Gobierno de la Provincia de La Rioja
Ministerio de Planeamiento e Industria
Consejo Federal de Inversiones



Manual de protocolos de manejo de plagas y patologías del olivo

Clúster Olivícola Riojano
Programa de Fortalecimiento Sanitario de la Producción Olivícola Provincial

VERSIÓN PRELIMINAR - **OCTUBRE 2019**



PROVINCIA DE LA RIOJA

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA
C. P. N. SERGIO CASAS

MINISTRO DE PLANEAMIENTO E INDUSTRIA DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA
DR. RUBÉN GALLEGUILLO

SECRETARIO GENERAL DEL CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
ING. JUAN JOSÉ CIÁCERA

VERSION PRELIMINAR
2019

El presente documento contiene el informe final sobre el Manual de protocolos de manejo de plagas y patologías del olivo elaborado por el equipo de profesionales y técnicos convocados en el marco Programa de Fortalecimiento Sanitario de la Producción Olivícola Provincial que impulsa el clúster olivícola riojano y dentro de los alcances del convenio de asistencia técnica entre el Consejo Federal de Inversiones CFI y el Gobierno de La Provincia de La Rioja – Ministerio de Planeamiento e Industria.

Esta versión preliminar pone a consideración del público en general los contenidos del documento - elaborado por el equipo de autoría - para recibir aportes y sugerencias en esta instancia previa que serán consideradas e incorporadas en la impresión del documento final.

EQUIPO DE TRABAJO

Experto

Matías Esteva.

Colaboradores

Nestor Banno,
María José Bataglia,
Nelson Bernardi Lima,
Franco Bonafede,
María Magdalena Brizuela,
María Andrea Calahorra,
Bárbara S. Defea
María Gabriela Estevez,
María Soledad Frissolo,
Álvaro Foieri
Valeria Gonzalez,
Raquel Mercedes Haelterman,
José Luis Ladux,
Sergio Dante Leiva,
Claudia Maza,
Leandro Montané,
María Laura Otero,
Mauro Andrés Paccioretti,
Susana Liria Paradell,
Silvina Pastor,
Ignacio E. Paunero,
Donna Rattalino,
Mónica Esther María Roca,
María Cecilia Rousseaux,
Peter Stoughton Searles,
Fabián Terán,
Patricia Tolocka.

Agradecimientos

Guillermo Abud,
Violeta Cristina Becerra,
Ignacio E. Paunero.

SUPERVISIÓN DEL ESTUDIO

Contraparte provincial: Ing. Jorge Bengolea.
CFI - Área de Sistemas Productivos Regionales: Ing. Agr. María Eugenia Gallego.

RESUMEN

El estado sanitario de gran parte del olivar tradicional ha experimentado un acelerado deterioro en los últimos años a raíz de la manifestación del síndrome de "rama seca" y/o de la más reciente detectada bacteria patógena *Xylella fastidiosa* (Roca et al. 2014; Haelterman et al., 2015).

Atento a esta situación el gobierno de la provincia de La Rioja a través de su Ministerio de Planeamiento e Industria convocó en el marco del Cluster Olivícola Riojano, conformado por distintos actores de los sectores privado y público, cámaras de productores, asociaciones, organizaciones, claustros académicos, el CRILAR, INTA, INTI y CFI, a especialistas en fitopatología y solicitó la asistencia técnica y financiera del Consejo Federal de Inversiones (CFI) para llevar adelante entre otros el Programa de Fortalecimiento Sanitario de la Producción Olivícola Provincial, cuyo producto final es el presente "Manual de protocolos de manejo de plagas y patologías del olivo" (MIC). Cada capítulo fue desarrollado por diversos especialistas.

En Aimogasta, provincia de La Rioja, el Olivo Cuatricentenario (OC), Monumento Histórico Nacional por decreto 2235/1946, considerado el padre de la olivicultura sudamericana, comenzó a deteriorarse, secándose sus ramas superiores hasta en la actualidad llegar a perder el sector norte de su copa. Los estudios realizados en 2017-2018 por un grupo de expertos interdisciplinario, perteneciente a instituciones públicas y privadas, municipales, provinciales y nacionales indican que debería realizarse un manejo integrado del histórico ejemplar y de los árboles aledaños, con el objetivo de mantener una visión holística del agrosistema olivo, que contemple estrategias centradas en la productividad y sustentabilidad; considerando la realidad social y económica de los pequeños agricultores. Aquellas prácticas diseñadas para el Olivo Cuatricentenario podrán ser extendidas a otros ejemplares de fincas tradicionales y nuevas de la región.

La inocuidad alimentaria toma mayor importancia día a día, los mercados internacionales exigen cada vez más que los alimentos que compran sean inocuos, y ello comienza en el campo. En el presente manual se reedita el trabajo realizado por el Dr. Roberto Octavio Rapela, la AER INTA Aimogasta y LIDERAR[1] para el Ministerio de Industria, Comercio y Empleo de la provincia de La Rioja sobre buenas prácticas agrícolas (BPA) y de manufactura (BPM) para aceituna de mesa, con el objeto de ponerlo nuevamente en valor y al alcance del productor olivícola tradicional.

[1] Rapela Octavio Roberto *et al*. 2006. Protocolo de calidad para aceituna de mesa. Ministerio de Industria, Comercio y Empleo de la provincia de La Rioja. Programa Calidad La Rioja (ley 8.030), con el auspicio del CFI. Impreso por Alejandro Graziani industria gráfica, La Rioja 2685, barrio Alto Alberdi, Córdoba, República Argentina. Septiembre de 2006. 59 páginas.

El Manual comienza con una caracterización botánica, morfológica y fenológica, y una descripción de las variedades de olivo utilizadas en el país. Siguen pautas de manejo en riego, nutrición, poda, control de malezas. Se detallas las buenas prácticas de manejo y de manufactura para obtener fruta inocua. Luego se detallan las prácticas para realizar aplicaciones de agroquímicos seguras. Se describen las principales plagas que afectan a los productores riojanos (agalla de corona, tuberculosis, *Xylella f.,* verticilosis, rama seca, antracnosis). Asimismo se indica cómo tomar muestras para su análisis en laboratorios oficiales especializados.

Se describen también las principales plagas animales y se comentan las prácticas de control integrado.

Por último se presenta un protocolo de producción de plantines elaborado por técnicos privados, del INASE, INTA y SENASA con base en un protocolo que había sido consensuado por el conjunto de productores de plantas de olivo.

Esta obra está destinada principalmente a los técnicos del sector, quienes serán los encargados de su difusión e implementación a campo, capacitando y acompañando al productor. Se ha iniciado el camino de la búsqueda de soluciones a los problemas sanitarios que amenazan al tradicional cultivo y al olivo centenario que da entidad a toda la zona de Arauco, principal foco del flagelo de la bacteria *Xylella fastidiosa,* entre otros patógenos. Las soluciones definitivas llevarán tiempo, que será directamente proporcional a los recursos que se destinen.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN 14

CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA, MORFOLÓGICA Y FENOLOGÍCA DEL OLIVAR. 18

TAXONOMÍA 18

VARIEDADES DE OLIVO MÁS DIFUNDIDAS EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA. 19

FENOLOGÍA DEL OLIVO. 20

BIBLIOGRAFÍA 26

PRÁCTICAS DE MANEJO SUSTENTABLE DEL OLIVAR 27

RESUMEN 27

1. INTRODUCCION 28

2. RIEGO 28

2.1. Humedad del suelo 29

2.2. Balance de agua en el suelo 32

2.3. Evapotranspiración del cultivo 34

2.4. Cálculos para establecer la lámina de riego a aplicar 37

2.5. Riego en plantaciones recién implantadas y en plantaciones maduras 42

3 NUTRICIÓN, USO DE ENMIENDAS Y CULTIVOS DE COBERTURA 44

3.1 **Cómo determinar las necesidades nutricionales del olivo** 46

3.2 Fertilización 49

3.3 Enmiendas y cultivos de cobertura 50

4 PODA 51

5 MALEZAS 58

INTRODUCCIÓN 66

1.- ESPECIFICACIONES PARA EL CULTIVO 67

1.1. PRIMERA ETAPA: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) 67

1.1.2.- Selección del sitio de producción 67

1.1.3.- Agua para uso agrícola: riego y aprovisionamiento. Agua para consumo humano 68

1.1.4.- Material de propagación 70

1.1.5.- Plantación 71

1.1.6.- Abonos orgánicos 71

1.1.7.- Abonos químicos 72

1.1.8.- Equipo e instrumental 73

1.1.9.- Personal 73

1.1.10.- Labores culturales: poda 74

1.1.11.- Instalaciones 74

1.1.12.- Baños y letrinas 75

1.1.13.- Uso y manejo de agroquímicos o productos fitosanitarios 76

1.2. SEGUNDA ETAPA: Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) 87

1.2.1.- Cosecha 87

1.2.2.- Transporte a la planta procesadora 89

1.2.3.- Procesamiento 89

1.2.4.- Envases 93

1.2.5.- Manejo de plagas 93

1.2.6.- Almacenamiento de sustancias peligrosas 93

1.2.7.- Requisitos para el personal 93

1.2.8.- Equipos y utensilios en la producción de aceitunas 94

1.2.9.- Insumos para la producción 95

2.- SISTEMA DE REGISTROS 96

2.1.- Planillas correspondientes a las BPA 96

3.- GLOSARIO Y DEFINICIONES 105

4.- BASE DOCUMENTAL 108

- https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/se-reglamento-la-ley-de-gestion-de-envases-vacios-de-fitosanitarios-que-requisitos-se-establecen-nid2110650 acceso 30/04/2019.APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS 108

SELECCIÓN DEL PRODUCTO 109

TRANSPORTE 109

ALMACENAMIENTO 110

PREPARACIÓN DE LA MEZCLA 112

REALIZACIÓN DEL TRATAMIENTO 113

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) 114

LUEGO DE LA APLICACIÓN 115

BIBLIOGRAFÍA 116

⇨ Cámara de sanidad agropecuaria y fertilizantes (CASAFE). Sin fecha. Manual de uso responsable de los productos para protección de cultivos. Disponible en: file:///C:/Users/Mis%20documentos/Downloads/Manual-Uso-Responsable.pdf (Visto en enero de 2018). 116

⇨ Instituto Navarro de Salud Laboral 2003. Manual de prevención de riesgos laborales en el sector agrario. Disponible en: http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/21EB4483-5498-4457- 116

⇨ 8C5E-8DF64BF1E024/0/portada.pdf (Visto en enero de 2018). 116

⇨ Mitidieri, M.; Polack, A. 2012. Guía de monitoreo y reconocimiento de plagas, enfermedades y enemigos naturales de tomate y pimiento. Ediciones INTA. 2° Edición. San Pedro. Buenos Aires. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp- 116

⇨ intasp_guia_de_monitoreo_2012bdt22.pdf (Visto en enero de 2018). 116

⇨ Pacheco, R.M. ; Barbona, E.I. 2017. Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas. 1° ed. – Bella Vista, Corrientes. Ediciones INTA. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-manual-uso-agroquimicos-frutihorticola.pdf (Visto en enero de 2018). 116

⇨ Paunero, I. E. 2005. Guía de prevención de riesgos laborales para los trabajadores de montes frutales del noreste de la provincia de Buenos Aires. Boletín de Divulgación Técnica, EEA San Pedro, n. 15 (Enero). Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/guia-hys-fruticola/at_multi_download/file/INTASP_GuiaHyS_Fruticola_DBT15.pdf (Visto en marzo de 2018). 117

⇨ Paunero, I.E. 2006. Principales riesgos en el manejo de montes frutales y galpones de empaque de frutas en Argentina, con énfasis en la región del noreste de la provincia de Buenos Aires. III Congreso Nacional y Iº Encuentro Iberoamericano de Prevención de Riesgos Laborales en el Sector Agroalimentario. 4 y 5 de octubre, Santander, España. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/principales-riesgos-en-el-manejo-de-montes- frutales-y-galpones-de-empaque-de-frutas-en-argentina-con-enfasis-en-la-region-del-noreste-de-la-provincia-de-buenos-aires/. (Visto en marzo de 2018).....117

⇨ Paunero, I.E. 2009. Guía de prevención de riesgos laborales para los trabajadores del sector hortícola. Boletín de Divulgación Técnica, EEA San Pedro, n. 17 (Julio). Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/guia-de-prevencion-de-riesgos-laborales-para-los- trabajadores-del-sector-horticola/at_multi_download/file/INTA_SP_Gu%C3%ADa%20para%20Trabajadores%20Hort%C3%ADcolas.pdf (Visto en marzo de 2018). 117

⇨ Paunero et al. 2009. Identificación de los principales tipos de accidentes ocurridos a trabajadores de la actividad hortícola Argentina. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, Volumen 6, número 2: 177-182. Disponible en: http://www.colpos.mx/asyd/volumen6/numero2/asd-08-027.pdf (Visto en marzo de 2018). 117

⇨ Paunero, I. E. 2011. Uso seguro de agroquímicos (Poster). Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-poster_uso_de_agroqumicos.jpg (Visto en enero de 2018). 117

⇨ Paunero, I.E.; Bulascio, L.; Fortunato, N. 2012. Uso seguro de agroquímicos (folleto). Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-uso_agroquimicos.pdf (Visto en enero de 2018). 117

⇨ Paunero, I. E.; Delprino, M.R. 2014. Relevamiento de riesgos laborales en el trabajo en los viveros de San Pedro, Bs. As. En: Actas XXXVII Congreso Argentino de Horticultura. Mendoza. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/riesgo-laborales-en-viveros (Visto en marzo de 2018).....117

⇨ Pórfido, D. 2008. Manual de almacenamiento seguro. 2° Edición. CASAFE. Disponible en: file:///C:/Users/Mis%20documentos/Downloads/Manual-Almacenamiento-Seguro.pdf (Visto en enero de 2018). 118

