Lemus S. Ing. Agr. M. Sc. INIA Rayentué.

Corrección de textos: Marisol González Y., Ing. Agr. M. Phil. INIA La Platina.

Secretaria: Bianca Cabañas R.

Diseño y Diagramación: Marketing & Comunicación.

Impresión: Imprenta Gutenberg - Talca

Cantidad de ejemplares: 500

Arica, Chile. 2014.

AGRADECIMIENTOS

Los editores agradecen al Gobierno Regional de Arica y Parinacota, el financiamiento de iniciativas que contribuyen al desarrollo productivo de la Región. Este trabajo no hubiera sido posible, sin la activa participación de los olivicultores del Valle de Azapa, y en particular, de la señora Roxana Gardilic B. y de los señores Pedro Gallo D. y Truffa Hermanos S. A., quienes permitieron gentilmente el desarrollo de los ensayos de riego deficitario en sus huertos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I.	
El mercado de las aceitunas de mesa	9
1.1 Introducción	10
1.2 Producción y mercado internacional	10
1.3 Industria nacional	13
1.4 Bibliografía	20
CAPÍTULO II.	
Situación del rubro olivícola en el Valle de Azapa	21
2.1 Superficie y producción del olivo en el Valle de Azapa	22
2.2 Características del cultivar Azapa	23
2.3 Situación de la aceituna de mesa cv. Azapa	24
2.4 Perspectivas del rubro olivícola en la Región de Arica y Parinacota	27
2.5 Bibliografía	29
CAPÍTULO III.	
El Cultivo del Olivo en el Valle de Azapa	30
3.1 Origen y características del olivar en el Valle de Azapa	31
3.2 Clima y Suelo	33
3.3 Manejo Tradicional del cultivo en el Valle de Azapa	36
3.4 Modernización de la olivicultura de Azapa	42
3.5 Bibliografía	52
CAPÍTULO IV.	
Requerimientos hídricos del olivo cv. Azapa	53
4.1 Olivo y estrés hídrico	54
4.2 Necesidades hídricas en olivo cv. Azapa	56
4.3 Determinación del tiempo de riego	60
4.4 Requerimiento hídrico mensual para el olivo cv. Azapa	61
4.5 Bibliografía	63

CAPÍTULO V.

Manejo y Efecto del Riego Deficitario Controlado (RDC) en

olivos del Valle de Azapa	65
5.1 Introducción	66
5.2 Contenido volumétrico de agua en el suelo	69
5.3 Estado hídrico de árboles	71
5.4 Estado vegetativo de los árboles	75
5.5 Otras evaluaciones	77
5.6 Rendimiento	79
5.7 Distribución de calibres comerciales	81
5.8 Curvas de producción	84
5.9 Bibliografía	86

CONCLUSIONES	89
---------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

A pesar de su cultivo centenario en el Valle de Azapa, el olivo registra muy pocas publicaciones que incluyan prácticas de riego y de manejo, evaluadas en esta zona de extrema aridez de nuestro país. La relevancia de este rubro en el mercado internacional y la identidad de la aceituna azapeña, aspectos también abordados en este Boletín, constituyen una base sólida que justifica el trabajo desarrollado por INIA Ururi con el apoyo financiero del Gobierno Regional de Arica y Parinacota, por medio del Proyecto FIC “Mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua en el olivo mediante la estrategia de riego deficitario controlado en el valle de Azapa”, realizado entre los años 2011 y 2014.

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias, desde el Centro de Investigación Especializado en Agricultura del Desierto y Altiplano INIA Ururi, apoyado por los Centros Regionales de Investigación INIA Intihuasi y La Platina, entregan en este Boletín, el resultado de dos temporadas de ensayos y evaluaciones, que han contado con la colaboración y apoyo de los olivicultores regionales a quienes está dirigido este esfuerzo.

Alejandro Antúnez Barría
Ing. Agrónomo, Ph. D.
Director del proyecto





Capítulo 1

El mercado de las aceitunas de mesa

Bernabé Tapia C.
Ingeniero Agrónomo
ODEPA



1.1 Introducción

El cultivo del olivo y el consumo de la aceituna de mesa vienen desde tiempos antiguos en la historia de la Humanidad, remontándose a seis mil años en las regiones del Asia Menor. En América, en el año 1.560 ya existían plantaciones en México, y algunos años más tarde en Perú, California, Chile y Argentina, donde una de las plantas traídas durante la conquista, vive hasta el día de hoy.

El Consejo Oleícola Internacional (COI), clasifica a las aceitunas de mesa en los siguientes tipos:

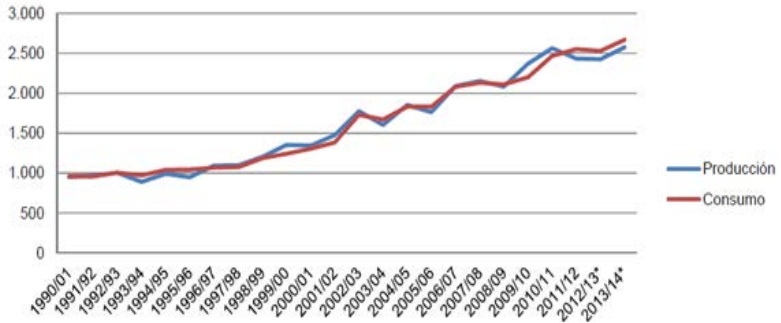
- Verdes: aceitunas de frutos recogidos durante el ciclo de maduración, antes del envero (que es el período en que pasan del verde al negro) y cuando han alcanzado un tamaño normal. Tienen pulpa firme y la coloración del fruto puede variar desde el verde al amarillo paja.
- De color cambiante: se obtienen a partir de frutos en estado de envero, o color cambiante, recogidos antes de la plena madurez, con pulpa bastante consistente y antes de concluir la formación de aceite.
- Negras: frutos recogidos en plena madurez o poco antes de ella, una vez que han adquirido el color propio de cada variedad y con el contenido de aceite que corresponde a ésta.

1.2 Producción y mercado internacional

La producción y el consumo mundial de aceitunas de mesa ha crecido en forma importante y se ha mantenido en un relativo equilibrio. En la temporada 2012/13, según cifras del COI, la



producción fue de 2,3 millones de toneladas y fue superada levemente por las cifras de consumo, debido al alto stock generado en cosechas anteriores (**Figura 1**). Para la temporada 2013/14, se estima una producción de 2,6 millones de toneladas y un consumo de 2,7 millones de toneladas.



Fuente: Elaborado con datos del Consejo Oleícola Internacional.

*Datos preliminares (2012-2013).

FIGURA 1. Producción y consumo de aceitunas de mesa, en miles de toneladas (1990-2013).

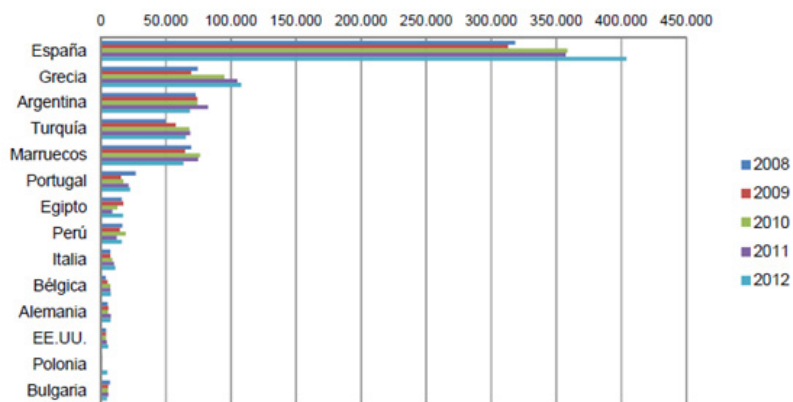
El principal productor mundial es España, con una producción prevista para 2013/14 de 513 mil toneladas, seguido de Turquía, con 430 mil toneladas, y Egipto, con 400 mil, según cifras del COI. Otros productores importantes son Siria, con 172 mil toneladas, y Argelia, con 168,5 mil. En el continente europeo también destacan Grecia, con 94 mil toneladas, e Italia, con 74 mil. En el continente americano los principales productores son Argentina, con 140 mil toneladas; Perú, con 80 mil; Estados Unidos (EE. UU.), con 68 mil, y Chile, con 34 mil toneladas.

Los países de la Unión Europea (UE), concentran el mayor consumo a nivel mundial, con 669 mil toneladas previstas para 2013/14. Entre estos países destacan los consumos de España (220 mil toneladas), Italia (146 mil), Alemania (67 mil) y Grecia (56 mil toneladas). En el



contexto mundial destaca Turquía, con un consumo previsto por el COI de 355 mil toneladas; Egipto, con 290 mil; EE.UU., con 210 mil toneladas; Argelia, con 172 mil; Siria, con 132 mil, e Irán, con 120 mil toneladas. Como se aprecia en las cifras, la mayor parte de los productores son a la vez importantes consumidores y, en términos generales, el 70% de la producción es consumida en los países productores y el 30% restante es transado en el mercado internacional.

España es el principal exportador de aceitunas y en el año 2012 vendió al exterior 404 mil toneladas, que representan el 48% del comercio internacional. El principal destino de las ventas españolas son los países de la UE y los EE.UU. El segundo exportador corresponde a Grecia, con 108 mil toneladas, y Argentina, con 68 mil toneladas exportadas en 2012. Los cinco primeros exportadores representan el 85% del comercio mundial (**Figura 2**).



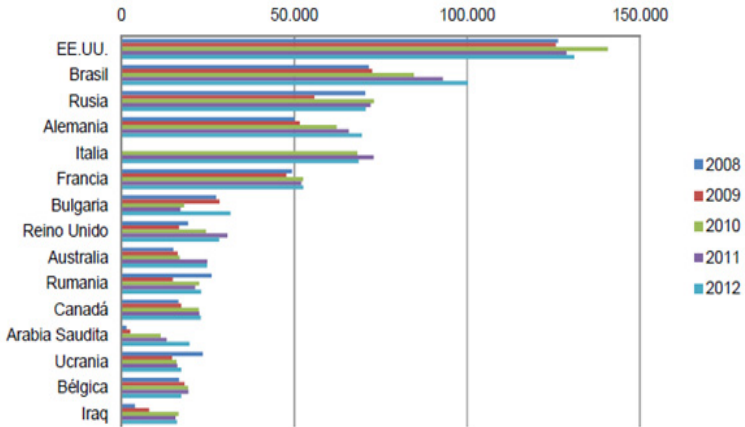
Fuente: Elaborado por Odepa con datos de Trade Map.

FIGURA 2. Principales exportadores de aceitunas preparadas o conservadas para consumo, en toneladas (2008-2012).

Los principales países importadores de aceitunas son EE.UU., con compras de 131 mil toneladas en el año 2012; Brasil, con importaciones crecientes, que en el año 2012 sumaron 100 mil



toneladas; Rusia, con 71 mil toneladas; Alemania, con 70 mil, e Italia, con 69 mil. Los países de la UE en conjunto importaron 365 mil toneladas, representando el 41% del comercio internacional (Figura 3).



Fuente: Elaborado por Odepa con datos de Trade Map.

FIGURA 3. Principales importadores de aceitunas preparadas o conservadas para consumo, en toneladas (2008-2012).

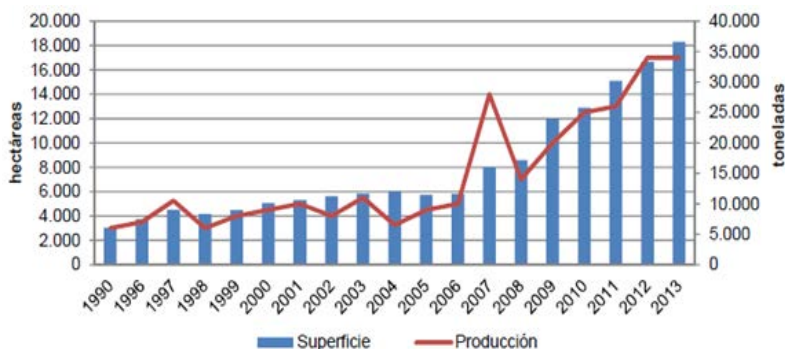
1.3 Industria nacional

En Chile, la industria de aceituna de mesa muestra una gran heterogeneidad de agentes, modernización y desarrollo tecnológico, tanto a nivel de la producción primaria como de los procesos industriales. Por un lado, existe un pequeño número de grandes empresas integradas, con alta tecnología, que producen y procesan hacia mercados externos e internos y se encuentran localizadas entre las Regiones de Arica y Parinacota y Atacama. También existen pequeños productores que procesan con sistemas artesanales, orientados a los mercados locales y la “venta al paso”, localizados desde el norte del país hasta la Región del Maule.



Igualmente, existe un grupo de procesadores sin inserción en la producción primaria, los cuales son pequeñas y medianas empresas que compran la aceituna a los productores y se especializan sólo en su procesamiento. Exhiben niveles tecnológicos muy heterogéneos y en general, están orientados al abastecimiento del mercado interno a través de los canales de menor exigencia para el producto. Los pequeños y medianos productores que proveen a estas empresas procesadoras realizan la venta “en verde”. Es decir, la aceituna recién cosechada o “en salmuera”, tratamiento que permite su conservación por un tiempo de hasta dos años.

La superficie de olivos ha crecido en forma importante en el país, llegando en el año 2013 a 18.307 hectáreas, según estimaciones de ODEPA con base en los catastros frutícolas. Se estima que, de esta superficie, unas 13 mil hectáreas se destinan a la producción de aceite y el resto, a aceituna de mesa. Según datos del COI, la producción de aceituna de mesa chilena fue de 34 mil toneladas en el año 2013 (Figura 4).

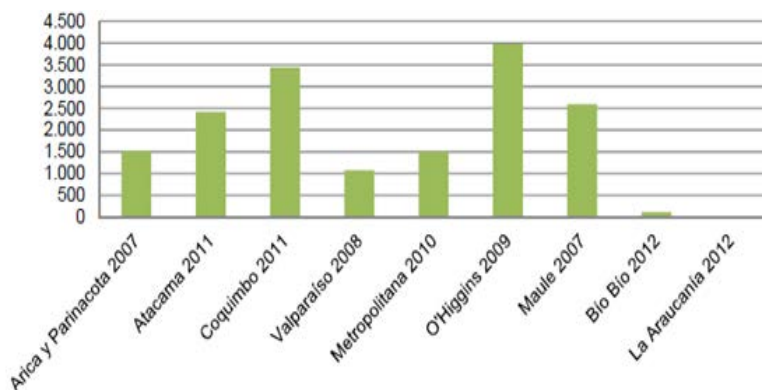


Fuente: Superficie, elaborado por Odepa con información de catastros frutícolas; producción, datos de COI (2012-2013).

FIGURA 4. Superficie de olivos y producción de aceituna de mesa en Chile (1990-2013).



La mayor parte de las plantaciones de olivos está en las Regiones de O'Higgins, Coquimbo y del Maule (**Figura 5**), y destinan su producción fundamentalmente a aceite. En las demás Regiones, la producción es mixta (aceite y mesa) y el precio de venta depende del destino y calibre solicitado. En la Región de Arica y Parinacota, los precios de fruta recién cosechada fluctúan entre \$800/kg para la aceituna extra y primera, y \$ 560/Kg a granel.



Fuente: Elaborado por Odepa con información de los catastros frutícolas y el VII Censo Agropecuario (2007-2012).