⇨ SAGPyA 2018. Resolución SAGPyA Nº 71/1999. Guía de buenas prácticas de higiene y agrícolas para la producción primaria (cultivo-cosecha), empacado, almacenamiento y transporte de hortalizas frescas. Disponible en: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/55000-59999/56077/norma.htm (Visto en enero de 2018). 118

⇨ Sánchez, M. G.; Mitidieri, M. 2010. Fitosanitarios permitidos para la producción y poscosecha de hortalizas. Guía para el productor. INTA. EEA San Pedro. San Pedro. Buenos Aires. 109 p.AGALLA DE CORONA 118

DAÑO 120

Penetración.....120

Condiciones predisponentes 120
MEDIDAS DE CONTROL 120
CONTROL BIOLÓGICO 121
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 121
⇨ Peñalver, R., Marco-Noales, E. y M.M. López. 2018. Tumores causados por *Agrobacterium* (*Rhizobium*) spp. Pág. 221- 237. En: Enfermedades de plantas causadas por bacterias. Ed. M.M. López, J. Murillo, E. Montesinos y A. Palacio- Bielsa. 121
⇨ 121
TUBERCULOSIS DEL OLIVO 122
SÍNTOMAS DE LA ENFERMEDAD 122
DONDE SOBREVIVE LA BACTERIA? 124
MEDIDAS DE CONTROL 125
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 126
¿**QUÉ ES EL SÍNDROME DE RAMA SECA?** 127
¿**QUÉ IMPORTANCIA TIENE?** 128
¿QUÉ SÍNTOMAS SE OBSERVAN? 131
DESCRIPCIÓN DE FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS ASOCIADOS AL SÍNDROME DE RAMA SECA ..134
a. *Verticillium dahliae* y *Xylella fastidiosa* (ver capítulos respectivos). 134
b. *Fusarium* spp 134
c. Phytophthora y Pythium 135
d. Otros hongos encontrados en brindillas asociados a rama seca 140
e. Nematodos 140
f. Daños abióticos 145
MONITOREO DE RAMA SECA 147
TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS FITOPATOLÓGICO 147
REFERENCIAS 149
GENERALIDADES 151
Presencia de *X. fastidiosa* en olivos de Argentina 154
Antecedentes en el mundo 155
CÓMO SE TRANSMITE? 156
HOSPEDANTES DE *X. FASTIDIOSA* 157
DIAGNÓSTICO DE LA BACTERIA 158
Material necesario para realizar los análisis de *X. fastidiosa* en olivo 158
LA BACTERIA ES LA MISMA EN TODOS LADOS? 158
Monitoreo 159
MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O DE CONTROL DE *X. FASTIDIOSA* 160

MEDIDAS DE CONTROL.....160
BIBLIOGRAFÍA.....161
ASPECTOS GENERALES.....163
BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LOS VECTORES.....164
CICADELLINAE.....164
CERCOPIDAE.....166
IMPORTANCIA FITOSANITARIA Y SITUACIÓN ACTUAL EN LA ARGENTINA.....167
Situación actual en La Rioja.....168
CONTROL E IDENTIFICACIÓNDE LOS VECTORES.....168
Monitoreo.....170
VERTICILOSIS DEL OLIVO.....178
AGENTE CAUSAL Y SÍNTOMAS.....178
DISPERSIÓN.....181
DIAGNÓSTICO.....181
1-Métodos culturales.....182
2-Métodos químicos.....183
3-Métodos físicos.....183
4-Control biológico.....184
5-Empleo de variedades tolerantes.....184
BIBLIOGRAFÍA.....186
"ANTRACNOSIS" O "ACEITUNA JABONOSA" O "LEPRA".....187
SÍNTOMAS.....188
IMPORTANCIA Y DAÑOS.....191
EPIDEMIOLOGÍA.....192
MANEJO INTEGRADO DE LA ANTRACNOSIS.....194
Métodos culturales.....195
Métodos biológicos.....195
Resistencia genética.....196
Métodos químicos.....196
REFERENCIAS.....199
PLAGAS ANIMALES DEL OLIVAR.....202
Parlatoria oleae **(Colvee) "cochinilla violeta del olivo".**.....202
Hemiberlesia rapax (Comstock) "escama del kiwi".....207
Duplaspidiotus koehleri (Borchsenius) "cochinilla lineal".....207
Siphoninus phillyreae (Halydae) "mosca blanca del fresno".....209
BIBLIOGRAFÍA.....210

OBJETIVOS.....211
RECOMENDACIONES GENERALES.....211
CARACTERÍSTICAS GENERALES.....215
DAÑOS.....216
MEDIDAS CULTURALES.....217
REFERENCIAS.....222
SITUACIÓN SANITARIA DEL OLIVO CUATRICENTENARIO, AIMOGASTA, LA RIOJA......223
a. Introducción.....224
b. Medidas generales.....225
c. Medidas de protección.....226
***i.* Buenas prácticas de poda y gestión de los restos de poda**.....226
ii. Buenas prácticas de manejo del suelo.....227
iii. Buenas prácticas de manejo de la nutrición.....228
iv. Buenas prácticas de manejo del riego.....229
d. Buenas prácticas en el control e identificación de los vectores (ver capítulo de vectores)......229
e. Resistencia o tolerancia de los cultivares.....230
ANEXO I: EVALUACIÓN DE SEVERIDAD E INCIDENCIA EN EL PREDIO DEL OC......233
ANEXO III: PLAN DE MONITOREO DE OLEA EUROPEA EN EL PREDIO DEL OLIVO CUATRICENTENARIO (VAR. ARAUCO) EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA.....238
PROBLEMÁTICA DEL SECTOR.....242
LISTADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....243
ESQUEMA DE PRODUCCIÓN DE PLANTAS CERTIFICADAS.....244

PRÁCTICAS DE MANEJO SUSTENTABLE DEL OLIVAR

María Cecilia Rousseaux[1,2]

Peter Stoughton Searles[1]

María Magdalena Brizuela[1,2]

[1]*Centro Regional de Investigaciones Científicas y Transferencia Tecnológica de La Rioja (CRILAR-Provincia de La Rioja-UNLaR- SEGEMAR-UNCa-CONICET), Entre Ríos y Mendoza s/n, (5301) Anillaco, provincia de La Rioja, Argentina*.

[2]*Universidad Nacional de La Rioja, Av. Luis M. de la Fuente s/n, Ciudad Universitaria de la Ciencia y de la Técnica, (5300) La Rioja, Argentina.*

RESUMEN

El manejo integral del olivo requiere de un adecuado riego, fertilización, poda, control de malezas y la disposición de los residuos derivados de la producción. El riego es uno de los factores clave de la producción olivícola en zonas áridas y semiáridas como las de la provincia de La Rioja. El objetivo de un buen manejo del riego es ajustar las dosis para alcanzar una alta producción, de buena calidad, minimizando las pérdidas y evitando generar mucha biomasa vegetativa que luego deberemos podar. Esto último es importante porque incide fuertemente en los costos de producción.

Para establecer las dosis de riego se toman en cuenta dos metodologías de cálculo, una basada en la humedad del suelo y otra en la demanda atmosférica. Ambas metodologías son complementarias y ayudan a entender los requerimientos del olivar. En este sentido es importante tener presentes las características del suelo (en particular la textura del mismo) y las del sistema de producción (es decir, marco de plantación, sistema del riego, profundidad de raíces, etc.) que determinarán la cantidad de agua almacenada en el suelo y el agua disponible para las plantas. Este conocimiento, más la comprensión de los componentes del sistema suelo-planta-atmósfera, permiten estimar los componentes del balance de agua del suelo y con ello la dosis de agua a aplicar.

En relación a la fertilización es importante tener presente que la disponibilidad de macro pero sobre todo de micronutrientes, está fuertemente influenciado por el pH del suelo. Según el grado de acidez/alcalinidad del suelo, nutrientes que están presentes en el mismo estarán o no disponibles para el olivo. Ésto es importante tenerlo presente a la hora de aplicar un fertilizante. Otra cuestión a tener en cuenta es que los requerimientos de los nutrientes varían a lo largo del año y a su vez difieren entre nutrientes. Por último, métodos basados en observación visual de deficiencias

nutricionales, en análisis químico foliares y en el balance de los nutrientes son propuestos para establecer los requerimientos de fertilización.

Con respecto a la poda, podemos distinguir entre poda de formación, de mantenimiento y de rejuvenecimiento según el momento del ciclo de vida de la plantación y el objetivo que se persigue. En el caso de los dos primeros tipos, el objetivo es adecuar el tamaño de las plantas a la cosecha, minimizando el volumen de copa pobremente iluminado y aireado. Por otro lado el objetivo de la poda de rejuvenecimiento es renovar la copa y así alargar la vida útil del olivar. La poda se puede hacer en forma manual (selectiva) o mecánica (con discos; no selectiva). Ambos tipos involucran diferentes costos, pero también diferentes respuestas en el árbol que se deben considerar a la hora de realizar la operación.

Por último es importante realizar un control de malezas cuando las especies son huéspedes de plagas y enfermedades y cuando representan una pérdida de agua disponible para el olivo. Al final se proponen algunos sistemas productivos alternativos para diversificar la producción de la finca.

1. INTRODUCCION

En este capítulo brindaremos información general sobre conceptos y cálculos de riego, fertilización, poda y manejo del cultivo. El objetivo es brindar algunas herramientas básicas que ayuden a mejorar la producción, reducir costos y realizar un manejo más sustentable (en sentido económico y ecológico), considerando las particularidades de la provincia de La Rioja. Este capítulo intenta abarcar aspectos de interés tanto para productores tradicionales como fincas más modernas. Es nuestro deseo aportar herramientas útiles para el sector olivícola riojano.

2. RIEGO

El riego es la práctica agrícola por la cual aportamos agua al cultivo más allá del aporte de agua proveniente de las precipitaciones. Existen diferentes sistemas de riego con mayor o menor grado de tecnificación. Éstos van desde el riego por superficial por manto, riego superficial con aspersores o micro aspersores, riego superficial por goteo y riego por goteo subterráneo o sub superficial. El manejo de agua por riego realizado en forma apropiada y en los momentos en que el cultivo más lo requiere, permite aumentar la producción del olivo. Por otro lado, el aporte indiscriminado de agua de riego en dosis superiores a lo que el árbol necesita en un determinado momento puede generar excesivo crecimiento vegetativo y/o favorecer las condiciones para el desarrollo de enfermedades. El

crecimiento vegetativo excesivo permite que el árbol alcance una altura de copa demasiado grande que dificulta la cosecha, limita la iluminación de las partes bajas de la copa y todo ello conduce a que haya que podar más asiduamente, lo que representa un alto costo para la producción.

Para comprender mejor cuáles son los requerimientos del cultivo y cómo estimar la cantidad de agua a regar, a continuación explicaremos algunos conceptos generales relativos al uso del agua.

2.1. Humedad del suelo

El suelo agrícola está constituido por partículas sólidas + agua + aire. El balance de estas tres fracciones es sumamente importante. Ésto se debe a que las raíces del olivo necesitan que haya oxígeno para funcionar y extraer el agua del suelo. Por otro lado, es en la solución que está adosada a las partículas del suelo de donde provendrán los nutrientes necesarios para el crecimiento de la planta.

En la terminología agrícola se clasifica el suelo en diferentes estados relativos al contenido de agua del mismo. Cuando todos los espacios entre las partículas sólidas del suelo son completados con agua, se dice que el suelo está **saturado** (figura 1). Se dice que un suelo se encuentra en **capacidad de campo** cuando luego drenar libremente, la única forma de perder humedad es a través de la evapotranspiración, es decir ya no hay más drenaje. En general se considera que a las 24-48 h (dependiendo del suelo, menos horas si es arenoso y más si es arcilloso) de haber regado el suelo a saturación, se alcanza la capacidad de campo. Por último cuando el suelo está muy seco y la planta ya no puede extraer más agua del mismo, se dice que el suelo está en **marchitez permanente.** Entonces, la cantidad de agua almacenada en el suelo entre la humedad a capacidad de campo y la humedad a marchitez permanente representa el **total de agua almacenada** en el suelo.

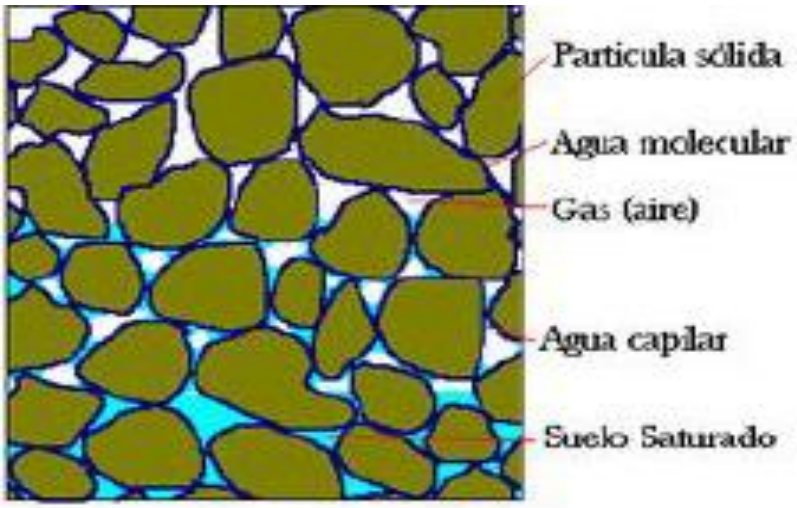


Figura 1: esquema de la matriz del suelo indicando las tres fracciones del mismo (suelo, aire, agua). De arriba hacia abajo se muestra un suelo seco, en capacidad de campo y saturado. Fuente: Wikipedia (https://es.wikipedia.org/wiki/Suelo; acceso febrero de 2019).