FIGURA 5. Superficie plantada con olivos en Chile en hectáreas.

La mayor parte de la producción de aceituna de mesa es destinada al mercado interno. Según datos del COI, el consumo en Chile es de 32 mil toneladas anuales y ha mostrado un importante crecimiento, debido a que diez años atrás la misma institución reportaba 12.500 toneladas anuales.

En el **Cuadro 1**, se muestra los precios de aceitunas de mesa en el mercado Lo Valedor de Santiago. Se puede apreciar que el producto de mayor valor es la aceituna sevillana verde de calidad extra. Las categorías de calidad en el mercado nacional tienen



que ver principalmente con el calibre de las aceitunas, siendo los mayores los de más alto rango. Esta venta es a granel y el producto se envasa según la cantidad que compre el cliente.

CUADRO 1. Precio de aceitunas en el mercado mayorista de Lo Valledor (Enero, 2014).

Aceituna	Calidad	Rango de precios (\$/kg)
Azapa	Extra	1.900 - 2.000
	Primera	1.200 - 1.500
	Segunda	800 - 1.000
	Tercera	500 - 600
Sevillana verde	Extra	2.300 - 2.500
	Primera	1.800 - 2.000
	Segunda	1.400 - 1.500
	Tercera	1.000 - 1.100
Sevillana verde/café	Extra	1.900 - 2.000
	Primera	1.400 - 1.500
	Segunda	1.000 - 1.100
	Tercera	500 - 700

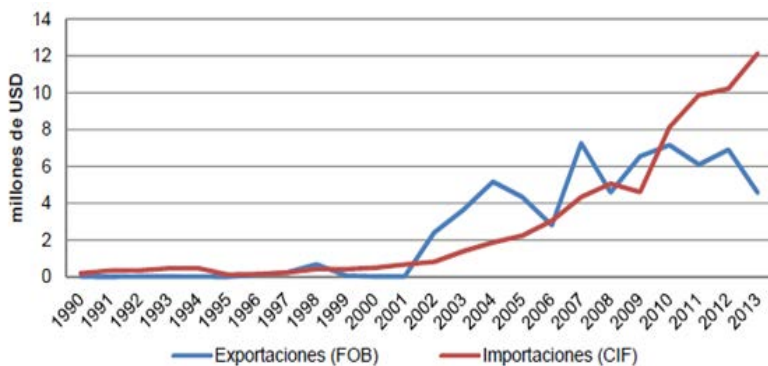
Fuente: ODEPA (2014).

Además de este formato de venta, en el mercado nacional existe una amplia variedad de marcas y preparaciones: deshuesadas, rellenas con pimienta, rocoto, finas hierbas, anchoa, pastas de ajo, almendras, pastas de aceitunas con distintos aditivos, productos nacionales e importados, envasados en bolsas plásticas, frascos de vidrio y en lata. La variación de precios es también alta, desde un producto parecido a un granel, pero envasado, desde \$ 2.300/kg; aceitunas de Azapa al natural (esto es, sólo tratada con salmuera) entre \$ 5.000 y 7.000/kg; rellenas importadas por alrededor de \$ 3.500/kg y pastas por \$ 13.000/kg.

Respecto al comercio exterior, en la **Figura 6** se puede ver que en los últimos años las importaciones superaron las exportaciones en términos de valor. Esta diferencia es mayor aún en términos de volumen, puesto que el producto importado viene principalmente



en forma de aceitunas conservadas provisionalmente, las cuales son internadas y procesadas en el país. En el año 2013 se importó 10.117 toneladas y el precio CIF promedio de estas compras fue de USD 0,64/kg, es decir, unos \$ 342/kg.



Fuente: Elaborado por Odepa sobre la base de datos del Servicio Nacional de Aduanas (Año 2014).

FIGURA 6. Comercio exterior chileno de aceitunas (1990-2013).

En el **Cuadro 2**, se observa que las importaciones de aceitunas conservadas provisionalmente provienen, principalmente, de Perú: 9.363 toneladas (93% en términos de volumen), con un precio promedio de USD 0,59/kg, seguido de Argentina, con un volumen bastante menor: 752 toneladas en el año 2013, a un precio medio de USD 1,34/kg.

Las importaciones de aceitunas en conserva listas para consumo humano en el año 2013 sumaron 3.187 toneladas, con un valor de USD 5,6 millones. La mayor parte de estas compras provienen de Argentina, España y Perú. El precio promedio del producto español está por sobre USD 2/kg, mientras que el argentino está entre USD 1,8 y 1,9 y el peruano, alrededor de USD 1/kg.



CUADRO 2. Origen de las importaciones chilenas de aceitunas.

Producto/País	Kg 2012	Kg 2013	USD CIF 2012	USD CIF 2013
Conservadas provisionalmente	9.653.439	10.116.727	5.715.353	6.501.459
Perú	9.269.241	9.363.923	5.196.752	5.490.252
Argentina	382.025	751.615	514.740	1.007.149
Israel	0	1.075	0	3.550
EE.UU.	1.256	97	3.266	294
Italia	917	15	595	108
España	0	2	0	106
Preparadas o conservadas	2.716.758	3.187.438	4.501.265	5.641.287
Argentina	1.196.808	1.336.930	2.180.320	2.509.005
España	766.234	1.131.600	1.659.965	2.280.662
Perú	740.596	662.710	613.525	711.556
Estados Unidos	7.591	28.310	19.632	57.265
Reino Unido	23	11.636	600	45.138
Portugal	2.685	12.720	8.448	15.372
Italia	2.615	3.266	13.203	20.407
Libano	0	236	0	844
Francia	206	5	5.572	671
Egipto	0	1	0	139
Mali	0	13	0	145
China	0	11	0	83
Total	12.370.197	13.304.165	10.216.618	12.142.746

Fuente: Elaborado por ODEPA sobre la base de datos del Servicio Nacional de Aduanas (2014).

Las exportaciones chilenas de aceitunas mostraron un crecimiento hasta el año 2004 y luego han experimentado variaciones, oscilando en torno a USD 7 millones, para descender en forma importante en el último año. Chile exporta principalmente aceitunas preparadas para consumo humano, cuyas ventas en el año 2013 sumaron 1.096 toneladas, con un valor FOB de USD 4,2 millones (**Cuadro3**).



CUADRO 3. Destino de las exportaciones chilenas de aceitunas.

Producto/País	Kg 2012	Kg 2013	USD FOB 2012	USD FOB 2013
Preparadas o conservadas	2.389.580	1.095.964	6.273.478	4.241.943
Australia	1.035.018	741.989	3.438.063	3.558.794
Arabia Saudita	389.103	51.731	1.145.978	200.000
Brasil	476.435	146.303	910.623	192.805
Italia	336.000	99.962	428.762	121.326
Canadá	14.000	42.000	43.400	119.000
Kuwait	43.560	13.860	163.432	49.314
EE.UU.	0	50	0	361
Suecia	0	41	0	219
Territorio británico en América	0	28	0	124
España	94.940	0	136.366	0
Alemania	524	0	6.854	0
Conservadas provisionalmente	204.181	137.376	638.738	325.936
EE.UU.	120.551	82.888	208.318	215.712
Canadá	42.800	14.400	129.660	43.200
Arabia Saudita	0	12.880	0	36.708
Kuwait	0	12.838	0	25.676
Perú	9.495	14.300	5.155	4.290
Reino Unido	0	70	0	350
Venezuela	31.335	0	295.605	0
Total	2.593.761	1.233.340	6.912.216	4.567.879

Fuente: Elaborado por ODEPA sobre la base de datos del Servicio Nacional de Aduanas (2014).

El mercado de aceituna de mesa ha mostrado una importante expansión en los últimos años, a nivel internacional. A nivel nacional, también existen signos de crecimiento en la producción, las importaciones y el consumo. Las exportaciones nacionales han crecido y aumentado su valor, debido al mayor envío de aceitunas preparadas o conservadas listas para consumo. Sin embargo, también el sector nacional debe enfrentar la competencia de los países vecinos. Las importaciones crecen, el saldo comercial se hace negativo y la aceituna nacional vendida a granel sin procesar pierde competitividad frente a la materia prima importada, principalmente desde Perú.

En este escenario, la diferenciación del producto es clave. Se ha producido un crecimiento significativo del consumo de productos con mayor elaboración o "gourmet", como son las aceitunas negras griegas con especias y en aceite de oliva, las verdes descarazadas y rellenas, las negras californianas (para decoración de platos) y las pastas para untar. También cobran valor los esfuerzos



que realiza el sector privado para establecer denominaciones de origen, indicaciones geográficas o sellos de origen, que permitan diferenciar un producto, como la aceituna de Azapa, y que esta denominación esté protegida ante eventuales plagios.

A nivel de procesamiento, existen brechas que la industria nacional debe superar y también se puede hacer más eficientes los canales comerciales, principalmente entre los pequeños productores y los procesadores.

1.4 Bibliografía

Tapia, B. 2014. Aceitunas de mesa. ODEPA, Ministerio de Agricultura, Chile. Disponible en la Web: <http://www.odepa.cl/articulo/aceitunas-de-mesa/>





Capítulo 2

Situación del rubro olivícola en el Valle de Azapa

Roxana Gardilic B.

Ingeniera Química

Asociación de Olivicultores del Valle de Azapa



2.1 Superficie y producción del olivo en el Valle de Azapa

El olivo en Chile cuenta con buenas condiciones para desarrollarse y se distribuye desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región del Bío-Bío, incluso también en algunos microclimas de la Región de la Araucanía.

Según estimaciones de ODEPA, la superficie de olivos ha crecido en forma importante en el país, llegando a 18.307 hectáreas en el año 2013. De acuerdo a los catastros frutícolas, se estima que unas 13.000 hectáreas se destinan a la producción de aceite y el resto, a la preparación de aceituna de mesa. Según datos del COI, la producción de aceituna de mesa chilena fue de 34.000 toneladas en el año 2013.

Las nuevas plantaciones, impulsadas por el Ministerio de Agricultura en 1995 para promover el desarrollo olivícola fundamentalmente para aceite en las Regiones de O´Higgins, Coquimbo y del Maule, se han establecido de acuerdo a las nuevas innovaciones. Estas abarcan desde la introducción de nuevas variedades con potencial económico, sistemas de propagación que permiten una entrada de producción precoz, mayor densidad y árboles adaptados a la recolección mecánica.

En la Región de Arica y Parinacota, se registraron 1.513 hectáreas de olivos (INE, 2007), de las cuales 1.323 hectáreas se encontraban en el Valle de Azapa. Las plantaciones existentes e incluso centenarias, corresponden al cultivar Azapa, que se estableció para producciones extensivas. Es decir, con distancias que superan los 10 metros entre un árbol y otro. En huertos tradicionales, los rendimientos oscilan entre 500 y 2.500 kg/ha, mientras que en huertos más tecnificados, superan los 10.000 kg/ha. La recolección de los frutos, en los huertos tradicionales, se realiza en forma manual, constituyendo una de las labores con más demanda de mano de obra y uno de los principales costos del cultivo.



La alternancia, que se caracteriza por una temporada de alta producción seguida por una de baja producción, es particularmente severa en el Valle de Azapa. Además de este ciclo bienal (cada dos años), se presentan otros inconvenientes como el menor calibre durante un año de alta carga frutal, retraso de la maduración y continuidad de abastecimiento de aceitunas. En la actualidad, un manejo de fertilización y riego ha sido realizado por algunos productores para minimizar la alternancia, con resultados poco exitosos debido a la heterogeneidad de los huertos. Además de la alternancia, se registran otras limitantes como escasez de agua, presencia de plagas y la resistencia del fruto a tratamientos que implican la extracción del carozo, dificultando el proceso automatizado debido a los altos niveles de pérdida de pulpa.

2.2 Características del cultivar Azapa

El Consejo Oleícola Internacional en el Catálogo Mundial de Variedades de Olivo (Barranco *et al.*, 2000), reconoce al cultivar "Azapa" como una variedad de origen chileno y se utiliza para la producción de aceitunas de mesa aderezadas en verde (índice de madurez 0,3/1,5) o en negro (índice de madurez 3,5/4,5). También puede considerarse como de doble aptitud, alcanzando su mayor rendimiento de aceite en el índice de madurez de 3,1, es decir, a término de envero, con una media de 23,9% de aceite (Sotomayor, 2000). La designación "Azapa", hace referencia al nombre del Valle de Azapa en la Provincia de Arica, Región de Arica y Parinacota.

Las características agronómicas del cultivar Azapa se pueden definir bajo los siguientes aspectos (Sotomayor, 2000):

- Árbol muy vigoroso de porte abierto llorón y de densidad de copa espesa.



- Rama de color verde grisáceo y longitud larga de los entrenudos.
- Hoja de forma elíptica lanceolada de curvatura y superficie plana de tamaño grande de color verde oscuro y brillante de haz.
- Inflorescencia en forma de panícula de estructura larga y compacta.
- Fruto de forma elíptica u ovoidal tamaño grande de ápice apuntado, de relieve punto estilar sin pezón y de acuerdo a su cavidad peduncular, la forma es circular. Es de piel y pulpa fina, de 80 a 180 un/kg y alcanza una relación de 9,5 de pulpa/hueso.
- Endocarpio de forma alargada de simetría asimétrica/truncada, de ápice apuntada y de tamaño grande.

El cultivar Azapa es de bajo requerimiento de horas frío, acumuladas en invierno, factor primordial para que se produzca la diferenciación floral de sus yemas vegetativas que se encuentran en las axilas de las hojas. Asimismo, es un cultivar tolerante a la salinidad (C.E. de 0,9 a 4,2 dS/m a 25°C) y a las altas concentraciones de boro (2,9 a 22,7 ppm), tanto en el suelo como en el agua de riego.

El olivo en el Valle de Azapa presenta una marcada estacionalidad: entre abril a julio se obtiene el 97% de la producción. La cosecha de olivas para verde sevillano se inicia a partir de abril hasta mayo, mientras que entre junio y julio se cosechan las olivas para aceitunas negras.

2.3 Situación de la aceituna de mesa cv. Azapa

Se estima que un 98% de las hectáreas plantadas con olivo en la Región de Arica y Parinacota, se destina para la producción de aceituna de mesa, siendo un rubro importante para la olivicultura nacional.



La aceituna de Azapa tiene gran tamaño, calidad de pulpa, textura firme, color y características organolépticas que le confiere presencia y sabores agradables, otorgándole una ventaja comparativa importante en el mercado nacional e internacional.

La mayor parte de la producción de aceituna de mesa se destina al mercado interno, comercializada fundamentalmente por su color y tamaño. La venta de aceitunas verde natural, en salmuera, ha ido creciendo este último tiempo por su utilización para preparar aceitunas negras oxidadas, pues su textura permite el procesamiento con soda y posterior oxidación, siendo muy demandada en la zona central.

Tradicionalmente, el proceso de preparación de las aceitunas ha sido la fermentación anaeróbica, siendo el color de la fruta el criterio de cosecha, determinado por el mercado. Asimismo, más del 50% de las empresas que producen y procesan olivas son pequeños olivicultores que abastecen a procesadores, ya sea de la misma Región de Antofagasta, Calama y Metropolitana. El precio de la aceituna depende del destino y del calibre solicitado.

Según cifras de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), del Ministerio de Agricultura, en los últimos años existe una caída de precios estimada en más de un 30%. Ésta se debe tanto a la producción de aceitunas desde otras Regiones de Chile, como a la importación y al gran desarrollo de la superficie dedicada al cultivo del olivo en el sur del Perú (Departamentos de Moquegua, Arequipa, Ica y Tacna), que se estima en 10.000 hectáreas. Éstas, sólo 7.000 han sido plantadas en los últimos 20 años, casi exclusivamente para la preparación de aceituna de mesa y cuya producción es de aproximadamente 50.000 toneladas por año.

La caída de precios de la aceituna de mesa ha repercutido en una marcada disminución de olivares en el Valle de Azapa,



estimándose en la actualidad una superficie de 990 hectáreas de olivos adultos en producción. Esta situación revela un problema que se proyecta como una pérdida patrimonial para el sector olivícola de la Región de Arica y Parinacota, surgiendo la necesidad de custodiar y salvaguardar la aceituna de Azapa.

Una herramienta plausible es la obtención del sello de origen Indicación Geográfica, entregado por INAPI (Instituto Nacional de Propiedad Intelectual, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo), que identifica cualidades, reputación y otras características de un producto en función del lugar donde se produce. En este caso, aceitunas de mesa del Valle de Azapa, impulsada a través de la asociatividad de los productores.

Un estudio de mercado solicitado por la Asociación de Olivicultores del Valle de Azapa a Adimark determinó que:

- El nivel de conocimiento y percepción de valor de las aceitunas de Azapa respecto del resto de las aceitunas del país es alto y transversal a todos los segmentos, con excepción en los más jóvenes que tienden a valorar menos el producto y sus atributos.
- La mayoría de las personas reconoce en este producto, aceitunas de Azapa, diferencias tangibles respecto a su tamaño, sabor, carne y carácter nacional.
- En cuanto al precio que podrían tener las aceitunas de Azapa, un 67% de los entrevistados siente que éste tendría un precio mayor al de otros tipos de aceitunas, situación que se muestra constante entre todos los segmentos encuestados.

Si bien las limitaciones del Valle no permiten proyectar una agricultura basada en grandes volúmenes, esas misma limitación



le da condiciones especiales a la aceituna de Azapa para la industria de los productos de alta gastronomía “gourmet ó delicatessen” como un segmento interesante. El producto debe ser de altísima calidad, para proyectar una imagen sofisticada.

La cadena de valor generada por la olivicultura, involucra de manera directa e indirecta a un número importante de agricultores, entidades financieras, empresas dedicadas a la comercialización de insumos agrícolas, empresas exportadoras de aceituna. También a acopiadores, transportistas, comerciantes mayoristas, comerciantes minoristas, jornaleros agrícolas y tiene un impacto positivo e importante en el desarrollo regional. La olivicultura es en la actualidad, una actividad con un gran potencial para promover el desarrollo y la identidad local, constituyendo un reto generar mejores ventajas competitivas y sentar las bases para un crecimiento y desarrollo ordenado de esta actividad.

2.4 Perspectivas del rubro olivícola en la Región de Arica y Parinacota

El sector olivícola de la Región, al igual que todos los rubros asociados a la agricultura, requiere implementar nuevas metodologías en su sistema productivo, que permitan hacer más eficientes el uso de recursos y asegurar la factibilidad económica del negocio en el tiempo.

En el Valle de Azapa, la tradición de la aceituna destaca como su máximo exponente, teniendo reconocimiento tanto a nivel nacional como internacional por sus diferencias tangibles respecto a su tamaño, sabor, pulpa y carácter nacional. Por otra parte, la obtención de aceitunas de Azapa de calidad no sólo es resultado del clima y suelo, sino también de un entorno humano, estilo de vida y trabajo.



El reconocimiento de un producto con identidad distintiva es clave dentro de los diferentes mercados. De esta manera, en el año 2012, un grupo de olivicultores formó la Asociación de Olivicultores del Valle de Azapa, con el objetivo de impulsar el desarrollo de la olivicultura de este Valle. De esta forma, se consolidó una línea de trabajo con los primeros diagnósticos acerca de este producto a través de un estudio de mercado.

Un producto amparado con un sello de origen actúa, por una parte, garantizando la alta calidad como la autenticidad del producto y, por otra parte, orienta a los consumidores en el proceso de decisión de compra.

Durante el primer semestre de 2014, la Asociación de Olivicultores del Valle de Azapa, a nombre de los olivicultores de éste, presentó la documentación para solicitar el sello de origen "Indicación Geográfica", para cuatro productos de la aceituna de Azapa: aceituna verde al natural, aceituna mulata al natural, aceituna negra al natural y aceituna verde estilo español. Esta solicitud se realizó ante en el INAPI, acreditándose su reputación, historia, calidad y características atribuibles al lugar de cultivo y la existencia de un vínculo entre el producto y el lugar de producción, que se refleja en el nombre por el cual se distingue el producto "Aceitunas de Azapa".

Otras de las acciones de la Asociación contempla la creación de redes de información en diferente áreas, tecnología, negocios, organización de actividades presenciales (charlas, encuentros y otros), y la creación de una plataforma virtual para atraer mercados con demandas de los productos mencionados.

La aceituna de Azapa, cuya preparación al natural se ha mantenido a través de los tiempos, es además un alimento altamente nutritivo, que ayuda a bajar los niveles de colesterol,



contiene antioxidantes, fibra y vitaminas, con propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias y antimicrobianas.

Cada territorio transmite en la actualidad algo que su historia ha impregnado en el pasar de los siglos. En el caso de nuestro Valle, la obtención de la Indicación Geográfica para aceitunas de Azapa, garantizará a los olivicultores de este valle, el derecho exclusivo de usarla y permitirá difundir a los consumidores que están disfrutando de un alimento único en todos los aspectos, además de aportar valor a la producción, mantener el paisaje olivarero e imprimir dinamismo a esta actividad.

La calidad de la aceituna de mesa producida en el Valle de Azapa es reconocida a nivel nacional e internacional. Los sistemas productivos de la oliva deben mejorarse, de manera de permitirle competir exitosamente con otros rubros por el uso de suelo y agua en el Valle. El mejoramiento de las técnicas de producción de aceituna de calidad permitirá reforzar la persistencia de los huertos en la zona, rescatando el entorno sociocultural de la producción del cultivo de olivo en la Región.

2.5 Bibliografía

INE. 2007. Superficie con frutales en plantación compacta o industrial y huertos caseros en formación y producción, según región y especie. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. [En línea]. Septiembre 2007 [Consulta: 02 de Septiembre de 2008]. Disponible en la World Wide Web:

http://www.censoagropecuario.cl/noticias/08/6/xls/2007/10_rev.xls

Sotomayor, E. 2000. Descripción del cultivar "Azapa" *Olea europaea* L. del Valle de Azapa. IDESIA (Chile) 18: 61-66.





Capítulo 3

El Cultivo del Olivo en el Valle de Azapa

Francisco Tapia C.
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
INIA Intihuasi



3.1 Origen y características del olivar en el Valle de Azapa

El desarrollo de la humanidad está estrechamente relacionado con la agricultura, siendo el olivo, una de las especies cultivadas de mayor antigüedad que se encuentran vigentes. De esta forma, desde la Mesopotamia, entre el Tigris y Éufrates (Irak), Siria y Palestina, hace 6000 años, se obtuvo los primeros frutos del olivo, denominados olivas. Éste pasó a formar parte de la dieta de los primeros olivicultores, obteniendo de su fruto la aceituna (oliva sometida a una fermentación) y también, el aceite (obtenido por molienda y separación por presión de las olivas maduras), siendo este último utilizado indistintamente para la alimentación y como combustible para lámparas.

Las características sensoriales y también funcionales (digestivas), rápidamente se difundieron por los márgenes del Mediterráneo, estableciéndose esta especie en una diversidad de zonas microclimáticas, donde inicialmente se produjo una multiplicación por semillas. Luego, para seleccionar aquellos ejemplares que poseían características más deseadas por los consumidores como tamaño de fruto y/o rendimiento en aceite, ante lo cual los productores procedieron a su propagación en forma vegetativa (estacas). De esta manera, en cada una de estas zonas, con la repetición del proceso de multiplicación generación tras generación, surgieron las variedades. Luego, éstas por medio de los distintos procesos de conquistas y colonizaciones, se difundieron por el resto de los márgenes del Mediterráneo y desde allí hacia el nuevo mundo y finalmente desde fines del siglo XIX por procesos migratorios hacia el resto del planeta, concentrándose mayoritariamente entre las latitudes 30 y 45° en ambos hemisferios.

Mediante la colonización española ocurrida a partir del descubrimiento de América (siglo XVI), uno de los principales enclaves europeos fue Perú, donde llegaron las primeras estacas



de olivo (Hidalgo, 1993), las que fueron cultivadas, dando frutos, cuyas semillas fueron sembradas, repitiéndose el proceso sucedido hace 5.500 años en Medio Oriente. Ello con la particularidad que el desarrollo de esta especie alcanzó su máxima expresión al sur del Perú, en el Valle de Azapa, donde se estableció con gran fuerza (**Figura 1**), debido a su precocidad y gran tamaño alcanzado por su fruto. Sus características propias la han definido como una variedad local auténtica, denominada Azapa (Barranco *et al.*, 2000; Tapia *et al.*, 2003 y Tapia *et al.*, 2013). La difusión de esta variedad, se produjo rápidamente hacia los Valles de Huasco y oasis costeros del desierto de Atacama y posteriormente, hacia el resto del país de influencia española y hacia Argentina, donde es conocida como Arauco o Criolla.



FIGURA 1. Olivo centenario presente en la ruta del esclavo en el Valle de Azapa.



3.2 Clima y suelo

Desde 1560, el olivo seleccionado localmente se ha adaptado a las condiciones agroecológicas del Valle de Azapa (18° 30' sur), de clima de subtropical árido. Sus características predominantes son: temperaturas media anual de 19°C, con temperaturas máximas mensuales de 25°C y mínimas de 14°C, una acumulación térmica de más de 2.800 días grado (suma de temperatura media superior a 12,5°C), una humedad relativa homogénea de 60 a 80%, ausencia de heladas, una acumulación de 97 horas de frío (base 7°C). También escasas precipitaciones, cuyo acumulado no sobrepasa los 1 mm, y un riego permanente con aguas altiplánicas aportadas por el río San José, que se combina con suelos de texturas francas, franco limoso y franco arcillosos presentes a lo largo del Valle de Azapa, cuyos rangos de propiedades físicas se indican en el **Cuadro 1**.

CUADRO 1. Rango de propiedades físicas de suelos cultivados con olivos en el Valle de Azapa.

Rango	Capacidad de Campo (CC) (% vol)	Punto de marchitez permanente (PMP) (%vol)	Densidad aparente (g cm ⁻³)	Porosidad (%)	CC situ (% vol)	Capacidad de aire (%)	Resistencia a la penetración horizontal (MPa)	Índice de Cono (MPa)
Máximo	40.2	24.0	1.4	56.9	34.1	39.4	1.3	3.1
Mínimo	15.2	6.0	1.1	43.8	11.3	10.0	0.2	0.4

La interacción de las condiciones agroecológicas y los factores de producción antiquísimas, han permitido la estabilidad del cultivo, obteniendo producciones record que sobrepasan las 20 toneladas por hectárea, y una media de 12 ton/ha. Sus frutos se descuelgan de imponentes árboles, produciéndose la madurez en una larga estación cálida (7 a 10 meses), con temperaturas extremas que varían entre 16 y 26°C, favoreciendo el tamaño y la pigmentación negra de su fruto, tan característico de las aceitunas azapeñas, que le ha dado fama en gran parte del mundo.



Desde sus orígenes como cultivo en el Valle de Azapa, esta especie ha sido cultivada en huertos homogéneos (**Figura 2**), con marcos regulares de distancias de plantación de 12 x 12 metros (70 árboles por hectárea) a 6 x 6 metros (280 árboles por hectárea), cuyas menores densidades corresponden a plantaciones aún en producción realizadas a principios del siglo XX.



FIGURA 2. Huerto de olivo tradicional del Valle de Azapa plantado a 12 x 12 m de distancia.

El sistema de plantación ha sido acompañado con una conducción de los árboles con varios ejes, lo cual se adapta bien a distancias de plantaciones amplias, pero afecta la mecanización tanto de manejo de suelo como de la cosecha y control sanitario.

Debido a las condiciones de temperaturas y huertos de copas densas, sumado a un manejo nutricional rico en nitrógeno, el desarrollo de plagas es importante, encontrándose 18 insectos plagas que resaltan por su nivel de daño económico. Estas son: la conchuela móvil del olivo, *Praelongorthezia olivicola* (Beingolea) (**Figura 3**) y conchuela negra, *Saissetia oleae* (Olivier) (Prado *et al.*, 2003), y en el último decenio se ha difundido ampliamente la mosquita blanca del fresno, *Siphoninus phillyreae* (Haliday).





FIGURA 3. Hembras ovíparas de conchuela móvil del olivo en ramillas.

El destino principal de la producción de olivas en el Valle de Azapa es la elaboración de aceitunas, predominado el tradicional proceso de negras naturales (**Figura 4**), para lo cual la fruta debe ser cosechada con color negro en 100% de la piel y a lo menos 2/3 de la pulpa. Luego en fermentación salina del 6 a 10% de sal (NaCl) y con una acidez de pH 4,0, durante por lo menos cuatro meses, da un producto terminado conocido como aceitunas “tipo azapeña”.



FIGURA 4. Producción tradicional de aceitunas negras tipo azapeña.



3.3 Manejo Tradicional del cultivo en el Valle de Azapa

La olivicultura del Valle de Azapa, debido a las condiciones agroecológicas en la cual se desarrolla, representa un caso único en el mundo, debido a que esta especie se encuentra en una zona donde las condiciones que requiere el olivo en su área de origen (Cuenca del Mediterráneo), no se cumplen. Ello porque no hay estaciones extremas, existiendo un clima que prácticamente se comporta como primavera durante todo el año. En razón a ello, el crecimiento y desarrollo del cultivo se produce durante 12 a 14 meses, iniciándose la brotación en julio, desarrollo de fruto en octubre y cosecha de las olivas maduras (color negro), desde junio a septiembre.

La relación del cultivo con el clima, es marcado por la leve disminución de temperaturas mensuales en el período invernal (junio-julio), las que bajan a 11°C las mínimas y las máximas no superan los 20°C. Junto a ello, la demanda evapotranspirativa se ve reducida al mínimo, llegando en julio a un 38% menos de la evapotranspiración máxima registrada en diciembre (5,7 mm/día).

Caracterizándose esta zona por la ausencia de precipitaciones y la alta incidencia de presencia de partículas en suspensión proveniente del arrastre de los vientos desde el desierto y del paso de maquinaria en los huertos, se produce una importante acumulación de polvo en el follaje. Este problema, sumado a la presencia de "negrilla o fumagina" en hojas y frutos, obliga a mantener un programa de lavado. Este contempla aplicaciones de agua con detergente sobre el follaje, dirigido con pistones en volumen variable entre 2.000 y 5.000 litros por hectárea. Ello se realiza en dos períodos críticos del cultivo: en crecimiento de fruto y próximo a cosecha, limpiando con ello frutos y área fotosintéticamente activa, permitiendo el desarrollo del árbol y obtención de frutos de calidad tanto en tamaño, como en apariencia externa.



A través de los siglos en que se ha desarrollado el cultivo en el Valle de Azapa, los agricultores se han adaptado a las diferentes condiciones ambientales, orientando su manejo en función de mitigar situaciones adversas como la aridez y alternancia de la producción, incorporando nuevas técnicas de manejo de agua de riego, fertilización y mejorías del suelo, control sanitario, poda y cosecha.