En agricultura muchas veces se utiliza el concepto de **potencial de agua**, ya que permite conocer el estado hídrico de la planta y del suelo. El potencial de agua mide con qué fuerza es retenida el agua y cuanto más negativo es el valor significa que el agua está retenida más fuertemente. Así, el potencial de agua de un suelo a capacidad de campo se considera que es de -0.03 MPa (megapascales), mientras que en un suelo en marchitez permanente es de -1.5 MPa. Entonces, extraer agua de un suelo en marchitez permanente requiere más fuerza que hacerlo de un suelo a capacidad de campo. Por ese motivo cuando calculamos el agua almacenada en el suelo y la humedad del mismo a partir de la cual necesitamos volver a regar, se aplica el término de **nivel de agotamiento permitido** que representa la humedad del suelo mínima que permitiremos que se seque y que consideramos no generará pérdidas en la producción. La humedad del suelo cuando se alcanza el nivel de agotamiento permitido será entonces mayor a la humedad del mismo a marchitez permanente. Según se trate de árboles jóvenes o maduros se recomienda regar nuevamente cuando el árbol usó un 50 a 75% del total del agua almacenada respectivamente. A ésto se lo denomina **déficit permisible.**

La cantidad de agua que puede retener un suelo a capacidad de campo y marchitez permanente depende del tipo de suelo, en particular de los porcentajes de arena, limo y arcilla. Estos tipos de partícula son de diferente tamaño (figura 2) y por ello tienen diferente capacidad de retener el agua en la matriz del suelo. Así, un suelo arenoso podrá retener poca agua luego de drenar, es decir cuando el suelo está en capacidad de campo (figura 3). Por otro lado, un suelo arenoso retiene el agua con menos fuerza y alcanza marchitez permanente con contenidos de humedad muy bajos (3%). La diferencia entre las dos curvas que se presentan en la figura 3 representa la cantidad de agua máxima que puede almacenar un suelo según su textura. De la figura claramente se desprende que los suelos arenosos pueden almacenar menos agua que los suelos limosos (también llamados francos) o los arcillosos. Ésto es importante a la hora de calcular la cantidad de agua a regar pues la capacidad de almacenar agua en el suelo estará influyendo sobre la frecuencia y cantidad máxima que podremos regar por turno de riego.

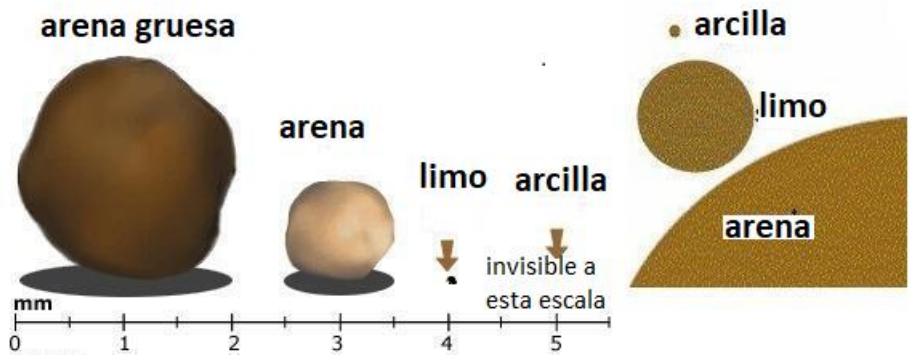


Figura 2: representación gráfica de los tamaños de las diferentes partículas del suelo desde arena gruesa (la más grande) a arcilla (la más pequeña). Fuente: Utah Education Network (https://www.uen.org/lessonplan/view/33048; acceso febrero 2019).

El tipo de suelo nos determinará la cantidad máxima de agua que puede ser almacenada en el mismo. Por lo tanto, si riego con cantidades mayores a la humedad máxima que el suelo puede almacenar estaré perdiendo agua por percolación hacia horizontes del suelo donde la densidad de raíces es muy baja y la planta no puede aprovecharla. En general se considera que la profundidad del sistema radical es de aproximadamente 1-1.5 m en fincas con riego por goteo y de 2- 2.5 m en sistemas con riego por manto. Por otro lado, si el suelo está saturado con agua durante un tiempo largo, también se estará perdiendo agua por evaporación ya que esa agua de más será menos retenida por el suelo y fácilmente perdida hacia la atmósfera. Considerando la capacidad de drenaje, los suelos arenosos drenan más rápidamente que los arcillosos. Ésto es importante considerarlo a la hora de establecer la frecuencia de riego, ya que riegos frecuentes en suelos arcillosos pueden conducir a una elevada humedad que favorezca el desarrollo de hongos de suelo (por ejemplo *Verticillium dahliae*).

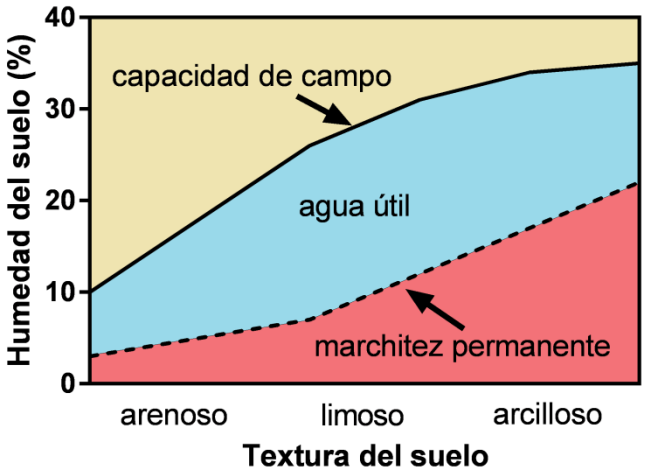


Figura 3: humedad del suelo (%) en función de las variaciones en la textura de suelo, desde suelos arenosos a suelos arcillosos. En línea llena se representa la humedad de suelo que corresponde a un suelo en capacidad de campo. En línea punteada se representa la humedad de suelo en marchitez permanente. Pintado en azul se presenta la diferencia entre las dos curvas que representa el agua útil para cada tipo de suelo. Por debajo y en rojo se representa el contenido de agua que no puede ser extraída del suelo por las plantas. En amarillo se representa el contenido de agua en exceso, tampoco extraíble por la mayoría de las plantas.

2.2. Balance de agua en el suelo

Es importante entender cuáles son las fuentes de ingreso y salida de agua de nuestro sistema y así poder calcular los cambios en el volumen de agua almacenada. Los principales **aportes de agua** en un cultivo de regadío serán la lluvia y el riego. Por otro lado y en mucha menor magnitud, tendremos el ascenso capilar, la escorrentía desde zonas más altas del terreno, y el movimiento sub superficial (figura 4). Desde el lado de las **pérdidas de agua** del sistema, las principales fuentes son la transpiración de las plantas (olivo y malezas), la evaporación del suelo y la percolación profunda. En menor medida y dependiendo de la pendiente del terreno, tendremos que considerar la escorrentía hacia partes más bajas y el flujo subsuperficial. La percolación profunda, es decir el agua que se mueve en profundidad hasta alcanzar zonas con muy baja densidad de raices, puede representar una gran pérdida de agua. Ésto es importante considerarlo al realizar cálculos de riego porque conducirá a un aumento de los costos que no redundará en beneficio alguno para el productor.

Nuestro sistema estará determinado por el volumen de suelo desde el cual las plantas extraerán agua. El sistema de riego utilizado (localizado o por manto) nos dará la superficie donde hay raíces. Luego según la especie en cuestión podremos calcular la profundidad de nuestro sistema y así el volumen de suelo. Para suelos arenosos con sistema de riego por goteo podríamos considerar que las raíces se concentran a 75 cm a cada lado de la línea de goteros, que se corresponde con la superficie mojada por el mismo. Entonces, una forma sencilla de calcular la superficie por hectárea mojada en un sistema con riego por goteo, será multiplicando el largo de la fila (para calcular por ha serán 100 m), por el ancho de mojado (1.5 m), por el número de filas que hay cada 100 m. En cambio en un cultivo de olivo regado por manto, la superficie que otorguemos a cada árbol será igual al tamaño de la taza de riego. Para llevarlo a un cálculo por hectárea habrá que multiplicar ese valor por el número de árboles por hectárea.

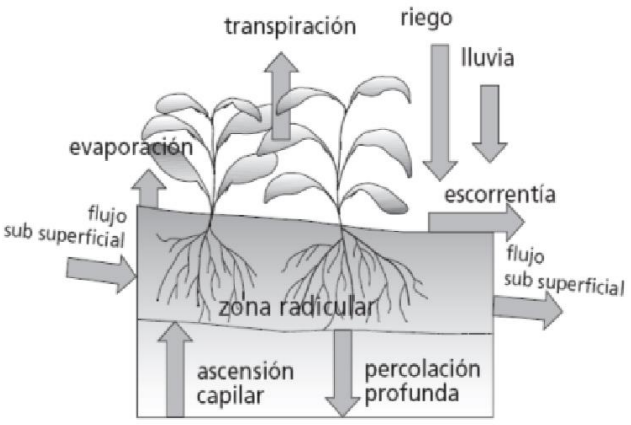


Figura 4: balance de agua en el suelo. Fuente: Allen *et al*. (1998).

Como señalamos en el párrafo anterior, además de la superficie necesitamos conocer la profundidad de nuestro sistema. El olivo es una especie sensible a la falta de oxígeno. La concentración de oxígeno disminuye en profundidad y varía según el tipo de suelo. Entonces para los suelos arenosos podemos considerar que a una profundidad de 1.2 m estarán concentradas el 90% de las raíces en una sistema con riego por goteo y a 2 m en un sistema con riego por manto, regado menos frecuentemente (Searles et al. 2009). Estas profundidades serían menores tratándose de suelo arcillosos. Conociendo entonces la superficie y la profundidad podemos calcular el volumen de nuestro sistema y con ello la cantidad de agua disponible para las plantas. Por ejemplo, en una plantación a 4 x 8 m (312 arboles/ha) con una sóla manguera de riego con goteros contínuos cada 1 m por fila, la superficie será:

ecuación 1

Superficie= 1.5 m x 100 m/fila x 12.5 líneas/ha = 1,875 m^2

ecuación 2

Volumen= 1,875 m^2 * 1.2 m = 2250 m^3 de suelo/ha (o 7.2 m^3 por árbol)

Si tomamos como ejemplo un olivar tradicional regado por manto, con una distancia entre árboles de 10 x 10 m y tazas de 6 x 6 m, el volumen de mi sistema regado llevado a hectárea será:

ecuación 3

Volumen= 6 m x 6 m x 2.0 m/ árbol x 100 árboles/ha = 7,200 m^3 (o 72 m^3 por árbol)

Así la cantidad máxima de **agua disponible** para las plantas la calculamos como:

ecuación 4

Agua disponible = volumen de suelo x (humedad del suelo a capacidad de campo - humedad de suelo a punto de marchitez) x déficit permisible

Entonces, regresando a los ejemplos anteriores y considerando un suelo predominantemente arenoso como es el caso de la zona de Aimogasta, provincia de La Rioja, el agua disponible para las plantas sería:

Agua disponible= 2,250 m^3 x (0.15 -0.05 %) x 0.75 = 168.8 m^3 /ha o 0.54 m^3 por árbol para el caso de una plantación intensiva de 4 m x 8 m

Agua disponible = 7,200 m^3 x (0.15 -0.05 %) x 0.75 = 540 m^3/ha o 5.4 m^3 por árbol para el caso de una plantación tradicional de 10 m x 10 m

2.3. Evapotranspiración del cultivo

El agua se mueve desde el suelo hacia la atmósfera porque la atmósfera está mucho más seca que el suelo, es decir, está a un potencial agua mucho más negativo. Esta agua puede perderse hacia la atmósfera por dos vías diferentes: evaporación del agua del suelo y transpiración de las plantas. La evaporación del suelo dependerá del tipo de suelo, de su humedad y de la cantidad de luz que está recibiendo. Entonces, luego del riego la evaporación desde el suelo será máxima, sobre todo si la plantación es joven y tiene baja cobertura. Normalmente a los 3-4 días desde el riego la tasa de pérdida de agua por evaporación caerá a un 15% del valor inicial dependiendo de la demanda atmosférica y del tipo de suelo. Como la evaporación depende de la humedad del suelo, la pérdida de agua en un cultivo con riego por goteo será mucho menor que la pérdida de agua en un cultivo con riego por manto debido a que la superficie del suelo mojada será menor en el primer caso. Esta reducción en la pérdida de agua por evaporación del suelo es el principal motivo de la difusión de sistemas de riego localizados como riego por goteo frente a otros sistemas en regiones áridas (figura 5).

Como escribimos más arriba, la otra vía de pérdida de agua desde el suelo es la transpiración de las plantas. La misma dependerá de la demanda atmosférica, de la cobertura del cultivo y del momento fenológico del mismo. Entendemos como momentos fenológicos los sucesivos estados de las plantas a lo largo del año a ser: brotación, floración, endurecimiento del carozo, acumulación de aceite, maduración del fruto y postcosecha.[10] Más adelante explicaremos cómo las necesidades del olivo varían a lo largo de los diferentes estadios.

Uno de los factores que controlan la pérdida de agua desde el suelo hacia la atmósfera tanto para la evaporación del suelo como para la transpiración, es la demanda atmosférica (es decir, qué tan seca o no está la atmósfera). A esta demanda atmosférica la denominamos **evapotranspiración potencial** y se calcula de diferentes maneras, siendo los más difundidos el cálculo a partir de la evaporación medida en un tanque de agua y el cálculo a partir de datos meteorológicos. En la actualidad este último es el más aceptado. Los datos necesarios para hacer los cálculos son: temperatura ambiente, humedad relativa, punto de rocío, radiación solar, velocidad del viento. Con esta información se puede calcular la evapotranspiración potencial usando diversas fórmulas matemáticas. La más recomendada en la actualidad es la de Penman-Monteith modificada por Allen et al. (1998) y que se presenta en el libro de FAO 56 (http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf acceso 02/05/2019). Si contamos con una estación meteorológica que calcula directamente la evapotranspiración potencial, es importante revisar el manual para ver qué ecuación utilizan para el cálculo, ya que hay diferencias que deberíamos tener presente.

[10] Para ampliar sobre estados fenológicos del olivar visitar https://inta.gob.ar/documentos/manual-de-tratamientos-fitosanitarios-para-cultivos-de-clima-templado-bajo-riego-seccion-ivolivo, acceso 02/05/2019.





Figura 5. fotos de dos sistemas de riego contrastantes y su implicancia sobre la pérdida de agua por evaporación. En la foto de la izquieda se muestra la superficie mojada durante el momento del riego por inundación. A la derecha se muestra la superficie mojada por goteros localizados.

Otra cuestión importante a tener presente es que la mayor parte de los coeficientes que se utilizan para los cálculos de riego hacen referencia a la demanda atmosférica medida bajo ciertas condiciones estandarizadas. Estas condiciones son: una estación meteorológica ubicada en el centro de una hectárea, con césped de 10 cm de altura, bien regado, y colocando los sensores de temperatura y humedad a una altura de 1.5-2 m de altura, mientras que el sensor de radiación, el anemómetro y el pluviómetro deben estar colocados a 2 m. El valor de evapotranspiración obtenido con datos meteorológicos bajo estas condiciones estándar se denomina **evapotranspiración de referencia (ETo).** Debido a que en zonas áridas muchas veces no es posible colocar las estaciones meteorológicas en el centro de una hectárea cubierta con césped, FAO 56 presenta cálculos para

corregir y llevar los valores de suelo desnudo a condiciones estándar. En el anexo 1 se presentan datos meteorológicos y ETo de referencia mensuales para algunas localidades de la región. Las ecuaciones para llevar los valores de suelo desnudo a condiciones estándar se encuentran en el anexo 6 del manual de FAO 56 (http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf acceso 02/05/2019).

Hasta aquí analizamos las cuestiones relativas a la demanda atmosférica; sin embargo la pérdida de agua no sólo depende de la demanda sino también del cultivo en cuestión y del tamaño de los árboles. Entonces la **evapotranspiración del cultivo (ETc),** según la metodología propuesta por FAO 56, la calcularemos como:

Ecuación 5

$ETc = ETo \times Kc \times Kr$

Siendo el **Kc** el coeficiente de cultivo y el **Kr** el coeficiente de reducción asociado con el porcentaje de cobertura de la plantación en cuestión. Este Kc integra en un valor sencillo diferentes aspectos asociados al uso del agua de un cultivo en particular ya que no todos los cultivos presentan los mismos mecanismos de respuesta al ambiente. En el caso de olivo, el Grupo de Ecofisiología de olivo del CRILAR determinó que un Kc de 0.7 en los meses de primavera-verano y de 0.4 para los meses de invierno representa el máximo uso del agua del cultivo (Rousseaux et al. 2008; Rousseaux et al. 2009, Correa-Tedesco et al. 2010; Searles et al. 2011). Por otro lado el Kr se puede deducir fácilmente de la figura 6, conociendo el porcentaje de cobertura de la plantación. El porcentaje de cobertura se puede calcular en forma sencilla midiendo el diámetro de copa de una muestra de árboles y conociendo el número de árboles por hectárea.

Ecuación 6

$\%\ \text{cobertura} = [(\text{diámetro de copa}/2)^2 \times 3.14 \times \text{número de árboles por hectárea}/10000\ m^2] \times 100\%$

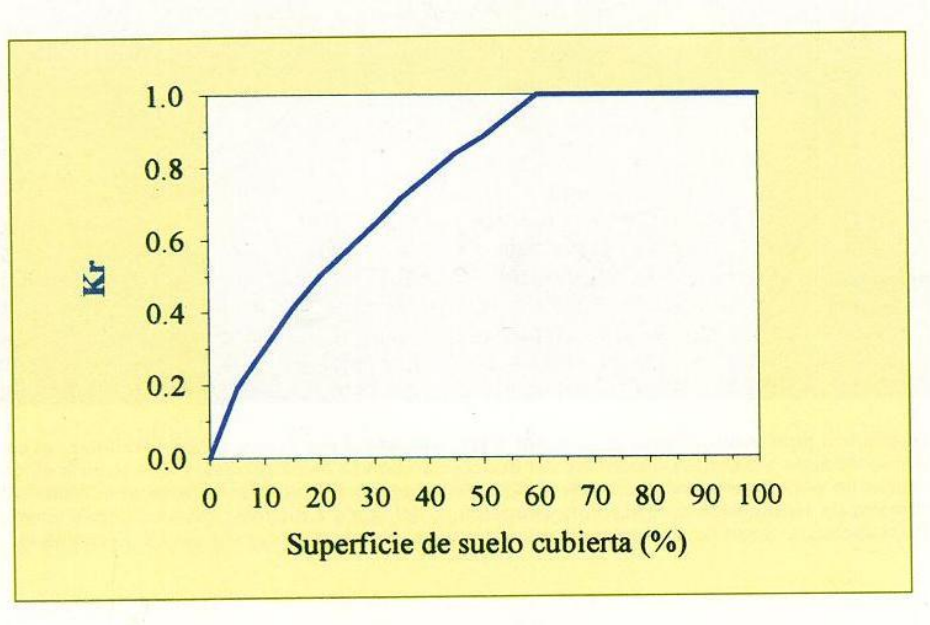


Figura 6: variaciones del Kr en función del porcentaje de cobertura del cultivo. Fuente: Fernández Lluque et al. (2003)

2.4. Cálculos para establecer la lámina de riego a aplicar

Establecer la cantidad de agua que necesitamos regar es uno de los aspectos más importantes del manejo de los cultivos en zonas áridas. Para ello hay diferentes metodologías basadas en los cambios en la cantidad de agua presente en el suelo, según la demanda atmosférica, o basados en respuestas de la planta. Si bien lo ideal es integrar información de estas tres metodologías, por razones de facilidad de interpretación y costos sólo trataremos los dos primeros en este manual.

2.4.1 Metodología basada en los cambios en la cantidad de agua en el suelo

En el apartado sobre balance de agua del suelo mencionamos que la cantidad máxima de agua disponible para la planta era aquella calculada como la diferencia en el % de humedad del suelo a capacidad de campo y marchitez permanente, multiplicado por el nivel de agotamiento permitido. Entonces, una forma de determinar cuándo regar sería a través del seguimiento diario de la humedad del suelo hasta que el valor alcanzado es el **nivel de agotamiento permisible** según el nivel de agotamiento permitido. Así este contenido de humedad mínimo surge de la ecuación 7 donde:

Nivel de agotamiento permisible= humedad del suelo a capacidad de campo – [(humedad del suelo a capacidad de campo - humedad de suelo a punto de marchitez) x déficit permisible]

ecuación 7

Por ejemplo, para un suelo con humedad a capacidad de campo de 15%, humedad a marchitez permanente de 5% y déficit permisible de 75%

Nivel de agotamiento permisible = 0.15 - [(0.15 - 0.05) x 0.75] = 0.075; 7.5% de humedad en el suelo.

Entonces, cuando el contenido de humedad del suelo alcanza el 7.5%, deberíamos volver a regar. La cantidad de agua a regar se calcula a partir de la estimación de la cantidad máxima de agua disponible. Volviendo a los ejemplos presentados arriba para la ecuación 4.

Cantidad de litros a regar= 2,250 m^3 x (0.15 -0.05 %) x 0.75 = 168.8 m^3 /ha o 540 litros por árbol para el caso de una plantación intensiva de 4 m x 8 m

Cantidad de litros a regar = 7200 m^3 x (0.15 -0.05 %) x 0.75 = 540 m^3/ha o 5,400 litros por árbol para el caso de una plantación tradicional a 10 m x 10 m

El seguimiento diario de la humedad del suelo se puede realizar con sensores de humedad de suelo o en forma gravimétrica, es decir, sacando muestras de suelo y pesando el suelo antes y luego de secarlo en estufa. Este último método es de bajo costo ya que solamente se requiere de un barreno, una balanza y una estufa; y tiene la ventaja que permite realizar varios muestreos a los largo de la finca. El inconveniente es que requiere de tiempo, esfuerzo físico, y tendremos los resultados con al menos 5 días de retraso debido al tiempo que se necesita para secar el suelo. Por este motivo si utilizáramos un barreno para determinar la humedad del suelo sería aconsejable establecer un nivel de agotamiento permitido un poco más alto. Por ejemplo, en un suelo arenoso en el cual la humedad en el punto de marchitez permanente es de 3%, la humedad en el nivel de agotamiento permitido si realizáramos las determinaciones con sensores la podríamos establecer en un 5% pero si lo hiciéramos con barreno debería ser de un 7%.

Con respecto a los sensores, existen actualmente numerosos sensores para medir humedad del suelo, de diferente precio, complejidad y limitaciones. A la hora de elegir un sensor hay que tener en cuenta: 1) que permita la guarda de los datos en algún almacenador de datos de modo de facilitar la recolección de los mismos, 2) rango de humedad de suelo en el cuál el sensor da valores confiables (es decir, muchos sensores no funcionan si el suelo está algo seco), 3) grado de interferencia por sales del sensor. También en este caso la cantidad a regar la calcularemos como la diferencia entre la cantidad de agua que tenemos actualmente y el máximo que el suelo puede almacenar al llegar a un porcentaje de humedad de capacidad de campo (figura 7).

Es importante tener presente que la humedad del suelo varía en profundidad. Entonces, si sacamos muestras con barreno necesitaremos realizar una muestra compuesta que alcance la profundidad establecida según nuestro sistema de riego y tipo de suelo (es decir, 1 - 2 m). Lo mismo se colocamos sensores de humedad. En este último caso es aconsejable colocar un sensor a mayor profundidad de aquella establecida como nuestra zona de raíces de modo de poder cuantificar posibles pérdidas de agua por percolación profunda.

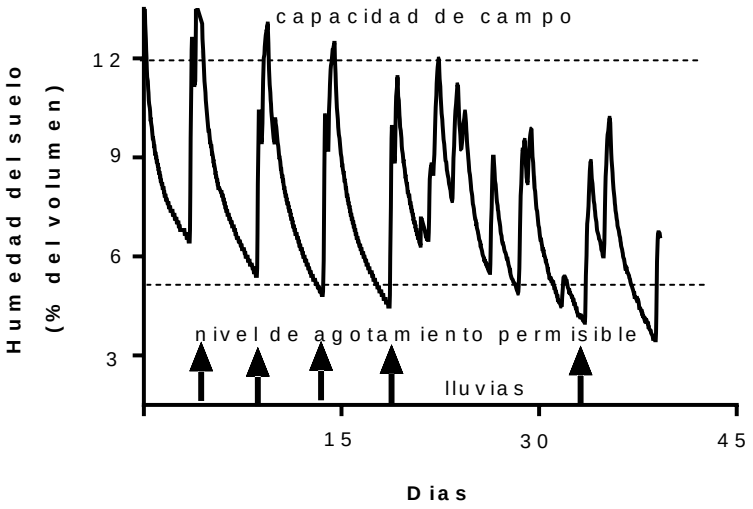


Figura 7: ejemplo de la información sobre humedad de suelo brindada por una sonda capacitor (ECHO2, Decagon) mostrando la humedad de suelo en capacidad de campo y el nivel de agotamiento permisible. Se pueden notar los cambios en humedad debidos a los riegos y a la lluvia.

2.4.2 Metodología basada en el cálculo de la evapotranspiración del cultivo

La metodología basada en el cálculo de la evapotranspiración del cultivo es la más difundida en fruticultura en la actualidad. El método se basa en estimar diariamente la ETc correspondiente al día o semana anterior y reponer esa cantidad de agua a la parcela. Por razones de simplicidad de la diagramación de las horas de riego, en general se utilizan los valores semanales. Regresando a nuestros ejemplos anteriores y suponiendo que en ambos casos se trata de una plantación madura, es decir, con un porcentaje de cobertura superior al 60% y un Kr de 1, tendremos

ETc= ETo x Kc

Para un día promedio de enero en La Rioja estaríamos hablando de una ETo de 6.36 (ver anexo 1) y considerando un Kc de 0.7

ETc= 6.36 x 0.7= 4.45 mm dia^{-1}

A lo largo de 7 días el total a reponer sería de 4.45 x 7= 31.16 mm. A esa cantidad deberíamos agregarle aproximadamente un 5 % extra para asegurarnos el lavado de sales del bulbo

húmedo. A esos mm de agua a reponer deberíamos restarle la precipitación efectiva para conocer la cantidad de agua a reponer.
El cálculo más sencillo para determinar la precipitación efectiva es:

Precipitación efectiva= (precipitación – 10) x 0.60, cuando la precipitación es menor a 75 mm mensuales **ecuación 8**

La determinación de en qué forma vamos a reponer esa cantidad de agua dependerá mucho del sistema de riego utilizado. En este sentido, la primera cuestión es determinar cuál es la cantidad de agua que estaremos aplicando por hora. Volviendo a nuestros ejemplos originales, en la plantación de 4 m x 8 m con riego por goteo deberíamos realizar la siguiente estimación:
Riego por hora (mm/h) = número árboles/ha x cantidad de goteros por árbol x caudal de los goteros **ecuación 9**

Por ejemplo, considerando que la plantación tenga un solo lateral con goteros 4 litros/hora, en forma continua y a 1 m de distancia, tendremos

Riego por hora = 312.5 x 4 x 4 = 5.000 litros/ha

lo cual equivale a 5 m^3/ha. A su vez, 1 mm es equivalente a 10 m^3/ ha, entonces nuestra capacidad de riego será de 0.5 mm.
Por lo tanto, para nuestro ejemplo y considerando que no hubo precipitación en la semana:

Número de horas a regar/semana= (31.16 x 1.05)/ (0.5mm/h)= 65 h **ecuación 10**

Para reducir el número de horas de riego a la mitad, podría incorporarse un segundo lateral de las mismas características que el primero.