Riego. En la actualidad, la totalidad de la superficie cultivada se encuentra bajo riego, empleando mayoritariamente el método por tazas, cuya frecuencia está dada por la dotación de agua de riego superficial mediante entrega por turnos desde el canal Azapa. Esto generalmente ocurre cada siete días en verano en riego tradicional y de frecuencia diaria a dos días en sistemas abastecidos por pozo (presurizado o tazas). El riego se realiza durante todo el año.

El método de riego mayoritariamente empleado es el de tazas bajo la copa de los árboles, cuyas dimensiones están estrechamente relacionadas con la densidad de plantación, recibiendo entre 4.000 y 2.500 litros por taza como máximo en cada evento de riego (**Figura 5**). Sin embargo, de acuerdo a la disponibilidad de agua de riego predial, el volumen anual aplicado varía entre 7.000 y 13.000 m³ por hectárea.



FIGURA 5. Método de riego por tazas comúnmente utilizado en olivares del Valle de Azapa.



Debido al elevado contenido de sales que poseen los suelos del Valle y el efecto dañino sobre la producción que ello ejerce sobre el cultivo, durante los veranos los agricultores utilizan las aguas provenientes de las crecidas del río San José para realizar riegos de inundación que permitan el lavado de sales de los suelos. Esta lixiviación de sales se realiza con una frecuencia de dos a cinco años, de acuerdo a la ocurrencia del fenómeno de las lluvias altiplánicas. Para esta labor, los agricultores se preparan durante el verano, manteniendo limpias las acequias y bocatomas para permitir el ingreso y distribución de las aguas hacia los huertos.

Control sanitario. Debido a las condiciones microclimáticas en que se desarrolla el cultivo del olivo en el Valle de Azapa y a su manejo tradicional, existe una presión de plagas permanente que afecta la productividad. Los insectos plaga presentes en el Valle de Azapa actualmente identificados son alrededor de nueve, de los cuales tres son de importancia económica primaria y el resto son secundarios (Prado *et al.*, 2013). Para el control de estos problemas, el agricultor ha tomado medidas rápidas y drásticas, utilizando insecticidas de amplio espectro y de alta toxicidad, eliminando tanto al insecto plaga como a controladores biológicos. Sin embargo, esto ha generado un desequilibrio en la ecología de las plagas, por lo cual cada cierto período de tiempo, salen a escenas nuevas especies existentes, que se comportan agresivamente al no tener competencia por alimentos, aumentando sus poblaciones y generando problemas económicos importantes en el cultivo del olivo.

Hasta hace un tiempo, las aplicaciones de insecticidas se realizaban por calendario. Es decir, terminando el período de acción del producto, se repetía nuevamente, de manera de mantener cubierto durante todo el período de desarrollo del insecto con agroquímicos. En la actualidad, la metodología de manejo sanitario está cambiando, y el control de insectos no sólo



se limita a la aplicación de agroquímicos, sino que se trata en su totalidad, analizando condiciones ambientales, biología del insecto y susceptibilidad del hospedero. Asimismo, mediante manejo agronómico se reducen los factores ambientales favorables para su desarrollo, promoviendo por el contrario la proliferación de insectos benéficos para favorecer el control biológico de cada especie plaga. Para que esto se produzca, se debe integrar diferentes factores de manejo, como el riego, fertilización, poda y cosecha del fruto.

Poda. Prácticamente la totalidad de los huertos de olivo existentes en el Valle de Azapa fueron plantados con conducción a más de un tronco, creciendo libremente sin intervención de poda durante los primeros decenios de su cultivo.

La poda realizada tradicionalmente, ha obligado a que el olivo desarrolle un follaje compacto hacia la periferia, limitando el ingreso de luz hacia el interior y aumentando con ello la zona improductiva, la cual favorece principalmente el desarrollo de insectos plaga.

Debido al emboscamiento y reducción de la producción, se está aplicando la poda de renovación. En ella, los agricultores realizan intervenciones de mayor severidad a sus olivos, realizando cortes de ramas madres de manera de abrir la copa hacia la luz y reducir la altura de ésta, obligando al árbol al desarrollo de nuevas ramas, de mayor vigor y de mejor exposición a la luz (**Figura 6**). También se está cambiando la arquitectura de los árboles, optando por la conducción a un tronco, con formación de ramas madres a una altura de más de 1,5 metros, lo cual junto con disminuir áreas improductivas, favorece la mecanización del huerto. Los olivicultores que realizan esta labor, han visto mejoradas sus producciones posteriores, por lo cual incluyen este trabajo como parte de la rutina productiva del huerto.





FIGURA 6. Poda de renovación de olivos en el Valle de Azapa.

Fertilización. Los suelos del Valle de Azapa, son de reacción alcalina, con una moderada presencia de sales, que elevan la conductividad eléctrica en torno a cinco dS/m. Las características físicas de éstos, en general, corresponden a texturas franco limoso a franco areno limoso, con profundidad variable, aumentando en terrazas aluviales de posición media. Los huertos establecidos presentan bajo nivel de movimiento de suelo (rastraje), lo cual sumado a la baja presencia de materia orgánica y el rutinario tránsito peatonal y de maquinaria, han compactado el suelo, notándose una limitada porosidad, lo cual se refleja en el escaso desarrollo de raíces. Tal vez, esto último ha sido el responsable de los altos niveles de fertilizantes (sobre 200 UN), utilizados comúnmente para mantener niveles productivos económicamente interesantes. Sin embargo, en la actualidad se está difundiendo el uso de enmiendas orgánicas (estiércol), aplicados al suelo, como guano de ovejas principalmente, aplicando entre cinco y más de 100 kg de esta enmienda por árbol por temporada. De esta forma,



se mejora tanto las características químicas como físicas de los suelos y por el contrario reduciendo la aplicación de abonos químicos. El resultado se aprecia claramente en huertos en que se han incorporado enmiendas año tras año, traduciéndose en mejores rendimientos.

El efecto de esta aplicación sobre el suelo es el mejoramiento de la porosidad, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes, mayor retención de humedad, mejor aireación y crecimiento de raíces.

Cosecha. La producción olivícola del Valle de Azapa se ha caracterizado por la elaboración de aceitunas negras naturales. Para esto, es necesario obtener olivas en estado de plena madurez, lo cual significa que su cosecha debe ser realizada desde fines de otoño hasta prácticamente pleno invierno. Cuando se atrasa la cosecha, afecta la producción de la temporada siguiente, generando un antagonismo en la próxima floración, la cual se ve disminuida.

La madurez tardía de sus frutos se ve acentuada en años de alta producción, donde los árboles cargados de olivas, no tiene el vigor necesario para lograr la madurez y tamaño del fruto antes de inicio del "receso invernal", propio de la especie.

La cosecha de las olivas se inicia cuando el fruto ha tomado una coloración negra intensa en su piel y su pulpa ha cambiado de blanco a 2/3 de coloración negra a violácea, lo cual ocurre entre los meses de junio y julio. La cosecha o "raima", se realiza manualmente, disponiendo de personal especializado para la recolección de aceitunas, las que son colectadas con delicadeza en forma manual, una por una y depositadas en canastos acolchados. Luego se acumulan en cajas de capacidad de 18 a 20 kg, esperando en la sombra a que sean retiradas y enviadas a la bodega de proceso. Desde que el fruto es tomado en el árbol



y llevado a la bodega, no deben transcurrir más de cuatro horas para evitar deshidratación, pérdida de color por quemadura de sol y daños mecánicos por la manipulación de cajas.

3.4 Modernización de la olivicultura de Azapa

La producción de aceitunas del Valle de Azapa es una actividad de larga data, ampliamente reconocida en el país y también en el mundo entero por su variedad Azapa, cuyo fruto procesado goza de una gran valoración tanto por su tamaño, sabor y recientemente por sus características funcionales.

Enfrentar un proceso de modernización de la producción de aceitunas Azapa es complejo, pues se debe considerar algunos aspectos fundamentales que han permitido que este cultivo y en particular la variedad Azapa, haya subsistido en una zona climática diferente a la zona de origen de la especie Olea. Por lo anterior, deben considerarse algunos aspectos de manejo que han perdurado desde sus orígenes, como la variedad, densidad de plantación y tipo de elaboración.

En relación al sistema de plantación, el modelo validado por siglos para esta variedad y en las condiciones propias del Valle de Azapa, la cual es parte de la historia de este Valle.

La modernización de este cultivo en la zona, se debe orientar a mejorar los factores productivos como riego, poda, fertilización y manejo de plagas y también con la diferenciación del producto, destacando las bondades alimenticias o inocuidad si corresponde.

Renovación de huertos. Se debe entender como tal al mejoramiento de las condiciones productivas del huerto establecido, tales como: incorporación de métodos de riego eficientes, acondicionamiento de suelo, rejuvenecimiento de la estructura productiva del árbol.



Riego: La producción es directamente proporcional a la disponibilidad de agua de riego y a la forma en que ésta es aplicada al cultivo de manera de satisfacer las necesidades diarias que presenta en este caso el olivo. Para optimizar la producción, es necesario contar con la disponibilidad de agua de riego, la cual será la base para definir la superficie a cultivar, y que será mayor o menor dependiendo de lo eficiente que sea el método a emplear. Es así como, si se dispone de un caudal continuo de 1 L/s y satisfaciendo completamente el requerimiento de evapotranspiración del cultivo, se podría regar una hectárea de superficie mediante taza tradicional. Si se mejora la eficiencia de riego, implementando el método por goteo, disponiendo igual cantidad de agua que el anterior, alcanzará para regar 1,4 hectáreas.

Al cambiar de método de riego desde uno de inundación, como es el caso del método de riego por tazas, que favorece un mayor desarrollo de raíces principalmente en profundidad, hacia el método de goteo, cuya superficie de mojamiento es localizada, se produce una reducción gradual de una parte del volumen de raíces, donde las que subsistirán serán las que quedan bajo la zona de mojamiento por los goteros o emisores. Este daño inicial, se contrarresta por la mejora de las condiciones de humedad, tanto en cantidad como frecuencia, donde las raíces absorbentes rápidamente recuperan su función, la cual se ve mejorada con el paso del tiempo, a partir de primavera. Es por esto, que para reducir el impacto inicial, se recomienda realizar cambios de métodos de riego, durante el receso invernal posterior a cosecha. Para la implementación de sistemas por goteo, es necesario considerar que se debe mantener una zona húmeda de no menos del 30%, en condiciones de aridez, lo cual asegura altos rendimientos de olivas en el futuro (**Figura 7**).





FIGURA 7. Sistema de riego por goteo implementado en olivares adultos.

Condiciones del suelo: El olivo, al igual que la mayoría las especies cultivadas, debe su nutrición en un alto porcentaje a los compuestos minerales presentes en el suelo, los que son absorbidos por los pelos radicales desde la solución suelo hacia la parte superior de la planta. Para que las raíces cumplan con esta labor de absorción de nutrientes, éstas deben estar activas (pelos radicales), sanas y de gran cobertura en el subsuelo. El suelo debe tener buena porosidad, con una adecuada proporción de agua y aire a capacidad de campo que permita la respiración de las raíces. Esto normalmente se cumple cuando los suelos son de adecuada densidad aparente y porosos, como lo son los arenosos a franco arcillo arenosos y/o con elevada presencia de materia orgánica (superior a 2%). Estas son las condiciones ideales para el desarrollo de raíces activas (**Figura 8**).





FIGURA 8. Desarrollo de raíces ideales para el cultivo del olivo de alta producción.

Los suelos que no posean las características deseadas deben ser mejorados, realizando subsolado con suelo seco para favorecer el agrietamiento del subsuelo al paso de la herramienta, labor que debe ser efectuada a más de 1,5 metros desde el tronco del árbol. Adicionalmente, debe incorporarse materia orgánica, la cual debe contener una relación C/N entre 25 y 35 para que la degradación de ésta sea moderada, sin extraer elevados niveles de nitrógeno del suelo que puedan generar “hambre de nitrógeno” en el cultivo. La cantidad recomendada de materia orgánica, como guanos o estiércoles, varía entre 8 y 12 ton/ha/año. Ambas labores, deben realizarse en invierno, donde el subsolado, sólo es recomendable si una descripción de suelo (calicata), detecta una marcada compactación del perfil de éste.

Fertilización: Ésta debe ser realizada en función de las necesidades del cultivo, el cual se determina mediante análisis nutricionales de tejido, cuya toma de muestras se realiza en pleno verano (enero-febrero), extrayendo a lo menos 100 hojas sanas completamente expandidas desde el tercio medio de las ramillas,



de edad entre cuatro y seis meses. Éstas deben ser enviadas a laboratorios especializados. Las muestras deben ser colectadas por variedad y por sector homogéneo del huerto, es decir, similar tipo de suelo y manejo y edad del cultivo. La información obtenida se debe comparar con estándares universales, según se indica en el **Cuadro 2**.

CUADRO 2. Niveles nutricionales de tejido foliar estándares para el cultivo del olivo.

ELEMENTO	UNIDAD	DEFICIENTE	ADECUADO	TÓXICO
Nitrógeno	%	1,4	1,5-2,0	-
Fósforo	%	0,05	0,1-0,3	-
Potasio	%	0,4	Mayor que 0,8	-
Calcio	%	0,3	Mayor que 1	-
Magnesio	%	0,08	Mayor que 0,1	-
Manganeso	ppm	-	Mayor que 20	-
Zinc	ppm	-	Mayor que 10	-
Cobre	ppm	-	Mayor que 4	-
Boro	ppm	-	19-150	185
Sodio	%	-	-	Mayor que 0,2
Cloro	%	-	-	Mayor que 0,5

Con esta información se debe realizar la programación de fertilización, donde los nutrientes de mayor relevancia corresponden a: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Zinc y Boro, los cuales intervienen directamente en el rendimiento del cultivo.

Se recomienda realizar la fertilización en el momento en que existe plena actividad de raíces, la cual ocurre desde septiembre hasta abril. Sin embargo, debido a la absorción de la planta y posterior inmovilización por reservas, se recomienda realizar la fertilización con fertilizantes de entrega rápida entre octubre y enero, lo cual coincide además con el período de máxima evapotranspiración. Los fertilizantes recomendados a aplicar, considerando las características de los terrenos marcadamente alcalinos, corresponden a los de reacción ácida, que aplicados al suelo



modifican el pH de la rizósfera (material en contacto con las raicillas), permitiendo mejorar la disponibilidad de micronutrientes presentes en éste (**Cuadro 3**).

CUADRO 3. Fertilizantes recomendados para suelos de reacción alcalina del norte de Chile y porcentaje de nutrientes que aportan.

Fertilizante	Aporte nutricional (N -P2O5 - K2O) (%)
Urea	46-0-0
Nitrato de potasio	13,6-0-46
Sulfato de potasio	0-0-50-18 S
Nitrato de amonio	27-0-0
Ácido fosfórico	0-85-0
Fosfato mono amónico C	12-51-0-0,3 S
Ácido bórico	0-0-0-17 B
Sulfato de Zinc	0-0-0-35 Zn
Sulfato de Magnesio	0-0-0-16 Mg-13 S

La recomendación base debe estar dada en los fertilizantes que aportan nitrógeno, fósforo, potasio y boro. Para un árbol que se encuentra en plena producción (más de 10 años de edad), las cantidades a aplicar se indican en el **Cuadro 4**.