Calcularemos ahora la cantidad de agua normalmente disponible para un olivar tradicional en Aimogasta, provincia de La Rioja. Según información del Departamento de Arauco, una plantación de 4 ha dispone de turnos de 10 h de riego con una frecuencia de 15 días. El caudal estimado para los meses de verano es en promedio de 70 litros/ segundo, medido en los puntos de distribución. Ésto da un total de 2.520.000 litros o 2.520 m^3, que calculado para una

hectárea nos da un total de 630 m^3/ha lo que es equivalente a 63 mm de agua por ha por 15 días. Entonces nuestra cantidad máxima de agua disponible sería 4.2 mm dia^{-1}. Esta cantidad no dista mucho de los 4.45 mm dia^{-1} estimados como valor promedio de ETc para el mes de enero. Esto sugeriría que la cantidad de agua disponible es suficiente para satisfacer las necesidades de nuestro olivar.

Sin embargo, esto no es real debido a una serie de factores que conducen a que el valor teórico disponible sea diferente de la cantidad de agua que realmente las plantas dispondrán. A continuación detallaremos estos factores.

Pérdida de agua del sistema de distribución fuera de la finca: debido a la evaporación, la presencia de malezas que transpiran, las pérdidas por infiltración entre las paredes de las acequias, presencia de botellas plásticas y otros residuos que desvían el agua de sus cauces, la pérdida de agua antes de llegar a la finca puede alcanzar a un 10-30%. Posibles soluciones serían: la impermeabilización de los canales, colocar losetas en las acequias o entubar los cauces. Esta última propuesta sería la que tendría mayor impacto en la reducción de las pérdidas.

Sistema de distribución dentro de la finca: la distribución de agua dentro de las fincas a través del sistema de acequias y tazas presenta dificultades a la hora de lograr una distribución homogénea del agua a lo largo de la plantación. Ésto se debe a que el agua se mueve según la pendiente con lo cual habrá zonas que recibirán más minutos de riego que otras más distantes. Otro inconveniente radica en reducir las pérdidas por escorrentía debido al mantenimiento de las tazas de riego. Es más, el mismo sistema de acequias implica la pérdida de un importante volumen de agua debido a que la misma se va infiltrando a través del piso y paredes de los canales que, en la mayoría de las veces no están entubados ni impermeabilizados. Por último, el hecho de hacer correr agua entre las distintas plantas del lote ha conducido a la expansión de enfermedades fúngicas como el Verticillium. En este sentido, la impermeabilización de las acequias o mejor aún, el entubado de los canales de riego dentro de la finca reducirían las pérdidas de agua. Más aún, si se incorporase un sistema de caños para distribuir el agua directamente hasta las tazas, se lograría una distribución más homogénea del agua disponible, reduciendo las pérdidas de agua y el contagio de enfermedades fúngicas.

Cantidad máxima de agua: en el apartado sobre humedad de suelo y dando como ejemplo una finca tradicional de Aimogasta, provincia de La Rioja, calculamos que la cantidad de agua

máxima acumulada alcanzaba los 720 m3/ ha. En la párrafo superior indicamos que la cantidad máxima de agua disponible para riego alcanzaría los 630 m3/ha. En caso que esa cantidad de agua llegara efectivamente a las plantas, esto implicaría una pérdida por percolación profunda unos 90 m3/ha. Si bien en general éste no es el caso ya que el agua que llega a las plantas es menor a la teórica, es un factor a tener en cuenta en especial en los meses de invierno. En este sentido, dividir la finca en dos zonas y regar sólo una zona por vez (es decir, la frecuencia para cada zona seria de 1 mes) no sería recomendable porque aumentaríamos la cantidad de agua perdida por percolación profunda. A su vez, al tener agua libre en superficie durante lapsos de tiempo mayor, aumentaría la pérdida de agua por evaporación del suelo.

2.5. Riego en plantaciones recién implantadas y en plantaciones maduras

En plantaciones recién implantadas, el objetivo principal es lograr que los olivos crezcan para que en el menor tiempo posible tengamos suficiente volumen de copa que permita la entrada en producción de nuestra plantación, para lo cual es importante mantener las plantas bien regadas durante todo el tiempo. Para ello podemos regar al 100% de la ETc, si baso mis cálculos en el método de la demanda atmosférica. Si lo hago sobre la base de mediciones de humedad de suelo, sería aconsejable utilizar un nivel de agotamiento permisible más elevado, es decir más cercano a capacidad de campo. Potencialmente un valor de 50% de déficit permisible sería adecuado.

Esta recomendación de mantener el riego al máximo que es óptima para plantaciones jóvenes no es lo recomendable en plantaciones ya maduras, es decir, que han alcanzado el 60-70% de cobertura. El motivo de esta recomendación se basa en que el crecimiento vegetativo y el de frutos tienen diferente sensibilidad a la falta de agua. En general en las plantas, y en olivo también, el crecimiento de ramas y hojas se restringe mucho ante la falta de agua mientras que el crecimiento del fruto es menos afectado. El **riego deficitario** busca hacer uso de esta respuesta diferencial para reducir el crecimiento de ramas y así disminuir la frecuencia de podas sin que se reduzca mucho el rendimiento. Mejor aún, conociendo cuales son las etapas del cultivo más sensibles a la falta de agua y que pueden afectar el rendimiento, podemos usar el agua disponible más eficientemente reduciendo los costos. A eso se lo llama **riego deficitario controlado** y para poder usarlo eficientemente debemos conocer las etapas fenológicas que son sensibles y cuáles no.

La diferenciación floral, la floración y el cuaje son etapas sensibles a la falta de agua. Entonces, pensando en nuestras zonas deberíamos mantener el suelo entre capacidad de campo y 60% de capacidad de campo los dos meses centrados en floración, o regar al 100% de la ETc. Así, si para nuestra zona y variedad la floración ocurre a principios de octubre, entre principios de septiembre

y mediados de noviembre las plantas deberían estar bien regadas. Desde esa fecha hasta que el carozo endureció (es decir no se lo puede cortar con un cuchillo) podemos reducir el riego a un 30% de la ETc o si nos manejamos por humedad del suelo, mantener el suelo entre 60% de capacidad de campo y el nivel de agotamiento permisible. De esta forma nos aseguramos que haya una buena floración y cuaje y, cuando el mismo ya está establecido reducimos el riego y controlamos el crecimiento vegetativo, ambos ayudan a reducir costos.

Las recomendaciones durante el crecimiento del fruto y hasta cosecha son diferentes según sea el destino: aceituna de mesa o aceite. Si se trata de un olivar en el cual el destino de la producción es aceituna de mesa, sería deseable mantener un nivel de riego menor (por ejemplo 50% de la ETc) desde endurecimiento del carozo hasta un mes antes de la cosecha. A partir de allí y hasta cosechar es importante regar al 100% de la ETc de modo que el fruto recupere el tamaño y peso antes de cosechar. Si nuestro destino es aceite, el primer mes desde endurecimiento del carozo la síntesis de aceite es sensible a un estrés y se recomienda regar al 100% de la ETc (es decir enero). Luego la síntesis de aceite es menos sensible con lo cual podríamos reducir el riego a un 30% de la ETc durante el siguiente mes (por ejemplo febrero). A los dos meses desde endurecimiento del carozo es cuando más gramos de aceite se sintetizan, entonces podríamos regar al 100% (por ejemplo marzo). Según las condiciones atmosféricas y la cantidad de agua acumulada en el suelo, deberíamos reducir el riego 3 a 4 semanas antes de la cosecha de modo que la aceituna ingrese en la fábrica con un contenido de humedad no mayor al 55%. De esta forma buscamos alcanzar una buena síntesis de aceite y minimizar las pérdidas de aceite industriales debido a la formación de emulsiones. Para ambos destinos, luego de la cosecha en el verano o el otoño es posible reducir el riego a un 40% de la ETc (Agüero-Alcarás et al. 2016). Recordar que anteriormente mencionamos que el Kc es de 0.7 durante los meses de primavera, verano y otoño. En el invierno, un riego equivalente a 100% de la ETc, un Kc de 0.4 en esta época, es recomendable para evitar problemas con floración la temporada siguiente.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta al establecer la dosis de riego es que las recomendaciones anteriores se basan en lo que corresponde a un olivar en un año de alta producción de fruta. En el caso de que debido una marcada alternancia productiva o a que una helada o un zonda en floración hubieran afectado el negativamente el número de frutos cuajados, el requerimiento de agua del árbol disminuye marcadamente. Es por ello que mantener el riego en un 45% de la ETc sería el nivel recomendable durante todo el año de baja producción. De esta forma reduciremos los costos de producción y evitaremos un excesivo crecimiento vegetativo que luego deberemos podar.

3 NUTRICIÓN, USO DE ENMIENDAS Y CULTIVOS DE COBERTURA

Las plantas están compuestas por elementos minerales. Los más abundantes (carbono, hidrógeno y oxígeno) los toman del aire y del agua, mientras que el resto de los elementos los absorben desde el suelo y en algunos tipos de fertilización, a través de las hojas. Los elementos minerales los podemos dividir en **macronutrientes**: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), azufre (S); y **micronutrientes:** hierro(Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), niquel (Ni), Boro (B), cloro (Cl). Los macronutrientes se requieren en concentraciones de 10 a 5.000 veces mayores que los micronutrientes. Es por ello que la mayor parte de la fertilización se realiza agregando macronutrientes. En la mayoría de los suelos la cantidad de micronutrientes en el suelo es suficiente para satisfacer los requerimientos del olivo aunque en suelos con pH alcalino (>8) pueden tener problemas de baja disponibilidad lo que genera deficiencias en la planta. De la figura 8 podemos deducir que en los suelos alcalinos de nuestras zonas de producción podemos tener deficiencias por baja disponibilidad de fósforo, potasio, magnesio, dentro de los macronutrientes. Dentro de los micronutrientes los que podrían mostrar deficiencias son el hierro, el manganeso, y el boro. A su vez como la mayoría de nuestros suelos son arenosos y de bajo contenido de materia orgánica es también posible observar deficiencias de nitrógeno.

Las necesidades nutricionales varían a lo largo del año. En la primavera, cuando el crecimiento de ramas y hojas es alto el uso de nitrógeno es muy elevado y por ello hay exportación desde hojas viejas hacia las más nuevas ya que el nitrógeno es muy móvil. Por ese motivo se puede ver que la concentración de nitrógeno en hojas expandidas es baja y va aumentando hacia el verano (figura 9). En cambio, el consumo de potasio aumenta con el crecimiento del fruto y la acumulación de aceite. Por ese motivo, la concentración en hoja es máxima en la primavera y disminuye durante el verano (figura 10). Esta información es importante a la hora de elegir el mejor momento para muestrear hojas para realizar análisis foliares y así establecer si las plantas necesitan o no fertilización.

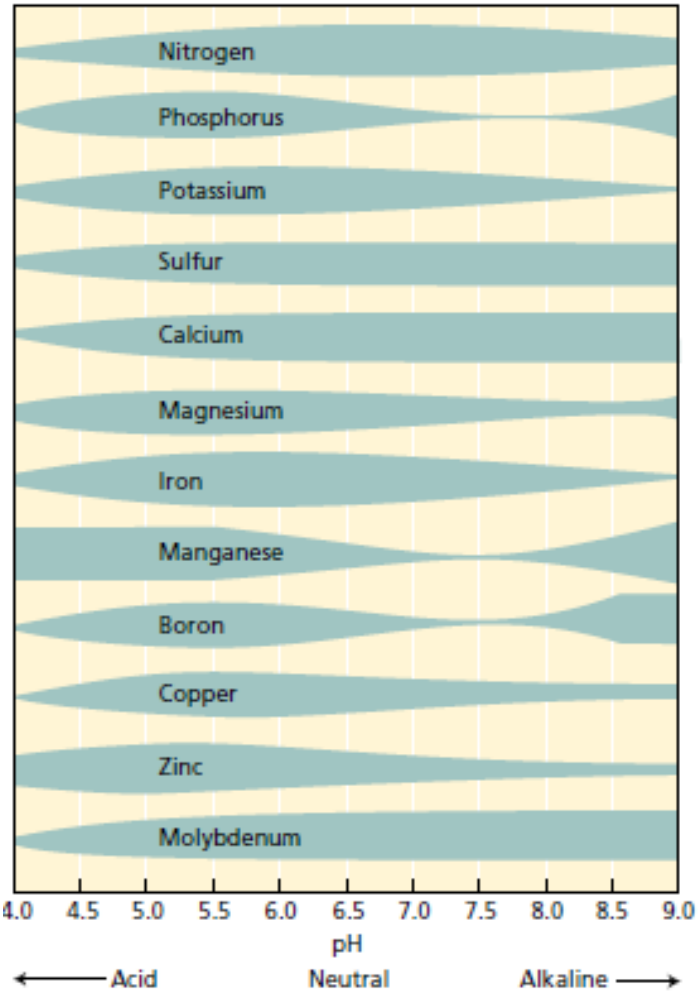


Figura 8: variaciones en la disponibilidad de los diferentes nutrientes del suelo en función del pH, es decir, el grado de acidez o alcalinidad. Fuente: Taiz y Zeiger (2002).

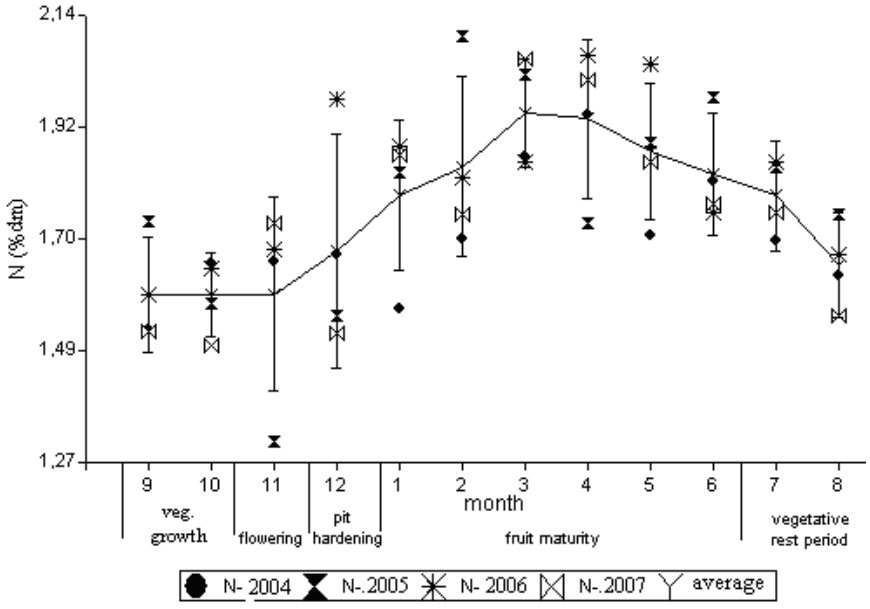


Figura 9: variaciones a lo largo del año de la concentración de nitrógeno en hojas. El estudio fue realizado en San Juan. Fuente: Bueno et al. (2011).

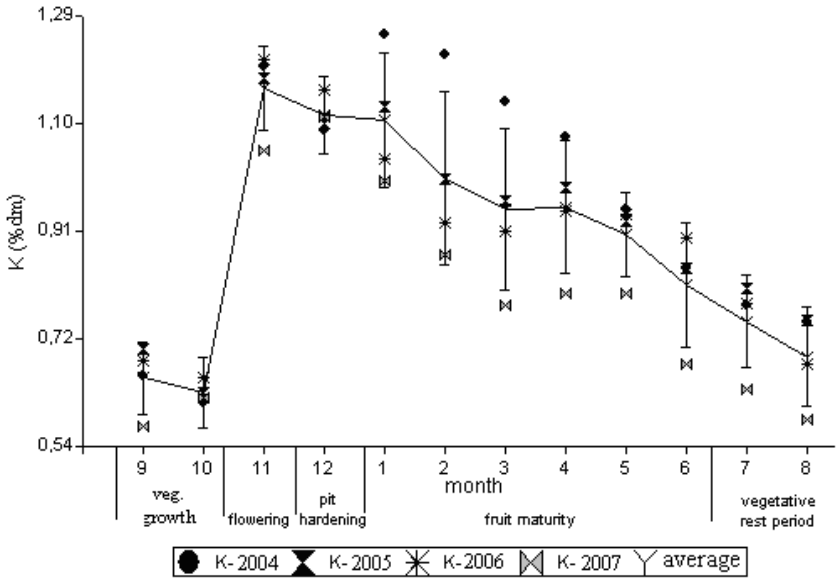


Figura 10: variaciones a lo largo del año de la concentración de potasio en hojas. El estudio fue realizado en San Juan. Fuente: Bueno et al. (2011).

3.1 **Cómo determinar las necesidades nutricionales del olivo**

Hay diferentes métodos para determinar el estado nutricional de las plantas, pero integrar información de varios métodos parece ser la mejor solución. Una de las maneras de establecer si las plantas requieren o no de fertilización es la **observación visual de deficiencias** (cuadro 1). Si bien esta información es muy útil porque integra muchos conocimientos, el problema es que la corrección de la deficiencia es tardía, es decir, cuando la baja del nutriente ya generó disminuciones en el crecimiento o rendimiento.

Otra manera es realizar un balance de nutrientes y reponer lo que exportamos de nuestro sistema con los frutos y restos de poda no incorporados. En el cuadro 2 hay algunos valores de cuánto exportamos anualmente por ha de los nutrientes más importantes. El productor debería reponer anualmente la cantidad de nutrientes que extrajo del lote según los rendimientos de fruta obtenidos y el manejo que haya realizado de la poda (es decir incorporación, quema, etc.).

Cuadro 1: síntomas visuales de deficiencias nutricionales más comunes en olivo. Fuente: Sibbet y Ferguson (2004).

Nutriente	Árbol	Brotes	Hojas	Frutos
Nitrógeno	árboles pequeños; defoliación; bajo rendimiento	brotes cortos; poco crecimiento nuevo; muerte de corteza	hojas pequeñas; amarillas (sobre todo las más viejas); mucha defoliación	menos frutos pero de apariencia normal
Fósforo	poco crecimiento	brotes cortos	hojas adquieren color cobrizos, comenzando en la parte apical.	
Potasio	tamaño total de árbol normal; apariencia decaimiento; ramas con poca rigidez	distancia entre nudos (es decir, donde salen las hojas) corta	hojas pálidas; más pequeñas; ápice de las hojas amarillo y luego marrón (punta de flecha)	Color normal
Magnesio	tamaño normal; buen rendimiento	brotes de buen largo	clorosis internerval (entre las nervaduras de la hoja) que comienza en la zona media de la hoja; aparece más frecuentemente en hojas de la parte media de brotes	
Hierro	Tamaño normal; la copa se ve con tonalidad verde grisáceo	brotes de buen largo	hojas pequeñas; color verde amarillo/grisáceo; síntomas se ven en hojas terminales; se notan las nervaduras con color verde más intenso	frutos con tonalidad amarillenta

Cuadro 2: nutrientes extraídos anualmente por la cosecha y la poda del olivar. Esto fue calculado sobre la base de 7 años da datos, con un rendimiento promedio de 8200 kg/ha. Fuente: Fernández-Escobar (2017).

Elemento	Cosecha (kg/ha/año)	Poda (kg/ha/año)	Total (kg/ha/año)
Nitrógeno, N	23.60	30.80	54.40
Fosforo, P	4.03	2.84	6.87
Potasio, K	36.30	9.20	45.50
Calcio, Ca	2.38	55.50	57.90
Magnesio, Mg	1.31	2.48	3.79
Manganeso, Mn	0.02	0.06	0.08
Cinc, Zn	0.03	0.02	0.05
Cobre, Cu	0.04	0.08	0.12
Boro, B	0.09	0.02	0.11

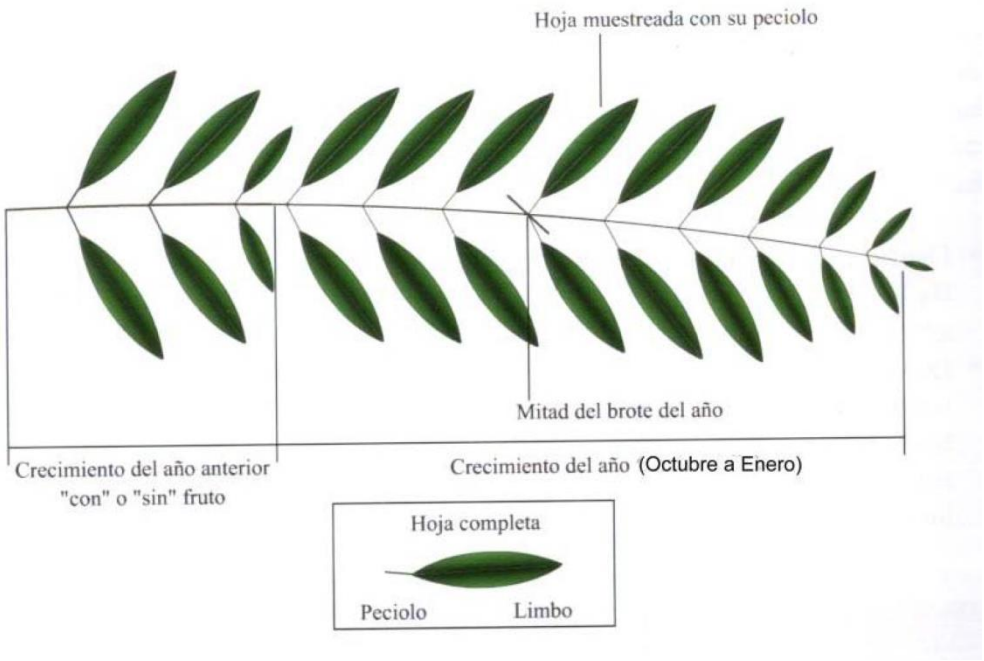


Figura 11: esquema de una rama indicando la zona de crecimiento del año y posibles sitios de muestreo de las hojas para análisis foliar. Fuente: Sercopag (https://sercopag.com/agricultor-importante-analizar-suelo-y-planta/; acceso febrero de 2019).

Cuadro 3: concentración de nutrientes en muestras de hojas de olivo, medidas en el verano. Los valores están expresados en porcentaje o partes por millón de materia seca. Fuente: Fernández- Escobar (2017).

Elemento	Deficiente	Adecuado	Tóxico
Nitrógeno, N (%)	1.2	1.3-1.7	>1.7
Fosforo, P (%)	0.05	0.1-0.3	-
Potasio, K (%)	0.4	>0.8	-
Calcio, Ca (%)	0.3	>1	-
Magnesio, Mg (%)	0.08	>0.1	-
Manganeso, Mn (ppm)	-	>20	-
Cinc, Zn (ppm)	-	>10	-
Cobre, Cu (ppm)	-	>4	-
Boro, B (ppm)	14	19-150	18.5
Sodio, Na (%)	-	-	>0.2
Cloro, Cl (%)	-	-	>0.5

El análisis de la disponibilidad de **nutrientes en el suelo** es otra herramienta para determinar si es o no necesario fertilizar. En general esta información es de utilidad al inicio de la plantación para poder conocer las posible limitantes del terreno, pero es más limitada para los planes anuales de fertilización. Ésto se debe a que muchos nutrientes pueden estar presentes en el suelo pero no estar disponibles para las plantas, por lo cual pueden existir deficiencias aún cuando los análisis de suelo indiquen que los niveles de los nutrientes son adecuados.

3.2 Fertilización

Llamamos fertilización a la aplicación de compuestos químicos a la plantación. La misma se puede aplicar al suelo, a las hojas o a través de inyecciones al tronco. La forma de fertilización más común es la aplicación al suelo que puede realizarse con forma sólida o líquida. Esta última forma es la más difundida en los sistemas de riego presurizado en el que el fertilizante se incorpora a través de las mangueras de riego; lo que se denomina **fertirrigación.** La ventaja de este sistema es su costo relativamente bajo debido a que requiere poca mano de obra. Otro aspecto positivo es que coloca al fertilizante en el bulbo húmedo, donde se encuentra la mayor concentración de raíces. Es conveniente que el fertilizante en el fertirriego se aplique al final del turno para evitar el lavado de los nutrientes. Los macronutrientes que son incluidos con más frecuencia utilizando esta metodología son nitrógeno (mayoritariamente en la primavera), potasio (mayoritariamente en el verano), y fósforo (durante toda la temporada).

La aplicación de **fertilizante sólido** es la forma más común de fertilización en los olivares tradicionales. En este tipo de aplicación hay algunas cuestiones que es conveniente tener en cuenta: la distribución del fertilizante se debería hacer en forma homogénea en toda la taza de riego y luego de aplicar el fertilizante, es necesario incorporarlo al suelo. La incorporación más común es con algún laboreo tipo rastra, con riego leve o aprovechando una lluvia. En estos dos últimos casos es importante que el fertilizante no se pierda por escorrentía. Los fertilizantes más comunes son la urea para corregir deficiencias de nitrógeno, o alguna formulación de NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) con diferentes proporciones entre estos nutrientes según la deficiencia a corregir.

La **fertilización foliar** se ha difundido en los últimos años en especial para la aplicación de nutrientes que se necesitan en menor cantidad. También se utiliza para fertilizar con aquellos elementos como magnesio, cuya disponibilidad en el suelo es baja, ya sea por pH o por interacción con otros nutrientes. En nuestros suelos es común observar deficiencia de magnesio con el avance del verano y en especial en árboles de alta carga del cultivar Arbequina. Los suelos y agua de riego con pH superior a 8 y la alta temperatura son factores que contribuyen a evidenciar esta deficiencia. Para la fertilización es importante tener en cuenta que las condiciones ambientales no deben ser ni muy calorosas ni muy secas pues el agua en el que disolvemos el producto se evaporará antes que la planta pueda absorber el nutriente. La otra cuestión a considerar es que no se puede hacer la aplicación en días de viento. Por último, es importante considerar que la cantidad máxima de producto que podrá absorber el árbol será baja comparando con la cantidad de nutriente absorbido

por raíces. Es por ello que el sistema no es tan eficiente cuando se trata de nutrientes como el nitrógeno que se necesita en mayores cantidades.

Por último una metodología de fertilización menos difundida pero de importancia a la hora de corregir deficiencias de algunos nutrientes es la inyección de compuestos al tronco. Esta metodología se ha recomendado en España para la corrección de deficientes de hierro ya que el hierro queda poco disponible en el suelo y debido a que tiene poca movilidad en el árbol, la aplicación foliar no suele ser tan efectiva. En nuestras condiciones las deficiencias de hierro no han sido tan acentuadas como para difundir esta práctica.

3.3 Enmiendas y cultivos de cobertura

Denominamos enmiendas a las aplicaciones que buscan mejorar la calidad de los suelos en su estructura (parte física), pH y fertilidad. Dentro de las enmiendas hay orgánicas e inorgánicas. Las **enmiendas inorgánicas** son utilizadas para mejorar el pH o en algunas casos (por ejemplo aplicación de ceniza volcánica) para mejorar la capacidad de intercambio catiónico de los suelos. Esta capacidad permite que los nutrientes aplicados por fertilización al suelo permanezcan en la matriz del suelo sin ser rápidamente lavados y perdidos. En general para incrementar el pH se utilizan normalmente carbonatos cálcicos, magnésicos, carbonatos cálcico-magnésicos (dolomita). La aplicación de yeso se utiliza para para disminuciones de sodio en suelos sódicos.