CUADRO 4. Valores medios de aplicación para los principales nutrientes recomendados en olivos variedad Azapa en densidad de 100 a 150 árboles por hectárea.

Nutriente	Dosis (kg/árbol)
Nitrógeno	0,6 -1,0
Fósforo	0,3-0,5
Potasio	0,6-1,0
Boro	0,006-0,007



Las cantidades indicadas en el **Cuadro 4**, están referidas a nutrientes por árbol por año, para una producción media de 10 toneladas por hectárea. Esta recomendación debe ser ratificada con análisis foliar del huerto.

Azapa: Variedad originaria de Chile, destinada principalmente para la producción de aceitunas de mesa (**Figura 9**). En el resto del país es cultivada bajo el nombre de Sevillana y en Argentina corresponde a la sinonimia de "Arauco". Variedad de gran adaptación frente a diferentes condiciones agroclimáticas existentes a lo largo del país. Árbol de desarrollo medio a grande. Copa abierta y ramas tipos sauce. Sensible a Repilo, conchuela negra, mosquita blanca del fresno, Orthezia, polilla del brote y verticilosis. El fruto alcanza hasta 12 g de peso, con una relación pulpa/hueso de 9,5. Precocidad media con plena producción a partir del quinto año de plantación. Las producciones medias son de 12 toneladas por hectárea, pero su calidad atribuida a tamaño, se deprecia en la medida que éstas son mayores. Índice de añerismo medio. La densidad de plantación varía entre 70 y 312 árboles por hectárea.



FIGURA 9. Fruto de la variedad Azapa.



Nuevas variedades para el Valle: Sin desmerecer la calidad y prestigio que tiene la variedad Azapa, para potenciar la actividad olivícola de la Región, sería recomendable complementar el espectro varietal de olivas del Valle, seleccionando variedades que permitan potenciar a la variedad principal mediante la producción de nuevos productos para la zona que pueden proporcionar variedades como Gordal Sevillana y Kalamata. La primera posee una oliva de gran tamaño y se procesa en verde, por lo cual la cosecha es muy temprana, y la segunda, corresponde a una oliva que es de maduración temprana con un tamaño similar a Azapa, pero de sabor diferente.

Gordal Sevillana: Variedad de origen española (**Figura 10**), cultivada en zonas bajas con alta humedad ambiental y una acumulación de días grados superiores a 2.000. Su principal característica es el tamaño del fruto, el cual alcanza un peso superior a 8,7 g y la relación pulpa hueso es de 9,1 ambos medidas en origen. La productividad es media presentando deficiencias en la cuaja del fruto, lo cual se nota por la normal presencia de uvillas, que corresponde a frutos de pequeño tamaño, resultado de una polinización defectuosa. La producción oscila entre seis y ocho ton/ha (Romero *et al.*, 2014). El enraizamiento de esta variedad es limitado, por lo cual es común ver plantaciones injertadas, cuyo desarrollo de copa es de gran vigor, recomendándose entonces una plantación en densidades bajas (70-100 árboles/ha). Interesante para la producción de aceitunas verdes estilo sevillano y deshuesadas para relleno.





FIGURA 10. Fruto de la variedad Gordal Sevillana con zofairones (frutos pequeños).

Kalamata: Variedad originaria de Grecia (**Figura 11**), conocida como “Kalamón”, se destina para la producción de aceitunas negras naturales debido a su atractivo tamaño (4,82 g) y coloración temprana de piel y pulpa. Sensible a Repilo plumizo, lo cual incide en un follaje ralo. Lenta en entrada en producción. Sin embargo, una vez iniciada la etapa productiva, rápidamente alcanza los máximos productivos de 18 toneladas por hectárea, siendo la media de 7,0. Índice de añerismo medio (Romero *et al.*, 2014). Debido a su follaje menos denso, esta variedad puede ser cultivada en distancias de 7 x 7 a 6 x 5 metros.





FIGURA 11. Frutos de la variedad Kalamata.

El manejo productivo que realizan los olivicultores se ha adaptado a las condiciones edafoclimáticas del Valle de Azapa, siendo fundamentales la lixiviación de sales, el control de plagas primarias como conchuela móvil del olivo y polilla de los brotes, renovación mediante poda y la fertilización adecuada mediante análisis foliar.

En un escenario de creciente demanda del recurso hídrico, la tecnificación del riego debe efectuarse evitando o reduciendo al mínimo la pérdida de raíces activas. Por otra parte, el chequeo de la condición física del suelo es fundamental para decidir prácticas tales como adición de enmiendas (guanos), y subsolado.



3.5 Bibliografía

Barranco, D.; Cimato, A.; Fiorino, P.; Rallo, L.; Touzani, A.; Castañeda, C.; Serafini, F. y Trujillo, I. 2000. Catálogo Mundial de Variedades de Olivos. COI. Secretaría Ejecutiva. Madrid-España. 360 p.

Hidalgo, J. 1993. Algunas notas para la historia del olivo en Arica (Chile). IDESIA 12: 31-50.

Prado, E.; Larraín, P.; Vargas, H. y Bobadilla, D. 2003. Plagas del olivo, sus enemigos naturales y manejo. Boletín INIA N° 8, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Platina, Santiago, Chile. 74 p.

Romero, N.; Tapia, F.; Saavedra, J.; Bauzá, M. y Araniti, V. 2014. Levantamiento y procesamiento de información de variedades de olivo con potencial económico para el mejoramiento de la oferta exportable de la industria olivícola nacional. Universidad de Chile. 60 p.

Tapia, F., Astorga, M.; Ibacache, A.; Martínez, L.; Sierra, C.; Quiroz, C.; Larraín, P. y Riveros, F. 2003. Manual del cultivo del olivo. Boletín INIA N° 101. Instituto de Investigaciones Agropecuaria, INIA Intihuasi, La Serena, Chile. 128 p.

Tapia, F.; Selles, G. and Fichet, T. 2012. Following Olive footprints in Chile. *In*: "Following Olive footprints (*Olea europaea* L.) Cultivation and Culture, Folklore and History, Traditions and Uses. Ed Luque, Cordoba-Spain. 446 p.





Capítulo 4

Requerimientos hídricos del olivo cv. Azapa

Alejandro Antúnez B.

Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

INIA La Platina

Evelyn Cajias A.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

INIA Ururi

Luis Felipe Román O.

Ingeniero Agrónomo M. Sc.

INIA Ururi



4.1 Olivo y estrés hídrico

El olivo es una especie resistente al estrés hídrico (Cadahia, 2005), y diversas investigaciones indican que éste tiene características que le permiten afrontar con éxito los períodos de sequía. Estas características incluyen hojas pequeñas (5-6 cm de largo y 1-1,5 cm en el punto más ancho), ceras cuticulares, estomas presentes sólo en el envés de la hoja y cubiertas de tricomas, que ofrecen un buen control de la pérdida de agua por transpiración (Lavini *et al.*, 2008). A su vez, el olivo posee adaptaciones fisiológicas para resistir bajos contenidos de agua en el suelo, y de esta manera, mantener la turgencia y el metabolismo de hojas y raíces. Esta capacidad se conoce como ajuste osmótico e implica la acumulación de metabolitos osmóticamente activos (manitol en olivos) e iones para poder absorber agua bajo el punto de marchitez permanente (PMP) de -2,5 MPa, en el cual la mayoría de los cultivos herbáceos no podrían sobrevivir (Connor y Fereres, 2005).

Bajo un limitado aporte de agua, los olivos pueden adaptarse al estrés hídrico pero, a pesar de su resistencia a la sequía, cualquier aporte de agua adicional suministrada, a través del riego, tiende a aumentar el rendimiento de las olivas (Tognetti *et al.*, 2006; Iniesta *et al.*, 2009).

Cuando el contenido de agua en el suelo no es suficiente para reponer las pérdidas por transpiración, el cultivo sufre estrés hídrico, que finalmente se traduce en un menor rendimiento (Barranco *et al.*, 2008). Los efectos de un estrés hídrico no sólo ocasionan impactos negativos durante la temporada de producción, sino también en los años siguientes, como se detalla en el **Cuadro 1** (Ferreya *et al.*, 2001).



CUADRO 1. Efecto del déficit hídrico en olivos.

Proceso	Efecto del déficit hídrico
Crecimiento vegetativo	Reducción de crecimiento y del número de flores al año siguiente
Desarrollo de yemas florales	Menor número de flores
Floración	Floración incompleta
Cuajado de frutos	Aborto floral
	Aumenta el añerismo
Crecimiento inicial del fruto	Menor tamaño del fruto (menor número de células por fruto)
Crecimiento final del fruto	Menor tamaño del fruto (menor tamaño de las células)
	Mayor contenido de K+ en los frutos
	Adelanto de la madurez
Acumulación de aceite	Mayor contenido de aceite en el fruto

Fuente: Adaptado de Ferreyra *et al.* (2001).

Desde el inicio de brotación (tanto de yemas vegetativas como yemas florales) y hasta floración, es importante que no ocurra déficit hídrico, porque se afectaría la cantidad y calidad de las flores producidas, y en consecuencia, el número de frutos cuajados. Adicionalmente, en este período y simultáneamente al ciclo reproductor, tiene lugar el crecimiento vegetativo, que permite mantener un adecuado número de hojas para producir la suficiente cantidad de asimilados. Ello de modo que sostenga una buena cosecha en la temporada en curso, y ser portadores de los órganos florales y fructíferos en los que se obtendrá la cosecha del año siguiente. Para reducir la caída de frutos entre Etapa I (crecimiento inicial del fruto) y Etapa II del fruto (endurecimiento del carozo), relacionada con el bajo nivel de reservas del árbol, es importante que durante este período el olivo mantenga un óptimo estado hídrico y nutricional (Cadahia, 2005).

Por tanto, para alcanzar la máxima producción, se debe asegurar que el contenido de agua en el suelo sea suficiente para que el cultivo pueda extraer toda el agua que le demanda la atmósfera (Barranco *et al.*, 2008).



4.2 Necesidades hídricas en olivo cv. Azapa

Los requerimientos de agua de un cultivo dependen de una serie de factores, entre los que se cuentan los climáticos (temperatura, radiación solar, humedad relativa, viento), y del cultivo (desarrollo y etapa fenológica, marco de plantación, características de las hojas, estructura de formación) (Ferreira *et al.*, 2001). Este volumen de agua demandado, unido a la que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo, constituye lo conocido como evapotranspiración del cultivo (ET_c), y debe ser satisfecha estacionalmente mediante lluvia y/o riego. Dada la variabilidad de condiciones climáticas y de cultivo entre distintas zonas productoras, la ET_c debe calcularse para cada caso particular.

El método más utilizado para determinar la ET_c del cultivo es mediante la multiplicación de ET_o por un coeficiente de cultivo (K_c), corregidos por un coeficiente reductor (K_r) (Ecuación 1).

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_r \quad (\text{Ecuación 1})$$

La magnitud del valor de evapotranspiración de referencia, ET_o (mm/día), ocurre sin restricciones de agua y puede ser estimado a través de modelos matemáticos a partir de datos meteorológicos, siendo el método FAO 56 Penman-Monteith, el más recomendado. Para las condiciones del Valle de Azapa, registradas a través de la Estación Meteorológica Automática (EMA), Azapa medio (UTM Este 381.212, UTM Norte 7.948.177, 393 m.s.n.m, huso 19S) y administrada por INIA-FDF-DMC (www.agroclima.cl), la ET_o tiene una media diaria de 4,62 mm/día y fluctúa entre 3,02 a 5,88 mm/día para los meses de julio y diciembre, respectivamente (**Figura 1**).



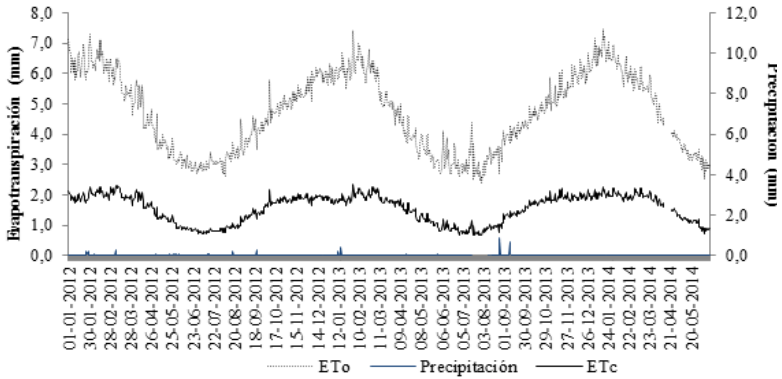


FIGURA 1. Evapotranspiración (mm) y precipitaciones (mm) para la Estación Azapa Medio, Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota.

El coeficiente de cultivo, K_c , varía principalmente en función de las características particulares del huerto, variando sólo en una pequeña proporción en función del clima. En el caso del olivar, los valores publicados de K_c (**Cuadro 2**) indican que el cultivo consume una cantidad de agua inferior a la de la mayoría de los cultivos herbáceos de regadío, y que además, este K_c no es constante a lo largo del año, pues la transpiración del olivo responde a factores medioambientales y endógenos. El K_c registra valores máximos en primavera y otoño, y valores mínimos en verano por un parcial cierre de estomas en respuesta al déficit de presión de vapor del aire (baja humedad relativa).

CUADRO 2. Coeficientes de cultivo del olivo.

Región	K_c
Córdoba (España)	0,45 - 0,65
Creta (Grecia)	0,6 - 0,75
California (EEUU)	0,55 - 0,65

Fuente: Compilado por Barranco *et al.* (2008).



En huertos de olivo en Córdoba, España, con 60% de cobertura del suelo, Pastor (1994), desarrolló valores mensuales de K_c que se encuentran en los rangos recomendados por Steduto *et al.* (2012), para olivos cultivados en condiciones áridas (menos de 400 mm de lluvia, con inviernos relativamente fríos). Estos valores mensuales se indican en el **Cuadro 3** y fueron utilizados para la programación de riego en olivos del Valle de Azapa, ajustándose de manera óptima en la respuesta fisiológica y productiva de los árboles.

CUADRO 3. Coeficientes de cultivo (K_c) para olivos en distintas etapas de desarrollo.

Etapa fenológica	Mes	K_c
Receso	Junio	0,50
	Julio	0,50
Inicial	Agosto	0,50
Desarrollo	Septiembre	0,65
	Octubre	0,60
	Noviembre	0,55
Medio	Diciembre	0,50
	Enero	0,45
	Febrero	0,45
Final	Marzo	0,55
	Abril	0,60
	Mayo	0,65

Fuente: Pastor (1994).

El efecto del estado de desarrollo del cultivo (superficie cubierta por la copa, S_c), se incluye en el coeficiente de reducción, K_r , que se estima cuando S_c es inferior a 50% y toma valores entre poco más de 0 para un olivar recién plantado y hasta 1 para un olivar adulto e intensivo en condiciones de riego. Este coeficiente se calcula mediante las Ecuaciones 2 y 3 propuestas por Orgaz y Fereres (2008).



$$K_r = \frac{2 \times S_c}{100} \quad (\text{Ecuación 2}) \quad S_c = \frac{\pi \times D^2 \times N}{400} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde D corresponde al diámetro medio de la copa del árbol en metros (m) y N es la densidad de plantas o el número de árboles por hectárea.

Las necesidades de riego brutas (R_b) (mm/día) se calculan mediante la Ecuación 4 (Cadahia, 2005).

$$R_b = \frac{ET_c}{E_{f_a} \times (1 - FL)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde ET_c es la evapotranspiración del cultivo (mm/día), E_{f_a} es la eficiencia de aplicación del sistema y FL es la fracción de lavado (mm/mm).