Las **enmiendas orgánicas** son las más comunes y permiten aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y contribuir a la fertilidad de nutrientes del mismo. La materia orgánica ayuda a una buena estructura del suelo lo cual favorece una buena aireación y mejora la capacidad de retención de agua del mismo, un aspecto importante en el caso de los suelos arenoso de nuestra región. Las enmiendas más difundidas son la aplicación de guano de cabra, guano de gallina, restos de poda, orujo o alperujo. Es importante con el uso de estas enmiendas su repercusión en el pH. Por ejemplo, el guano de gallina aumenta el pH del suelo, algo no deseado en los suelos de por si básicos. Otra cuestión es el tiempo de inmovilización de algunos nutrientes, como el nitrógeno ya que inicialmente no aumentará la cantidad disponible para el olivo sino que disminuirá. Por último las emniendas deben ser compostadas con el fin de eliminar patógenos.

Los cultivos de cobertura se utilizan para reducir la erosión, aumentar la materia orgánica del suelo y en algunos casos, aportar nitrógeno al suelo. Esto último se puede obtener cuando usamos una leguminosa como cultivo de cobertura pues pueden fijar nitrógeno atmosférico y eso luego terminará

haciendo un aporte al suelo. La ventaja de los cultivos de cobertura es que podemos mejorar la calidad de los suelos a un costo relativamente bajo, mejorando varios aspectos de manejo. La desventaja de su utilización radica en el agua que el cultivo de cobertura consume y que competirá con el consumo del olivo. En ese sentido cultivos de cobertura de ciclo inverno-primaveral serían los más recomendables. También es importante a la hora de la elección de especies tener presente que no estemos introduciendo un cultivo huésped de plagas de importancia.

4 PODA

La poda comprende aquellas operaciones que modifican la forma natural de los árboles frutales dando vigor o restringiendo el desarrollo de sus ramas. Los objetivos de la poda son: equilibrar el crecimiento vegetativo y reproductivo, regular la producción en el tiempo, favorecer la iluminación e aireación del canopeo, controlar el tamaño y mantener la arquitectura de la planta para favorecer la cantidad y calidad del producto cosechado, facilitando las operaciones agrícolas como la cosecha mecánica o manual. Otros objetivos de la poda son controlar insectos y enfermedades, y reducir la alternancia o vecería. Dentro de la poda, podemos distinguir tres tipos de poda a lo largo de la vida de la plantación: formación, mantenimiento en producción, rejuvenecimiento. En olivares jóvenes buscaremos mantener la poda en lo mínimo posible con el objeto de dar forma a los árboles sin retrasar la entrada en producción.

La **poda de formación** tendrá como objetivo guiar a los árboles hacia la forma que pretendemos tengan al llegar a la madurez. Esta forma de la copa dependerá principalmente de la distancia de plantación y luego de la forma de cosecha que elijamos. En todo caso, pretendemos maximizar la superficie iluminada y productiva en un arreglo espacial que permita una cosecha, poda, control de plagas, etc., fácil para el productor. Así, con distancias entre árboles en la fila de 6 m o más entre plantas la conducción en vaso parece la más apropiada ya que permite maximizar la superficie iluminada de la copa (figura 8). En este tipo de sistema de conducción, la cosecha se podrá realizar con vibradora o en forma manual y esta elección debería tenerse en cuenta a la hora de realizar una poda de formación. Si el objetivo es realizar una cosecha mecánica con vibrador, entonces se debe formar dejando al menos 1 m de altura libre de ramas de manera de poder luego colocar el cabezal de vibración. A su vez debo dejar 3-4 ramas principales, en lo posible verticales para que la fuerza de la cosechadora se transmita al resto de la copa generando la caída de los frutos. Por otro lado si planeo cosechar el olivar en forma manual, un despeje de 50 cm desde el suelo permitirá facilitar el control de malezas permitiendo a su vez tener un bien desarrollo de copa reduciendo la altura total de los

árboles. Mantener la altura máxima de copa en 3-4 m permitirá realizar la cosecha utilizando brazos neumáticos o también escaleras de menor porte. En este caso no será necesario elegir ramas erectas como en el caso anterior.

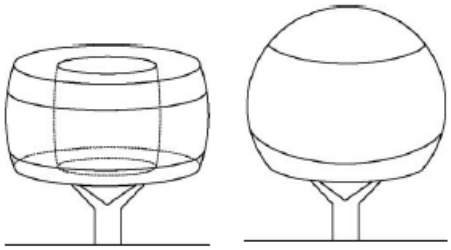


Figura 8: esquema de un olivo podado en forma de vaso y un olivo con copa libre. Se puede deducir que la superficie iluminada es mayor en el primer caso. Fuente: Fernández et al. (2008)

Cuando la distancia entre plantas en la fila es de 4 m o menos, la forma de conducción tenderá finalmente a un seto continuo (figura 9). Un seto lo podemos asimilar a una estructura geométrica que se describe por: la distancia entre líneas (r), el ancho de copa (w), la calle libre (a), la altura total de los árboles (h), la altura de despeje (t), la profundidad de canopeo (d) y el ángulo de corte de la cara podada (s). La relación entre estos parámetros permite estimar la máxima productividad para un olivar según el manejo de la poda de producción que hagamos (ver Connor y Gómez del Campo, 2013). También en este caso la máquina cosechadora que planee utilizar estará indicando el tipo de poda de formación a realizar. Así si el objetivo es cosechar con una vibradora debo dejar al menos 1 m de altura de tronco libre de ramas para poder colocar el cabezal de vibración y debo mantener 3-4 ramas erectas para facilitar la transmisión de la vibración. A su vez en este caso lo ideal sería trabajar con una cosechadora que trabaje en continuo y en este sentido, dependiendo del modelo será necesario dejar libre mayor o menor altura desde el suelo de modo que la cinta colectora pueda ser utilizado sin inconvenientes. Por otro lado, si el objetivo es cosechar con una máquina cabalgante con peines de recolección, será conveniente con la poda de formación conducir hacia una estructura similar a una palmeta o mono cono donde se mantengan la ramas más duras y lignificadas en la dirección de avance de la máquina con ramas más jóvenes y flexibles en la zona de influencia de los peines.

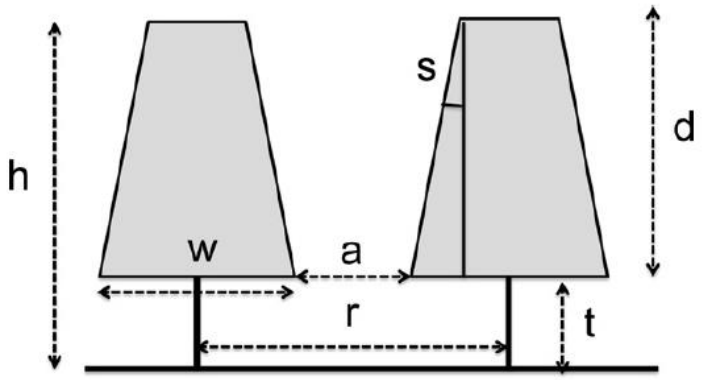


Figura 9: representación esquemática de un seto donde están señaladas: la distancia entre líneas (r), el ancho de copa (w), la calle libre (a) , la altura total de los árboles (h), la altura de despeje (t), la profundidad de canopeo (d) y el ángulo de corte de la cara podada (s). Fuente: Connor y Gómez del Campo (2013).

Una vez que la plantación alcanzó la madurez realizaremos **podas de mantenimiento** de la producción. En este momento los objetivos que perseguimos con la poda serán: mantener la forma del árbol, posibilitar la cosecha, reducir relación madera hoja, reducir sombreado de ramas con frutos, favorecer la aireación, reducir plagas y enfermedades, sacar material muerto o enfermo. En un olivar bien manejado mantendremos una baja intensidad de poda relativamente frecuente de modo de evitar podas muy severas (Albarracín et al. 2017). Las podas severas presentan varios inconvenientes, siendo el primero que la poda más intensa conlleva la eliminación de ramas de mayor edad y tamaño que luego inducen un crecimiento muy vigoroso de chupones con que presentan una baja tasa de floración de retorno (Albarracín et al. 2018). Por otro lado podas intensas requieren movilizar gran cantidad de madera de gran tamaño con un incremento marcado en los costos de acarreo. A pesar que podas intensas no son recomendables, en ciertas situaciones es necesario realizar este tipo de práctica, muchas veces porque no fue posible podar en años anteriores. En este caso se recomienda que la poda severa se realice en un año de alta carga de fruta y cerca de endurecimiento del carozo. De esta manera se reduce el rebrote vigoroso que podría llevar a recuperar rápidamente el tamaño de los árboles previo a la poda reduciendo el impacto de la misma (figura 10).

Cuando la plantación ha envejecido, cuando la maquinaria agrícola ya no puede operar porque el tamaño de los árboles es demasiado grande, etc., es posible realizar una **poda de rejuvenecimiento.** El olivo tiene una alta capacidad de rebrote, numerosas yemas latentes, acumulación de carbohidratos en las raíces que permiten reestablecer la copa luego de eliminarla por poda. En este caso una de las cuestiones a manejo a tener en cuenta es qué altura de tocón dejar. Esta pregunta depende en gran medida de la forma de cosecha que utilizaremos. Así de utilizar una vibradora lo ideal sería dejar una altura de tocón de 1 -1.2 m para que la vibradora se afirme sobre el mismo, y

dejar que 3 -4 chupones restablezcan la copa. Sin embargo la posibilidad de proceder de esta forma dependerá en gran medida del diámetro del tocón y la posibilidad que la vibradora pueda seguir abrazándose al mismo. En sistemas de alta densidad y muy alta densidad (350-1500 plantas/ha) cortar dejando el tocón a ras del suelo y luego dejando 1 o 2 chupones en la dirección de las filas para reestablecer la copa, ha sido demostrada como la mejor opción para recuperar la plantación. Esta poda mostró buenos resultados cuando los árboles fueron luego cosechados con cosechadoras tipo cabalgantes (figura 11).



Figura 10: fotos mostrando un olivar en Catamarca luego de realizar una poda intensa en agosto y el mismo olivar al final de la estación de crecimiento (abril). La poda se realizó en forma muy intensa en un año de muy baja producción de fruta. El riego se mantuvo al 120% de la ETc.



Figura 11: foto mostrando el restablecimiento de la copa luego de una poda de rejuvenecimiento de una plantación de alta densidad. Se puede observar el tocón a 10 cm del suelo y los dos chupones que luego reestablecieron la copa del árbol.

4.1 **Herramientas con los que podemos hacer la poda**

Para podar se pueden utilizar herramientas que podamos agrupar en diferentes tipos: manuales (tijeras de podar, podones, serruchos), semi mecánicas (tijeras neumáticas, motosierras), mecánicas (discos, etc.), y más recientemente se han incorporado los sistemas robóticos. Cada tipo de herramienta permitirá alcanzar diferentes objetivos pues permiten generar diferente tipo poda. La **poda de raleo** consiste en eliminar ramas enteras desde su inserción al tronco o a otra rama de mayor jerarquía (figura 12). Para poder realizar este tipo de poda es necesario utilizar herramientas mecánicas o semi mecánicas. En algunos cultivos como la vid, también es posible realizar este tipo de poda usando sistemas robóticos. La poda de raleo permite reducir la densidad de hojas y de ramas en la copa permitiendo una mejor iluminación en el interior y también facilitando la aireación. En general este es el tipo de poda más difundido en frutales ya que permite seleccionar ramas vegetativas favoreciendo una mejor relación fruta:hoja con buena iluminación de los frutos en crecimiento. En el

olivo, donde la mayoría de la ramas son mixtas (es decir tienen hojas y frutos) y los frutos son pequeños resulta más difícil seleccionar ramas reproductivas o vegetativas. Este tipo de poda se utiliza también para eliminar ramas muertas o mal ubicadas.

La **poda de rebaje** consiste eliminar la parte apical de ramas, dejando numerosas yemas sobre la misma rama (figura 13). Este es el tipo de corte que comúnmente realiza la podadora mecánica de discos. En este corte al eliminar los ápices de brotes y ramas, se elimina también la fuente de hormonas que mantiene la dominancia apical y con ellos de produce una fuerte brotación de las yemas axilares de las mismas ramas rebajadas. Es por ello que en este tipo de corte la respuesta vegetativa posterior, que suele ser muy vigorosa y dominada por chupones que luego no florecen, resulta muy importante realizarla en año de alta carga de fruta y manteniendo un nivel de intensidad de poda de liviano a moderado. También es importante ajustar el nivel de riego post poda para evitar regar con dosis superiores al 75% de la ETc. En estas condiciones es posible mantener un adecuado crecimiento de frutos y ramas y hasta reducir la alternancia productiva de la plantación. Otra recomendación para este tipo de poda mecánica de discos es podar en forma alternada las dos caras expuestas de las plantas, es decir en un plantación orientada norte-sur, un año podar la cara este y al año siguiente la oeste. De esta forma los árboles compensan el número de frutos y su tamaño mantenido el rendimiento.





Figura 12: fotos mostrando el accionar de una motosierra realizando una poda de raleo y foto mostrando el olivo luego de haber realizado la poda de raleo. Podemos observar los cortes nítidos en los cuales se eliminaron ramas enteras. (Fuente foto de la derecha https://motoralbet.com/es/productos/motosierra-cs-2511-tesc-25-0-043/; acceso febrero de 2019.

4.2 **Qué hacer con el material que saco con la poda y los restos de cosecha**

En la actualidad, cada vez hay más interés por hacer un uso económico de los restos de poda y también de cosecha. Según indicaciones del Consejo Oleícola Internacional (COI), la incorporación del material más fino de la poda para mejorar la materia orgánica del suelo es una práctica deseable pues colabora a reducir la huella de carbono del olivar. Esto es un punto importante en ciertos países europeos, pues mejora las posibilidades comerciales del aceite de oliva y en algunos casos permite la percepción de ayudas económicas. Otra opción de uso de los residuos vegetales es el compostaje. Ésto permite incorporar luego materia orgánica al suelo y en algunos casos es también posible realizar un aprovechamiento comercial a través de la producción de hongos comestibles. La fabricación de briquetas, alimentación de ganado, utilización del material grueso para producción de energía a partir

de biomasa (eléctrica, calefacción) son también otros usos posibles. En cambio la práctica comúnmente difundida de la quema en el campo del material vegetal no es una práctica deseable debido a que se libera gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera, lo que contribuye al calentamiento global. De hecho en muchos lugares del mundo la quema está prohibida. Por otro lado la quema a campo representa un riesgo para los operarios, para la misma plantación y para las plantaciones vecinas. Muchos incendios tienen su origen en este tipo de práctica.