Una consecuencia de la reducción de agua por riego deficitario es el riesgo de aumentar la concentración de sales en el extracto saturado del suelo, produciendo un impacto en el rendimiento comercial. La fracción de lavado (FL), necesaria para arrastrar las sales del suelo, se determina mediante la Ecuación 5, utilizada para sistemas de goteo y aspersión de alta frecuencia (Fuentes Yagüe, 2003).

$$FL = \frac{CE_a}{2 \text{ Max} CE_e} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde CE_a es la conductividad eléctrica del agua de riego y $\text{Max} CE_e$ es la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, en que ocurre un 100% de descenso de la producción del olivar, equivalente a 14 dS/m (Fuentes Yagüe, 2003).



Por ejemplo, si se tuvieran dos fuentes de aguas de distinta calidad del valle, como agua de canal y agua de pozo, las fracciones de lavado resultan mayores para esta última, debido a que presenta un mayor contenido de sales, como se indica en los siguientes cálculos:

$$\text{Agua de canal} = \frac{1,5 \text{ dS/m}}{(2 \times 14 \text{ dS/m})} = 5,3\%$$

$$\text{Agua de pozo} = \frac{3,7 \text{ dS/m}}{(2 \times 14 \text{ dS/m})} = 13,2\%$$

4.3 Determinación del tiempo de riego

La intensidad de precipitación del sistema (I_p) ($L/m^2 \text{ h} = \text{mm/h}$) se calcula mediante la Ecuación 6 (Phocaides, 2000).

$$I_p = \frac{Q_e \times N_e}{M.P.} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde Q_e es el caudal real del emisor, medido al inicio y final del ensayo, N_e es el número de emisores por planta y M.P. es el marco de plantación.

El tiempo de riego (TR) (minutos/día) se calcula con la Ecuación 7 (Phocaides, 2000).

$$TR = \left(\frac{R_b}{I_p} \right) \times 60 + TR_{lim} \quad (\text{Ecuación 7})$$



Donde R_b es la necesidad de riego bruta a aplicar, I_p es la intensidad de precipitación del sistema (mm/h) y TR_{lim} es el tiempo que demora el emisor más limitante en tener la presión adecuada, medido por el período (minutos), en que el agua desplaza en su totalidad al aire contenido en los laterales de riego.

4.4 Requerimiento hídrico mensual para el olivo cv. Azapa

En el Valle de Azapa, el olivar requiere aproximadamente entre 10.440 y 12.500 m³/ha para suplir los requerimientos de una temporada de producción (**Cuadro 4**), rango explicado por la densidad de plantas por hectárea, la conductividad eléctrica del suelo y el período entre cosechas. Las diferencias se explican por la salinidad del agua de riego, que determina la aplicación de un mayor volumen para lixiviar las sales del perfil de suelo y, de esta manera, no afectar la producción. Para el huerto 1, el período de cultivo abarca desde abril hasta la cosecha en marzo (siguiente año); para el huerto 2, desde junio hasta la cosecha en julio (siguiente año), y en el huerto 3, desde julio hasta la cosecha en julio (siguiente año).

Los requerimientos totales, ensayados para las temporadas 2012/13 y 2013/14, son mayores a los reportados por Torres y Jiménez (1998), quienes indican tasas de riego estimadas de 8.776 m³/ha año para riego tradicional por tazas y de 5.234 m³/ha año para riego localizado de alta frecuencia (goteo, microaspersión) en olivos del Valle de Azapa. Osorio (1981), por otra parte, reporta requerimientos de riego de 7.073 m³/ha año como referencia media del olivar en Azapa, bajo riego tradicional con una densidad de 69 árboles/ha. Estas diferencias están dadas por la densidad y el manejo intensivo.



CUADRO 4. Requerimientos de riego medio mensual de olivos adultos en el Valle de Azapa.

Mes	m ³ /ha		
	Huerto 1	Huerto 2	Huerto 3
Densidad de plantación (árboles/ha)	100	96	158
Conductividad eléctrica de agua de riego (dS/m)	3,7	1,5	2,0
Abril	1.122		
Mayo	838		
Junio	606		
Julio	599	488	637
Agosto	663	556	727
Septiembre	922	742	953
Octubre	1.187	1.009	1.207
Noviembre	1.278	1.070	1.298
Diciembre	1.283	1.073	1.299
Enero	1.285	1.074	1.297
Febrero	1.270	1.063	1.283
Marzo	1.452	1.215	1.468
Abril		1.004	1.217
Mayo		763	905
Junio		384	668
Julio			364
Total	12.504	10.439	13.321
m³ /árbol	125	109	84

Al expresar los requerimientos hídricos brutos en m³/árbol, se puede concluir que el olivo requiere un rango de 84 a 125 m³/árbol/año, que coincide con experiencias preliminares informadas en la zona.

Al aumentar la intensidad de cultivo de esta especie (mejorando técnicas de poda, densidad de plantación y fertilización), es de esperar que los requerimientos hídricos tiendan a reducirse por unidad de árbol, pero a incrementarse por unidad de superficie.



4.5 Bibliografía

Barranco, D.; Fernández-Escoba, R. y Rallo, L. 2008. El cultivo del olivo. Ediciones Mundi-Prensa, 6ta Edición, Madrid, España. 846 p.

Cadahia, C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa. 681 p.

Connor, J. and Fereres, E. 2005. The Physiology of Adaption and Yield Expression in Olive. *In*: Darnell, R.; Ferguson, I.; Hokanson, S. (Eds.). Hort. Rev. 34: 155-229.

Ferreya, R.; Selles, G. y Selles, I. 2001. Riego Deficitario Controlado en Olivos. Boletín INIA N° 59. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Platina, Santiago, Chile. 48 p.

Fuentes Yagüe, J. 2003. Técnicas de riego. 4ta edición. Ediciones Mundi-Prensa. 482 p.

Iniesta, F.; Testi, L.; Orgaz, F. and Villalobos, F. 2009. The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. *Eur. J. Agron.* 30: 258-265.

Lavini, A.; D' Andria, R.; Patumi, M.; Morelli, G. and Tognetti, R. 2008. Water management of olive trees (*Olea europaea* L.) in a hilly environment of Central South Italy. Disponible en: <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a84/00800963.pdf>. Fecha de consulta: Abril de 2013.

Orgaz, F. y Fereres, E. 2008. Riego. En: D. Barranco, R. Fernández-Escobar R. y L. Rallo (Eds.); El cultivo del olivo. 6ta Edición, Ediciones Mundi-Prensa D. p. 337-362.



Phocaides, A. 2000. Technical Handbook on Pressurized Irrigation Techniques. FAO. Rome, Italy. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/pressirrig.pdf>. Fecha de consulta: Agosto del 2013.

Steduto, P.; Hsiao, T.; Fereres, E. and Raes, D. 2012. Crop yield responses to water. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 66. Rome, Italy. 505 p.

Tognetti, R.; D'andria, R.; Lavini, A. and Morelli, G. 2006. The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea europaea* L. (cvs. Frantoio and Leccino). Eur. J. Agron. 25: 356-364.





Capítulo 5

Manejo y Efecto del Riego Deficitario Controlado (RDC) en olivos del Valle de Azapa

Alejandro Antúnez B.

Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
INIA La Platina

Evelyn Cajías A.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
INIA Ururi

Luis Felipe Román O.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
INIA Ururi



5.1 Introducción

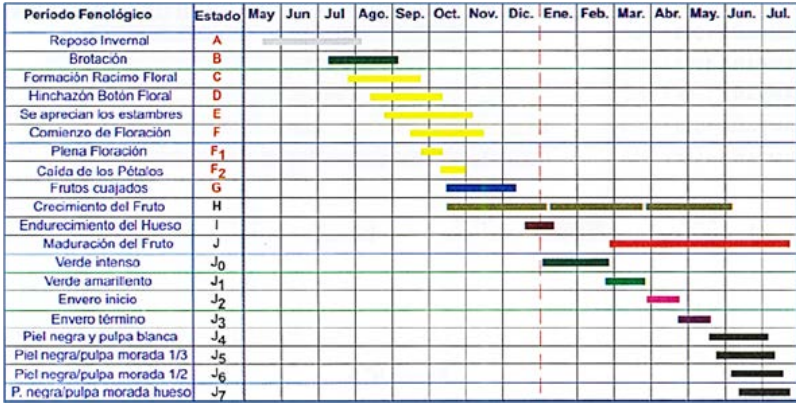
El riego deficitario controlado (RDC), es una alternativa ante situaciones de limitada disponibilidad de agua de riego y consiste en reducir la cantidad de agua por debajo de los requerimientos hídricos del cultivo durante ciertos periodos fenológicos, sin afectar rendimiento y calidad (Tognetti *et al.*, 2006; Fereres y Soriano, 2007; Orgaz y Fereres, 2008; Moriana *et al.*, 2010).

Esta técnica ha sido evaluada en árboles de nueces como almendro y pistacho; en frutales como olivo, cítricos, manzano y en otros como vid vinífera, casi siempre con resultados positivos, con la ventaja de que el ahorro de agua puede destinarse al riego de una superficie adicional u otros usos alternativos (Fereres y Soriano, 2007).

En olivo, etapas críticas a la falta de agua corresponden a brotación, floración, cuajado, Etapa I o crecimiento inicial del fruto y Etapa II o endurecimiento del carozo, por lo cual durante estos periodos el olivar no debe exponerse a un déficit hídrico. En programas de RDC, la reducción del aporte de agua se realiza desde fines de la Etapa II hasta la cosecha (Moriana *et al.*, 2002; Cadahia, 2005; Orgaz y Fereres, 2008), pues corresponde a períodos con menor sensibilidad al déficit hídrico. De acuerdo a la fenología del olivo en el Valle de Azapa (**Figura 1**), la Etapa II del fruto ocurre desde mediados de diciembre hasta mediados de enero (Sotomayor, 2002), mientras que el período de cosecha abarca los meses de mayo (olivas para verde sevillano) y junio-julio (olivas para aceituna negra).



FIGURA 1. Fenología del olivo cv. Azapa (media de estudio 1994/1999)



Fuente: Sotomayor (2002).

Debido al carácter alternante del olivar, es decir, una temporada de alta carga frutal seguido de una temporada de baja carga frutal, se requiere de varios años de estudio de RDC para obtener indicaciones concluyentes para el olivicultor. Si bien la mayoría de los antecedentes de RDC se han realizado en países del Mediterráneo europeo, productores de aceite de oliva como España, Italia y Portugal, detallan que existen algunos reportes aplicados en olivas para la preparación de aceitunas de mesa. Así, Goldhamer (1999), concluye que, la reducción de un 16 a 25% de agua en olivos del cv. Manzanillo en California, EEUU, durante el verano, no tiene impacto negativo en el rendimiento; mientras que un déficit hídrico severo impuesto por un 44% de reducción del agua aplicada, disminuye los rendimientos en un 10%. A su vez, en la zona central de Chile, la reposición de hasta un 40% de evapotranspiración del cultivo (ET_c) durante la Etapa III, no afecta la carga frutal en el cv. Sevillana, mientras que la reposición del 25% de ET_c , afecta el peso final de los frutos en años de alta y baja carga frutal (Selles *et al.*, 2006).



La aplicación de RDC requiere del conocimiento de la respuesta fisiológica del cultivo al momento y duración del estrés hídrico (Moriana *et al.*, 2010). Esta respuesta también varía considerablemente según el genotipo (variedad y/o cultivar), etapa de crecimiento, carga frutal y condiciones ambientales locales, siendo fundamental monitorear de manera práctica el estado hídrico del frutal mediante el potencial hídrico xilemático (ψ_x), conductancia estomática (gs), flujo de savia, fluctuaciones del diámetro de tronco (Moriana *et al.*, 2010).

En el Valle de Azapa, el ensayo de RDC en olivos se realizó en tres módulos experimentales durante las temporadas 2012/13 y 2013/14. Los huertos correspondieron a Alto Albarracines (Módulo 1), Parcela 10 (Módulo 2) y Truffa Hermanos (Módulo 3), ubicados en los km 9; 10,5 y 19 del Valle de Azapa (**Figura 2**).



FIGURA 2. Módulos demostrativos en ensayo de RDC en olivares del Valle de Azapa.

En las unidades se aplicaron los siguientes tratamientos de riego:

- T₀ : Tratamiento control, con un suministro del 100% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c).
- T₁ : Suministro del 80% de ET_c
- T₂ : Suministro del 60% de ET_c
- T₃ : Suministro del 40% de ET_c



Hasta finalizada la Etapa II del fruto, todos los árboles recibieron el 100% de los requerimientos del cultivo, mientras que desde inicio de Etapa III, ocurrida a fines de diciembre para las dos temporadas estudiadas y hasta la cosecha, se suministraron los tratamientos de RDC. Los requerimientos hídricos totales para cada tratamiento y módulo se detallan en el **Cuadro 1**.

CUADRO 1. Requerimiento hídrico total de tratamientos de RDC suministrado en olivos del Valle de Azapa.

Módulo	m ³ /ha			
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
1	12.504	11.645	10.733	9.781
2	10.439	9.311	8.172	7.032
3	13.321	10.657	7.993	5.328

5.2 Contenido volumétrico de agua en el suelo

El contenido volumétrico de agua en el suelo (θ_v) se evaluó mediante una sonda de capacitancia (FDR) Diviner 2000, hasta una profundidad de 50 cm, en todos los tratamientos (**Figura 3**).



FIGURA 3. (a) Medición con FDR (Diviner 2000®) en proyecto.
(b) Tubo de acceso PVC y sensor FDR.



En la **Figura 4**, se observa que para la temporada 2012/13, la humedad del suelo de los tratamientos se encuentra en el rango de la humedad aprovechable. Es decir, entre capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). Durante la Etapa III del fruto, hubo efecto de la estrategia de RDC en el contenido de agua en el suelo, siendo menor en el tratamiento más restrictivo (40% de ET_c), que promedió 21,6%, valor cercano al PMP de 19,4%, mientras que en el resto de los tratamientos tuvo una media entre 24,4 y 26,3%.

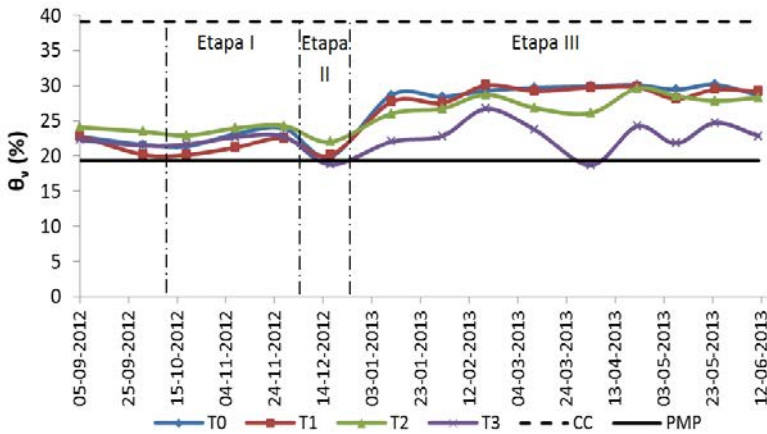


FIGURA 4. Contenido volumétrico de agua en suelo de olivo bajo RDC, temporada 2012/13.

Para la temporada 2013/14, en el **Figura 5** se observa que la humedad del suelo de los tratamientos se encuentra en el rango de humedad aprovechable. Durante la Etapa III del fruto, hubo efecto de la estrategia de RDC en el contenido de agua en el suelo, siendo menor en el tratamiento más restrictivo (40% de ET_c) que promedió 21,9%, valor cercano al PMP, mientras que el resto de los tratamientos tuvo una media entre 25,7 y 28,1%.



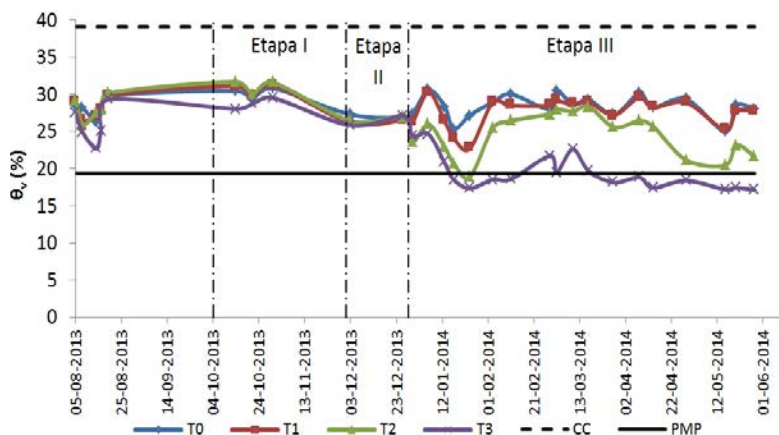


FIGURA 5. Contenido volumétrico de agua en suelo de olivo bajo RDC, temporada 2013/14.

5.3 Estado hídrico de árboles

El monitoreo del estado hídrico de los árboles contempló mediciones de potencial hídrico xilemático a mediodía (ψ_x), conductancia estomática (g_s) y contenido relativo de agua (CRA).

El potencial hídrico xilemático corresponde a la tensión o presión negativa de los vasos del xilema en el tronco y es representativo de la planta completa (Moriana *et al.*, 2010). Su valor más alto (cercano a 0), se registra antes de amanecer y posteriormente disminuye, llegando a su punto mínimo cerca del mediodía (valor más negativo), como consecuencia del aumento en la demanda evaporativa de la atmósfera (Selles y Ferreyra, 2006).

Su medición a mediodía se realiza insertando una ramilla en una cámara de presión tipo Scholander (Figura 6), con las ventajas de que su baja variabilidad, menor costo y valores de referencia (sin estrés hídrico), lo hace más práctico en huertos comerciales (Moriana *et al.*, 2012).





FIGURA 6. Aplicación de nitrógeno en medición de potencial hídrico en ramilla de olivo mediante una cámara de Scholander.

Para olivos aceiteros de la Cuenca del Mediterráneo, Moriana *et al.* (2012), establecieron que el Ψ_x de referencia previo a Etapa II (endurecimiento del carozo) corresponde a -1,2 MPa. Posterior a esta etapa, el valor umbral fue establecido en -1,4 MPa. Por otra parte, Dell'Amico *et al.* (2012), indican que un Ψ_x a mediodía de -1,8 MPa representa una referencia de estrés hídrico en olivos.

Para la zona de San Felipe, Región de Valparaíso, se establecieron los siguientes valores referenciales en olivos del cv. Manzanillo (Ferreira *et al.*, 2010):

- Potencial hídrico xilemático : -1,1 a -1,6 MPa
- Conductancia estomática : 0,8 a 0,4 cm/s



La conductancia estomática representa la tasa de ingreso de dióxido de carbono o vapor de agua que sale del estoma de la hoja y depende de la cantidad de sombra y luz que recibe la hoja, su edad y posición en la planta o árbol. Este parámetro se mide a través de un porómetro de hoja (**Figura 7**).



FIGURA 7. Medición de conductancia estomática en olivos del ensayo de RDC.

El **Cuadro 2**, se presenta los valores de referencia, sin estrés hídrico, obtenidos para las dos temporadas evaluadas en olivos del Valle de Azapa. Cabe señalar, que tanto la conductancia estomática como el contenido relativo de agua, no fueron afectados por los tratamientos de RDC.



CUADRO 2. Potencial hídrico xilemático a mediodía, conductancia estomática y contenido relativo de agua de referencia en olivos del Valle de Azapa.

Etapa fenológica	Mes	Ψ	Conductancia	Contenido
		xilemático a mediodía (MPa)	estomática (mmol/m ² s)	relativo de agua (%)
Brotación	Julio			
	Agosto	-0,6 a -1,0	38,8	67,4
Floración	Septiembre			
Etapa I	Octubre			
	Noviembre	-1,0 a -1,3	48,6	56,2
Etapa II	Diciembre	-1,4	39,2	53,3
Etapa III	Enero			
	Febrero			
	Marzo	-1,4 a -1,8	45,6	61,3
	Abril			
	Mayo	-1,6 a -1,8	44,4	61,23
	Junio			

En olivos, se ha reportado que la conductancia estomática es menos sensible al estrés hídrico que el crecimiento vegetativo o el Ψ_x (Moriana y Fereres, 2002). De esta manera, frente a eventos de déficit hídrico, el olivar tendría la capacidad para mantener la fotosíntesis (Dell'Amico *et al.*, 2012). Reducciones significativas de gs se consideran indicadoras de condiciones severas de estrés hídrico que limitan, a su vez, la asimilación y producción de carbohidratos (Moriana *et al.*, 2002).

Para el contenido relativo de agua (CRA), que representa el porcentaje de agua en un tejido, Melgar *et al.* (2008), durante un estudio de nueve años en el cv. Picual en Córdoba, España, no observaron diferencias significativas en el contenido de agua de la hoja en respuesta al agua aplicada.



5.4 Estado vegetativo de los árboles

En el ensayo de RDC, el crecimiento vegetativo se evaluó periódicamente midiendo la longitud de 16 brotes etiquetados en cada tratamiento de riego.

En la **Figura 8**, se observa que para un año de alta carga frutal, la longitud de ramillas no se afecta con la estrategia de RDC, porque el mayor crecimiento de los brotes se desarrolla durante los períodos en que los árboles reciben el total de sus requerimientos de riego. Es decir, entre los meses de agosto y mediados de diciembre. La longitud de los brotes registró una media de alrededor de cuatro cm, limitada por la carga frutal presente, y que podría afectar la formación de órganos florales de la siguiente temporada.

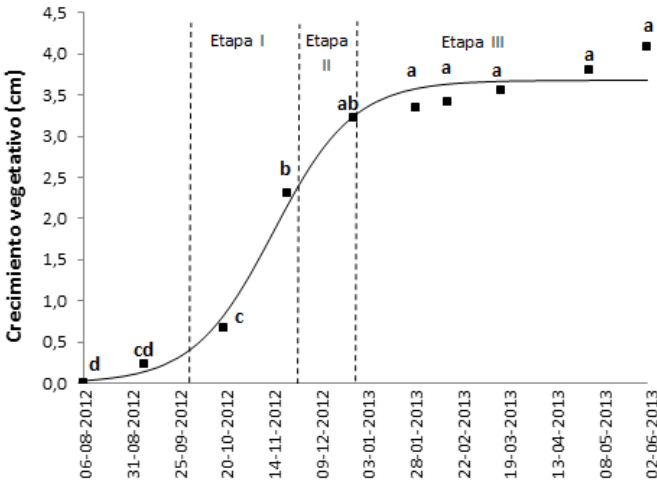


FIGURA 8. Crecimiento vegetativo (cm) en olivos del Valle de Azapa durante ensayo de RDC. Temporada 2012/13.



Durante la segunda temporada, se registraron diferencias significativas en la longitud de las ramillas entre los tratamientos. Se observa que el tratamiento que obtuvo el mayor crecimiento fue T_3 con 7,4 cm; seguido de T_2 y T_1 con 5,1 y 5,9 cm, respectivamente. El tratamiento T_0 presentó el menor crecimiento vegetativo con 2,66 cm (**Figura 9**).

En T_3 , la menor carga frutal produjo un mayor crecimiento vegetativo que no fue afectado por el déficit hídrico aplicado desde Etapa III del fruto hasta la cosecha. Por lo tanto, el crecimiento vegetativo de los tratamientos para la temporada 2014 estuvo más determinado por la carga frutal de los árboles, que por los tratamientos de RDC aplicados.

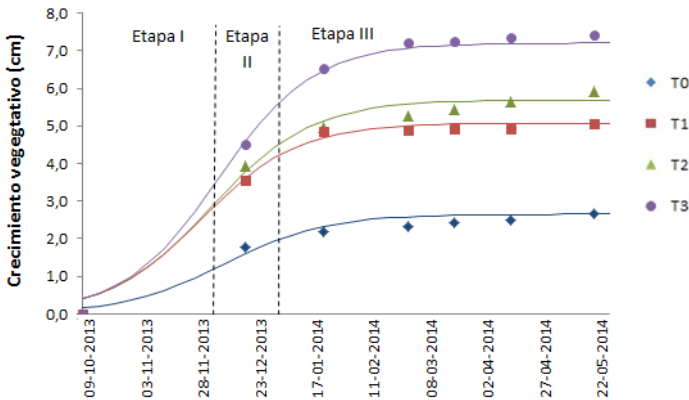


FIGURA 9. Crecimiento vegetativo (cm) en olivos del Valle de Azapa durante ensayo de RDC, temporada 2013/14 ($T_0 = 100\% ET_C$; $T_1 = 80\% ET_C$; $T_2 = 60\% ET_C$; $T_3 = 40\% ET_C$).



5.5 Otros parámetros evaluados

Fluctuaciones del diámetro de tronco

La dendrometría permite registrar variaciones de la contracción y dilatación diaria del tronco en forma continua. Esta contracción representa la pérdida máxima de agua que experimenta la planta por transpiración durante las horas de mediodía solar. Para medir las fluctuaciones del diámetro del tronco se instaló, en forma experimental, un dendrómetro electrónico (Dendrometer Data Logger DL15 Ecomatik, Hobo®), por tratamiento en árboles que presentaban homogeneidad en formación, productividad y calidad de fruta. Cada sensor se ajustó a uno de los brazos de cada árbol, a una altura de 1,5 metros (**Figura 10**).



FIGURA 10. Sensor de dendrometría en olivo del Valle de Azapa.



En la **Figura 11**, se observa los patrones estacionales de crecimiento que presentaron los tratamientos durante el ensayo RDC, con un aumento desde agosto de 2012 hasta un peak que ocurrió a mediados de noviembre de 2012, coincidiendo con el crecimiento vegetativo medido en las ramillas para la primera temporada. Posteriormente, se observa una disminución del diámetro máximo diario hasta julio de 2013, para aumentar paulatinamente hasta un segundo peak en enero de 2014, coincidiendo con el período de crecimiento de las ramillas de la segunda temporada. Cabe señalar, que para las condiciones experimentales de los módulos, se registró descalibraciones de los dendrómetros en las temporadas.

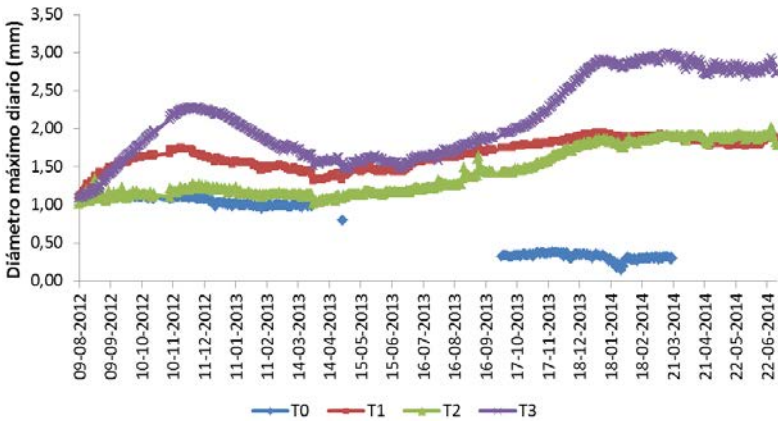


FIGURA 11. Diámetro máximo diario del tronco en olivos medido con dendrometría en módulo Gallo, período 2012/14 ($T_0 = 100\% ET_C$; $T_1 = 80\% ET_C$; $T_2 = 60\% ET_C$; $T_3 = 40\% ET_C$).



5.6 Rendimiento

La producción de fruta se evaluó en todos los árboles que conformaron el Módulo experimental. Para los Módulos 1 y 3, las olivas se cosecharon para verde sevillano con un índice de madurez de 30% de mulata (meses de abril y mayo). Para el Módulo 2, los árboles se cosecharon para aceituna negra con un índice de madurez entre 6 y 7 (mes de junio).

De acuerdo al **Cuadro 3**, durante la temporada 2012/13, los tratamientos de RDC no afectaron el rendimiento. Para el Módulo 1, de baja carga frutal, la media de producción fue de 2,2 ton/ha, mientras que los Módulos 2 y 3, de alta carga frutal, presentaron producciones de 11,7 y 14,5 ton/ha, respectivamente.

Para la temporada 2013/14, se observa una disminución del rendimiento en los Módulos 1 y 2, conforme aumenta el estrés hídrico aplicado. De esta manera, hubo efecto de los tratamientos de RDC sobre la producción de los árboles ensayados, posiblemente debido a que las restricciones impuestas durante el verano de la temporada anterior afectaron la inducción floral de los brotes, repercutiendo en un menor número de frutos para la segunda temporada.

Cabe destacar que los árboles regados con el 100% de los requerimientos, aumentaron su rendimiento en la temporada 2013/14, no observándose alternancia en los Módulos 2 y 3.



CUADRO 3. Rendimiento (ton/ha) en olivos para cada módulo y tratamiento de RDC en dos temporadas de producción.

		Temporada		
		2012/13	2013/14	
Módulo 1				
T ₀	100% ET _c	2,65	7,26	a
T ₁	80% ET _c	3,09	2,30	b
T ₂	60% ET _c	1,86	2,76	b
T ₃	40% ET _c	1,90	3,88	ab
Módulo 2				
T ₀	100% ET _c	12,47	13,16	a
T ₁	80% ET _c	12,05	8,70	ab
T ₂	60% ET _c	11,27	6,71	b
T ₃	40% ET _c	10,91	4,40	b
Módulo 3				
T ₀	100% ET _c	19,13	30,11	
T ₁	80% ET _c	10,70	31,03	
T ₂	60% ET _c	13,79	29,97	
T ₃	40% ET _c	14,37	30,15	

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas según la Prueba de DMS ($P \leq 0,05$).



5.7 Distribución de calibres comerciales

Si bien la mayoría de los estudios de RDC se realizan sobre rendimiento en variedades aceiteras, pocos son los trabajos que evalúan calidad de olivas para aceitunas de mesa bajo RDC. Al respecto, aportes de hasta un 75% de ET_c durante la Etapa III del fruto, no reducen el crecimiento de frutos en el cv. Manzanilla en Andalucía, España. Mientras que el suministro del 50% de ET_c afecta el tamaño de frutos (Hidalgo *et al.*, 2006), respaldando los resultados obtenidos en el ensayo. De acuerdo a Fernandes (1998), las respuestas del olivo al nivel de agua difieren entre temporadas, debido a la alternancia de cada cultivar.