Figura 13: fotos mostrando el accionar de una podadora mecánica de discos realizando una poda rebaje y foto mostrando el olivo luego de haber realizado la poda de raleo. Podemos observar los cortes se acortaron ramas largas.

5 MALEZAS

Se denomina ***maleza***, mala hierba, yuyo, planta arvense, monte o planta indeseable a cualquier especie vegetal que crece de forma silvestre en una zona cultivada o controlada por el ser humano como cultivos ***agrícolas*** o jardines. En general, las malezas se clasifican en malezas de hoja ancha (dicotiledóneas) o gramíneas, debido a los productos que se utilizan para controlar uno u otro grupo. Las malezas son controladas en general porque representan una pérdida importante del agua de riego por la transpiración de las malezas mismas y en muchos casos de los fertilizantes aplicados. Algunas malezas dificultan las labores de los operarios y por ese motivo es necesario controlarlas. Otro de los motivos por el cual se recomienda el control de malezas es en el caso que las mismas sean hospederos de plagas y enfermedades.

Sin embargo no siempre la presencia de malezas es negativa. En muchos casos mantener el suelo cubierto con malezas disminuye la erosión del mismo sea por lluvia o por viento. También algunas malezas sobre todo leguminosas son deseables ya que son capaces de fijar nitrógeno del aire, realizando un aporte biológico de fertilizante al suelo.

En el anexo 2 se presenta una lista de las principales malezas observadas en olivares de la región.

Para ampliar sobre el manejo de malezas ver https://inta.gob.ar/documentos/manual-de-tratamientos-fitosanitarios-para-cultivos-de-clima-templado-bajo-riego-seccion-ivolivo acceso 02/05/2019.

6 SISTEMAS ALTERNATIVOS DE PRODUCCIÓN

En la actualidad han vuelto a resurgir sistemas mixtos de producción donde nuestro cultivo principal (por ejemplo olivo) puede ir acompañado por otros cultivos o por actividad pecuaria. En varios lugares la incorporación de ovejas, cabras o cerdos al olivar está siendo cada vez más común. Ésto permite mantener una cubierta del suelo en el entresurco baja sin costo adicional y diversificar las fuentes de ingreso. Otro tipo de sistema alternativo es el de incorporar un cultivo acompañante bajo la canopia que tenga buen desarrollo con baja luz. Ejemplo de ello son la intersiembra de hortalizas o flores bajo el dosel de los árboles.

7 CONCLUSIONES

El objetivo de conocer diferentes aspectos del manejo del olivar es que el productor cuente con herramientas que le permitan usar los recursos (agua, suelo, capital) de la manera más eficiente y de forma amigable con el medio ambiente. En este sentido un uso razonable del agua aplicada por riego ayudará a que la olivicultura en nuestra región pueda sostenerse en el tiempo. A su vez un uso razonable del agua contribuirá a reducir los costos de energía eléctrica y también de poda, pues la aplicaremos favoreciendo la producción de fruta y no de madera. También reducir las pérdidas de agua de nuestros olivares tradicionales tanto puertas afuera como adentro, permitirá usar los recursos actualmente disponibles de una manera más efectiva. Por otro lado, tomar decisiones de fertilización sobre la base de información más (balance de nutrientes) o menos sencilla (análisis foliar) ayudará a hacer un uso más racional de los fertilizantes, reduciendo costos y mejorando su eficiencia. Todas estas acciones podrán colaborar a un olivar sustentable en nuestra región.

8 REFERENCIAS

- ⇨ Albarracín, V., Hall, A. J., Searles, P. S., & Rousseaux, M. C. (2017). Responses of vegetative growth and fruit yield to winter and summer mechanical pruning in olive trees. *Scientia Horticulturae*, 225, 185-194.
- ⇨ Albarracín, V., Hall, A. J., Searles, P. S., & Rousseaux, M. C. (2018). Impact of simulated mechanical hedge pruning and wood age on new shoot demography and return flowering in olive trees. *Trees*, 32, 1767-1777.
- ⇨ Alcaras, L. M. A., Rousseaux, M. C., & Searles, P. S. (2016). Responses of several soil and plant indicators to post-harvest regulated deficit irrigation in olive trees and their potential for irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, 171: 10-20.
- ⇨ Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith,M. (1998). Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome: FAO.
- ⇨ Bueno, L. A., Sanchez, E., & Searles, P. S. (2011). Seasonal Changes in Mineral Nutrient Concentrations of Olive Leaves in an Arid Region of Argentina. *Acta Horticulturae (ISHS)*, *924*, 69–76.
- ⇨ Connor, D. J., & Gómez-del-campo, M. (2013). Simulation of oil productivity and quality of N – S oriented olive hedgerow orchards in response to structure and interception of radiation. *Scientia Horticulturae*, *150*, 92–99.
- ⇨ Correa-Tedesco, G., Rousseaux, M.C., & Searles, P.S. (2010). Plant growth and yield responses in olive (O*lea europaea*) to different irrigation levels in an arid region of Argentina. *Agricultural Water Management* 97, 1829-1837.
- ⇨ Fernández-Luque, J.E., Díaz-Espejo, A., Palomo-García, M.J., Girón-Moreno, I. & Moreno-Lucas, F. (2003) Riego y fertilización del olivar en la comarca de El Aljarefe (Sevilla). Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. CSIC, España 32 páginas
- ⇨ Fernandez, J. E., Diaz-Espejo, A., D-Andria, R., Sebastiani, L., & Tognetti, R. (2008). Potential and limitations of improving olive orchard design and management through modelling. *Plant Biosystems*, *142*, 130–137.
- ⇨ Fernández-Escobar, R (2017). Fertilización. En El cultivo del Olivo- Séptima edición (ed. Barranco, Fernández-Escobar, Rallo). Mundiprensa, Madrid.
- ⇨ Rousseaux, M.C, Benedetti, J.P., & Searles, P.S. (2008). Leaf level responses of olive trees (*Olea europea*) to the suspension of irrigation during the winter in an arid region of Argentina. *Scientia Horticulturae,* 115, 135-141.
- ⇨ Rousseaux, M.C, Figuerola, P. I., Correa-Tedesco, G., & Searles, P.S. (2009). Seasonal variations in sap flow and soil evaporation in an olive (Olea europaea L.) grove under two irrigation regimes in an arid region of Argentina. *Agricultural Water Management,* 96, 1037-1044.
- ⇨ Searles, P.S., Saravia, D., & Rousseaux, M.C. (2009). Root length density and soil water distribution in drip-irrigated olive orchards in Argentina under arid conditions. *Crop & Pasture Science,* 60, 280-288.

- Searles, P.S., Agüero-Alcarás, M., & Rousseaux, M.C. (2011). El consumo de agua por el cultivo de olivo (*Olea europaea* L.) en el noroeste de Argentina: una comparación con la Cuenca Mediterránea. *Ecología Austral,* 21, 15-28.
- Sibbet, G.S., & Ferguson, L. (2004) Olive production manual. Segunda edición. Agriculture & Natural Resources, University of California. Davis, California
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002) Plant Physiology. Tercera edición. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts

Anexo 1: valores mensuales históricos de evapotranspiración de referencia para diferentes localidades de la provincia de La Rioja. Los mismos fueron obtenidos por FAO utilizando el modelo CROPWAT 4.0

Country: Argentina Station: CHILECITO
Altitude: 1146 meter(s) above M.S.L.
Latitude: -29.10 Deg. (South) Longitude: -67.31 Deg. (West)

Month	MaxTemp (deg.C)	MiniTemp (deg.C)	Humidity (%)	Wind Spd. (Km/d)	SunShine (Hours)	Solar Rad. (MJ/m2/d)	ETo (mm/d)
January	33.4	18.3	55.0	104.0	9.5	25.7	5.91
February	33.1	16.6	59.0	104.0	9.0	23.7	5.38
March	28.0	14.4	63.0	86.0	9.0	21.4	4.13
April	23.8	9.4	65.0	86.0	7.8	16.4	2.81
May	20.0	6.2	62.0	86.0	7.1	12.8	1.93
June	16.8	2.8	64.0	104.0	6.7	11.0	1.60
July	17.0	1.9	57.0	104.0	7.8	12.6	1.80
August	20.1	4.4	53.0	121.0	7.9	15.2	2.65
September	23.1	7.1	54.0	121.0	10.0	21.2	3.75
October	26.4	10.4	55.0	138.0	9.3	23.2	4.77
November	30.3	14.4	53.0	138.0	9.8	25.8	5.80
December	32.5	16.8	52.0	138.0	9.1	25.3	6.12
Average	25.4	10.2	57.7	110.8	8.6	19.5	3.89

Country: Argentina Station: LA RIOJA
Altitude: 430 meter(s) above M.S.L.
Latitude: -29.23 Deg. (South) Longitude: -66.49 Deg. (West)

Month	MaxTemp (deg.C)	MiniTemp (deg.C)	Humidity (%)	Wind Spd. (Km/d)	SunShine (Hours)	Solar Rad. (MJ/m2/d)	ETo (mm/d)
January	35.9	20.9	58.0	138.0	8.9	24.8	6.36
February	34.1	19.8	62.0	121.0	8.2	22.5	5.45
March	31.0	17.7	66.0	104.0	7.3	18.9	4.20
April	26.4	12.2	71.0	104.0	7.0	15.4	2.97
May	21.8	8.1	75.0	69.0	6.4	12.0	1.77
June	18.2	5.1	74.0	69.0	5.9	10.3	1.34
July	19.2	3.0	69.0	86.0	6.9	11.7	1.67
August	22.7	5.2	57.0	86.0	7.8	15.1	2.50
September	26.1	9.6	53.0	121.0	8.1	18.6	3.83
October	29.1	14.1	52.0	138.0	8.4	21.8	4.99
November	32.8	18.1	50.0	138.0	9.2	24.8	6.06
December	34.9	20.2	53.0	156.0	9.1	25.3	6.62
Average	27.7	12.8	61.7	110.8	7.8	18.4	3.98

Anexo 2: principales malezas observadas en olivares de la región de Aimogasta, provincia de La Rioja.

Familia	Nombre vulgar	Nombre científico	Figura
Amaranthaceae	ataco	*Amaranthus quitensis*	1
Amarillydaceae	junco	*Nothoscordum*	2
Apocynaceae	doca	*Araujia odorata*	3
Asparagaceae	espárrago silvestre	*Asparagus officinalis*	4
Asteraceae	rama negra	*Conyza bonariensis*	5
Asteraceae	amor seco	*Bidens pilosa*	6
Asteraceae	sunchillo	*Grindelia pulchella*	7
Asteraceae	girasol guacho	*Helianthus annuus*	8
Asteraceae	sunchillo	*Wedelia glauca*	9
Asteraceae	girasolillo	*Verbesina enciliodes*	10
Asteraceae	diente de león	*Taraxacum officinalis*	11
Asteraceae	vara de oro	*Solidago chilensis*	12
Boraginaceae		*Heliotropium curassavicum*	13
Brassicaceae	rúcula silvestre	*Eruca vesicaria*	14
Chenopodiaceae	paico	*Dysphania ambrosioides*	15
Fabaceae	mastuerzo	*Prosopis strombulifera*	16
Fabaceae	porotillo	*Hoffmannseggia erecta*	17
Fabaceae	chañar	*Geoffroea decorticans*	18
Malvaceae	malva	*Sphaeralcea crispa*	19
Papaveraceae	cardo santo	*Argemone subfusiformis*	20
Poaceae	tupe	*Panicum urvilleanum*	21
Poaceae	cebadilla	*Bromus catharticus*	22
Poaceae	pasto ruso	*Sorghum halepense*	23
Poaceae	gramón	*Cynodon dactylon*	24
Poaceae	cadillo	*Cenchrus sp*	25
Portulacaceae	flor de seda	*Portulaca grandiflora*	26
Portulacaceae	verdolaga	*Portulaca oleracea*	27
Ranunculaceae	loconte	*Clematis sp*	28
Solanaceae		*Solanum elaeagnifolium*	29
Solanaceae		*Lycium sp*	30
Solanaceae	hediondilla	*Cestrum parqui*	31
Solanaceae	palán palán	*Nicotiana glauca*	32
Loranthaceae	liga	*Ligaria cuneifolia*	33

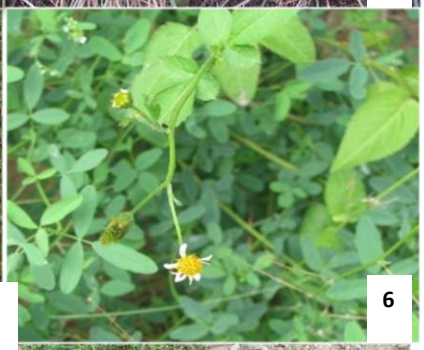

1


2


3


4


5


6


7

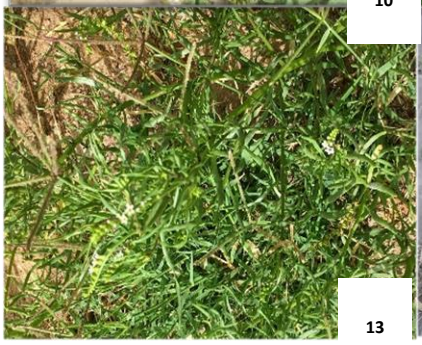

8


9


10


11


12


13


14


15


16


17


18


19


20


21


22


23


24


25


26


27


28


29


30


31


32


33