En el Módulo 1 (**Figura 12**), para la temporada 2012/13, se observa que la producción se distribuyó mayoritariamente en el calibre "tercera" (180/150 frutos/kg). Los tratamientos de RDC no afectaron significativamente la distribución comercial de calibres comerciales, a excepción del calibre "extra" (80/100), que fue afectado por los tratamientos con reposición del 60 y 40% de ET_c . Por lo tanto, para la primera temporada evaluada, fue posible alcanzar un 20% de ahorro de agua mediante la estrategia de RDC. Es decir, el cultivo se pudo regar con un 80% de la evapotranspiración del cultivo, equivalente a 11.645 m³/temporada.

Para la temporada 2013/14, se observa que la producción se distribuyó mayoritariamente en el calibre "tercera" (180/150). Los tratamientos de RDC no afectaron significativamente la distribución porcentual de calibres comerciales, a excepción del calibre "tercera" (180/150), en el cual las reposiciones del 80 y 40% de ET_c obtuvieron los menores porcentajes. Sin embargo, como el rendimiento se redujo con las restricciones hídricas, no fue posible confirmar que la técnica de RDC pueda aplicarse en olivos del Valle de Azapa.



En otros términos, la experiencia de la segunda temporada de riego en el Módulo 1, recomendó regar con un 100% de los requerimientos del olivar. Es decir, 12.504 m³/temporada.

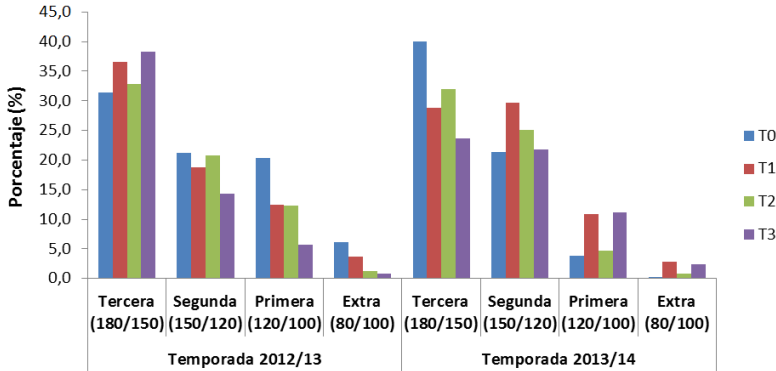


FIGURA 12. Distribución porcentual de calibres comerciales bajo estrategia de RDC en el Módulo 1

$$(T_0 = 100\% ET_c, T_1 = 80\% ET_c, T_2 = 60\% ET_c, T_3 = 40\% ET_c).$$

En el Módulo 2 (**Figura 13**), se observa que para ambas temporadas evaluadas, la producción se distribuyó mayoritariamente en el calibre “primera” (110/130). Para la temporada 2012/13, hubo diferencias significativas de todas las reposiciones en los calibres comerciales evaluados, en el cual los tratamientos T_2 y T_3 obtuvieron los menores porcentajes. Por lo tanto, para la primera temporada evaluada, fue posible alcanzar un 20% de ahorro de agua mediante la estrategia de RDC. Es decir, el cultivo se pudo regar con un 80% de la evapotranspiración del cultivo, equivalente a 9.311 m³/temporada.

Para la temporada 2013/14, no hubo diferencias significativas en la distribución porcentual de calibres comerciales. Sin embargo, de la misma forma que en el Módulo 1, el rendimiento se redujo con las restricciones hídricas, no siendo posible confirmar que la técnica de RDC pueda aplicarse en olivos del Valle de Azapa.



En otros términos, la experiencia de la segunda temporada de riego en el Módulo 2, recomendó regar con un 100% de los requerimientos del olivar. Es decir, 10.439 m³/temporada.

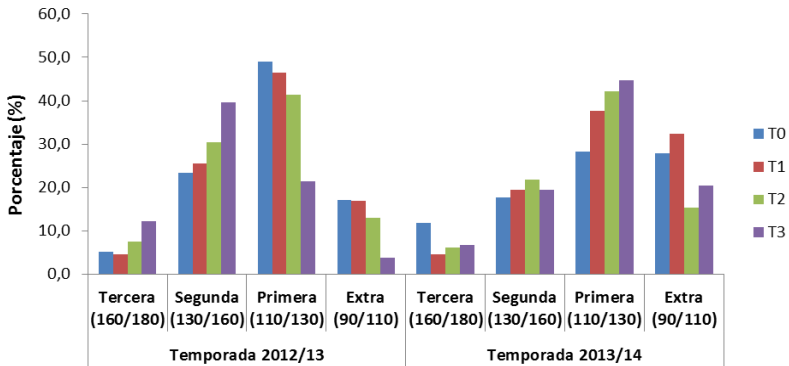


FIGURA 13. Distribución porcentual de calibres comerciales bajo estrategia de RDC en el Módulo 2

$$(T_0 = 100\% ET_c, T_1 = 80\% ET_c, T_2 = 60\% ET_c, T_3 = 40\% ET_c).$$

En el Módulo 3 (**Figura 14**), para la temporada 2012/13 no se observó diferencias significativas entre los tratamientos de RDC para todos los calibres evaluados. La producción se distribuyó mayoritariamente en calibre segunda (130/160), seguido de calibre primera (110/130). Estos resultados indican que el tratamiento más restrictivo, que aplicó 40% de ET_c , no afectó el tamaño de los frutos.

Para la temporada 2013/14, no se observó diferencias significativas entre los tratamientos de RDC para todos los calibres evaluados. La producción se distribuyó similarmente entre los calibres primera, segunda y tercera. A diferencia de los módulos 1 y 2, para ambas temporadas la aplicación del 40% de ET_c no afectó el rendimiento y tamaño de los frutos.



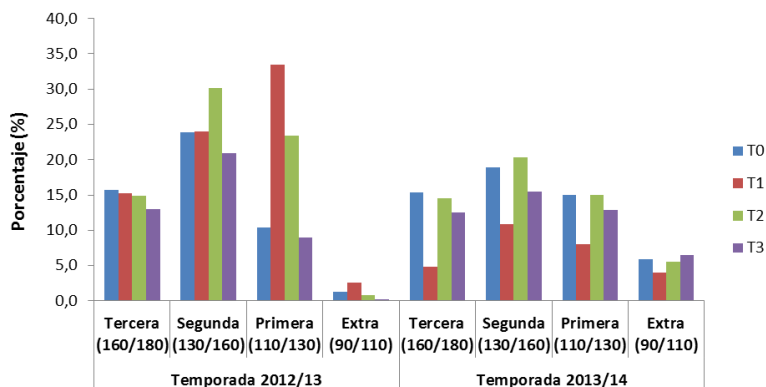


FIGURA 14. Distribución porcentual de calibres comerciales bajo estrategia de RDC en el Módulo 3

($T_0 = 100\% ET_c$, $T_1 = 80\% ET_c$, $T_2 = 60\% ET_c$, $T_3 = 40\% ET_c$).

5.8 Curvas de producción del rendimiento vs agua aplicada

En la **Figura 15**, se presenta las curvas de producción de olivo bajo RDC en el Valle de Azapa, que relacionan el porcentaje de agua aplicada (porcentaje de ET_c), durante la Etapa III del fruto, con respecto al porcentaje de rendimiento máximo obtenido con el tratamiento control. Para la temporada 2012/13, se observa que la reducción de hasta un 60% de ET_c (40% ET_c), por un período de 199 días, no afectó el rendimiento. Para la temporada 2013/14, se observa que las reposiciones de RDC impuestas tuvieron efectos significativos sobre la producción. De esta manera, el suministro del 80, 60 y 40% de ET_c redujo el rendimiento entre un 40 a 70%.



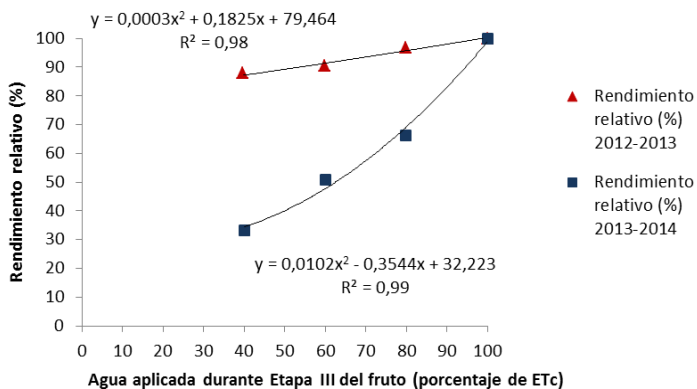


FIGURA 15. Relación entre el porcentaje de agua aplicada durante Etapa III del fruto (porcentaje de ET_c) y el porcentaje de rendimiento de olivas.

Si bien los estudios de RDC evalúan la respuesta del olivar a largo plazo y reciben aportes de agua en forma de precipitaciones, los resultados de dos temporadas bajo RDC en el Valle de Azapa confirman que el cv. Azapa requiere el suministro de las necesidades totales de ET_c. Autores como Lavini *et al.* (2008), y Tognetti *et al.* (2006), determinaron una disminución de un 20% de rendimiento en el cv. Ascolana tenera y los cvs. Frantoio y Leccino, en Benevento, sur de Italia, con reposiciones del 66% de ET_c, desde Etapa II a maduración.

A su vez, Meleh y Podestá (2012), en Argentina, determinaron un 10% de disminución de rendimiento en olivos del cv. Picual con reducciones de agua de un 40 a 44% durante las Etapas II y III. Por otra parte, Mehanna *et al.* (2012), en olivos jóvenes del cv. Manzanillo en el Desierto de Alejandría, Cairo, Egipto, indicaron que la reposición del 66% de ET_c afectó el rendimiento, sugiriendo que una reducción de riego se puede aplicar desde cosecha a la emergencia floral, no así desde Etapa II a cosecha.



5.9 Bibliografía

Cadahia, C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa. 681 p.

Dell'Amico, J.; Moriana, A.; Corell, M.; Girón, I.; Morales, D.; Torrecillas, A. and Moreno, F. 2012. Low water stress conditions in table olive trees (*Olea europaea* L.) during pit hardening produced a different response of fruit and leaf water relations. *Agric. Water Manage.* 114: 11-17.

Fereres, E. and Soriano, M. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.* 58 (2): 147-159.

Fernandes, J. 1998. Rendimiento y respuesta fisiológica de la variedad de aceituna de mesa "Azeitera" al riego por goteo con distintas dosis de agua. *OLIVAE* 74: 50-53

Ferreyra, R.; Selles, G.; Burgos, L.; Villagra, P.; Sepúlveda, P. y Lemus, G. 2010. Manejo del Riego en Frutales en condiciones de Restricción hídrica. Boletín INIA N° 214. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Platina, Santiago, Chile. 100 p.

Goldhamer, D. 1999. Regulated deficit irrigation for California canning olives. *Acta Hort.* 474: 3-372.

Hidalgo, J.; Vega, V.; Pastor, M. y Rodríguez, M. 2006. Ensayo para la optimización del riego en olivar de aceituna de mesa: la variedad Manzanilla y su influencia en la recolección mecánica de la aceituna. *Revista Agricultura (España)* 75 (885): 410-417

Lavini, A.; D' Andria, R.; Patumi, M.; Morelli, G. and Tognetti, R. 2008. Water management of olive trees (*Olea europaea* L.) in a hilly environment of Central South Italy. Disponible en: <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a84/00800963.pdf>. Fecha de consulta: Abril de 2013.



Mehanna, H.; Stino, R.; Saad, I. and Gad, A. 2012. The influence of deficit irrigation on growth and productivity of Manzanillo olive cultivar in desert land. *J. Hort. Sci. & Ornament. Plants*, 4 (2): 115-124

Meleh, J. and Podestá, L. 2012. Effect of regulated deficit irrigation on yield and quality of soil and leaf-level responses of Picual olive cultivar. *In: Abstracts of VIIIth International Symposium on olive growing*, San Juan, Argentina. 54 p.

Moriana, A. and Fereres, E. 2002. Plant indicators for scheduling irrigation for young olive trees. *Irrig. Sci.* 21, 83–90.

Moriana, A.; Villalobos, F. and Fereres, E. 2002. Stomatal and photosynthetic responses of olive (*Olea europaea* L.) leaves to water deficits. *Plant Cell Environ.* 25: 395-405.

Moriana, A.; Girón, I.; Martín-Palomo, M.; Conejero, W.; Ortuño, M.; Torrecillas, A. and Moreno, F. 2010. New approach for olive trees irrigation scheduling using trunk diameter sensors. *Agric. Water Manage.* 97: 1822-1828.

Moriana, A.; Pérez-López, D.; Prieto, M.; Ramírez-Santa-Pau, M. and Pérez-Rodríguez, J. 2012. Midday stem water potential as a useful tool for estimating irrigation requirements in olive trees. *Agric. Water Manage.* 112: 43-54.

Orgaz, F. y Fereres, E. 2008. Riego. En: D. Barranco, R. Fernández-Escobar R. y L. Rallo (Eds.): *El cultivo del olivo*. 6ta Edición, Ediciones Mundi-Prensa D. p. 337-362.

Osorio, A. 2006. Manejo del riego en olivos: La experiencia de Chile. III Jornadas de actualización en Riego y Fertirriego. Ministerio de Agricultura, Chile. Disponible en: <http://www.ina.gov.ar/pdf/CRA-IIIFERTI/CRA-RYD-C7-Osorio.pdf>. Fecha de consulta: Mayo de 2013.



Selles, G.; Ferreyra, 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. *Agric. Técnica (Chile)* 66 (1): 48-56 p.

Selles, G. y Ferreyra, R. 2006. Sistema de monitoreo de planta. En: I. Maldonado y R. Aravena (Eds.): *Redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas y sus Aplicaciones productivas*. Boletín INIA N° 145. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Quilamapu, Chillán, Chile. 265-286 p.

Tognetti, R.; D'andria, R.; Lavini, A. and Morelli, G. 2006. The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea europaea* L. (cvs. Frantoio and Leccino). *Eur. J. Agron.* 25: 356-364 p.

Torres, A. y Jiménez, M. 1998. Programa de Investigación en Parcelas Experimentales, Cuenca Río San José. Universidad de Tarapacá (Chile), D.G.A SIT 52 (1). 116 p.



CONCLUSIONES

En olivos del cv. Azapa, las restricciones hídricas impuestas durante la Etapa III del fruto hasta la cosecha, no afectaron el crecimiento vegetativo, pues la longitud de las ramillas estaría más determinada por la carga frutal de los árboles. Asimismo, los parámetros fisiológicos tampoco se afectaron, a excepción del potencial hídrico a mediodía, resultando en una herramienta recomendable para monitorear el estado hídrico de los árboles.

Ante eventos de escasez hídrica en la región o competencia del recurso con otros cultivos, es posible disminuir hasta en un 20% el aporte de agua en olivos sin afectar rendimiento y calibre. Sin embargo, los efectos del déficit hídrico aplicados se reflejan en la siguiente temporada en una reducción de rendimiento de hasta un 70%, lo cual evidentemente repercute en una mayor merma económica para el productor. La disminución de rendimiento puede explicarse por las restricciones impuestas en la primera temporada, que afectan la inducción floral de los brotes e indirectamente el número de flores de la siguiente temporada. Por lo tanto, se requiere la reposición del 100% de ET_c para alcanzar mayores rendimientos y calibre de fruta "extra" y "primera". De esta manera, el buen manejo del riego en olivos del Valle de Azapa, puede aportar significativamente en el control de la reducción del carácter alternante de la producción de los árboles que permita darle mayor sustentabilidad al rubro en la Región.





RIEGO Y PRODUCCIÓN DE OLIVOS

EN EL VALLE DE AZAPA

