



MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE RIEGO

Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura

Viñedo, olivar, cítricos y fresa

Octubre 2009



MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE RIEGO

Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura

Octubre 2009

© WWF España

Gran Vía de San Francisco, 8-D. 28005 Madrid

Tel.: 91 354 05 78. Fax: 91 365 63 36

www.wwf.es

info@wwf.es

Con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Marino y Rural

Textos: Manuel Francisco Badillo, Francisco Valdera, Vicente Bodas, Felipe Fuentelsaz y Celsa Peiteado, WWF España.

Coordinación: Felipe Fuentelsaz y Celsa Peiteado, WWF España; Vicente Bodas.

Fotos: Felipe Fuentelsaz y Celsa Peiteado, WWF España y Vicente Bodas.

Infografías: Vicente Bodas y WWF España.

Edición: Amaya Asiaín

Maquetación: Eugenio Sánchez-Silvela

Foto portada: Montaje basado en fotos de los autores

Impresión: Artes Gráficas Palermo, S.L.

Depósito Legal:

Publicado en octubre de 2009 por WWF/Adena (Madrid, España).

WWF España agradece la reproducción de los contenidos del presente documento (a excepción de las fotografías, propiedad de los autores) en cualquier tipo de medio siempre y cuando se cite expresamente la fuente (título y propietario de copyright).

© Texto: 2009, WWF/Adena. Todos los derechos reservados.

Índice

1. Agua y naturaleza: Doñana y Daimiel	2
2. Antecedentes	4
3. El agua en la agricultura	5
3.1. El agua y el suelo	5
3.2. El agua y las plantas	7
4. Sistemas de riego	10
4.1. Conceptos previos	10
4.2. Sistemas de riego	11
5. Buenas prácticas de riego. Recomendaciones generales	13
5.1. Uso legal del agua	13
5.2. Conocimiento de las características del agua de riego	13
5.3. Conocimiento de las características físicas del suelo	13
5.4. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos	13
5.5. Cálculo de la dosis y frecuencia de riego	15
5.6. Uso de caudalímetro	15
5.7. Registro en cuaderno de riego	15
5.8. Mantenimiento de instalaciones	15
5.9. Formación	16
5.10. Utilización de últimas tecnologías	16
6. Buenas prácticas en el riego de la vid	18
6.1. Ciclo de desarrollo del cultivo de la vid	18
6.2. Necesidades de agua en el ciclo de la vid	19
6.3. Otros aspectos prácticos del riego de la vid: riego deficitario controlado	20
7. Buenas prácticas en el riego del olivar	22
7.1. Ciclo de desarrollo del cultivo del olivo	22
7.2. Necesidades de agua en el ciclo del olivo	23
7.3. Aspectos prácticos del riego del olivar: riego deficitario controlado	24
8. Buenas prácticas en el riego del fresón	26
8.1. Ciclo de desarrollo del cultivo del fresón	26
8.2. Necesidades de agua en el ciclo del fresón	26
8.3. Aspectos prácticos del riego en el cultivo del fresón	27
9. Buenas prácticas en el riego de los cítricos	29
9.1. Ciclo de desarrollo del cultivo de los cítricos	29
9.2. Necesidades de agua en el ciclo de los cítricos	29
9.3. Aspectos prácticos en el riego de los cítricos	29
Anexo I. Cuaderno de registro de riegos	32

1. Agua y naturaleza: Doñana y Daimiel

WWF España, organización mundial para la conservación de la naturaleza, es una de las principales ONG dedicadas a la protección del medio ambiente, con proyectos en más de 100 países y con el apoyo de más de cinco millones de personas en todo el mundo.

Entre sus objetivos destaca la preservación de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad, así como la reducción de la 'huella ecológica' que nuestro consumo de agua, energía y otros recursos está dejando en el planeta. Para ello, trabajamos para mejorar las políticas que determinan la gestión y el uso del agua, además de desarrollar proyectos piloto de uso eficiente a pie de campo que demuestran que es posible una mejor utilización de este recurso. En España, al igual que en el resto de países mediterráneos, es clave la buena gestión del agua en regadío, sector que consume un 75% de los recursos hídricos.

El agua es un recurso escaso. Su uso eficiente y responsable en la agricultura es imprescindible para asegu-

rar el buen estado de ríos, acuíferos y humedales, más aún cuando en el futuro se prevé una menor disponibilidad de recursos hídricos y una distribución irregular en el tiempo, por efectos del cambio climático, y un aumento de la demanda de agua por parte de otros sectores.

Dos zonas en las que **es urgente compatibilizar el uso del agua en regadío** con la conservación de la naturaleza son el **Parque Nacional de las Tablas de Daimiel**, en la provincia de Ciudad Real, y el **Espacio Natural Doñana**, en la provincia de Huelva. Ambos son humedales de alto valor ecológico, dependientes hidrológicamente de las aguas subterráneas, y cuya importancia ha sido reconocida por diferentes figuras internacionales, como el convenio RAMSAR de protección de humedales. Durante los últimos 30 años el área que los rodea ha vivido una fuerte expansión del regadío, que ha llevado incluso a la sobreexplotación de los acuíferos que los sustentan, con importantes impactos ambientales y sociales. Por otro lado, el control del regadío en la zona es muy dificultoso, ya que, al abastecerse en su



Marismas de Doñana



Parque Nacional de las Tablas de Daimiel

mayoría de aguas subterráneas, los puntos posibles de captación del acuífero son prácticamente infinitos. Esto lleva fácilmente a problemas en la gestión y control de los recursos hídricos.

Doñana, en la desembocadura del río Guadalquivir, es el hábitat de 875 plantas y 226 especies de aves, aparte de peces, reptiles, anfibios y mamíferos protegidos, y es vital para la parada anual de más de 6 millones de aves migratorias: espátulas, flamencos, moritos, avocetas o gansos son algunas de las especies más características. Más de 60.000 individuos de esas especies, procedentes del resto de Europa (Holanda, Alemania, Suecia, Dinamarca,..) se alimentan y crían en el área.

La agricultura es una de las actividades económicas más importantes en Doñana, caracterizada por una combinación de cultivos tradicionales como el olivar o el viñedo, y otros más recientes, como el arroz o la fresa. Éste último juega un importante papel desde el punto de vista socioeconómico, pero también destaca por ser fuente de problemas ambientales, especialmente en lo referente al uso del suelo y del agua.

La provincia de Huelva cuenta con el 95% de la producción fresera española, gran parte de ella en la Comarca de Doñana. WWF ha detectado que esta actividad está teniendo un impacto severo en la cantidad y calidad de agua disponible para los humedales de la zona.

Diversos estudios demuestran que entre 1970 y 1994 la recarga del acuífero del arroyo de La Rocina, uno de los más importantes para el Espacio Natural Doñana, ha disminuido en un 50%. Claramente esto afecta a sus hábitats, comprometiendo el mantenimiento de la biodiversidad de Doñana a largo plazo y la conservación de las especies más sensibles en la actualidad.

Por su parte, el Parque Nacional de **Las Tablas de Daimiel**, localizado en la Cuenca Alta del Río Guadiana, es uno de los humedales más representativos de la “La Mancha Húmeda”, entendida como el conjunto de áreas

inundadas. Antiguamente llegó a tener 50.000 hectáreas en la provincia de Ciudad Real. Constituyen una de las principales zonas de importancia para la biodiversidad, por su vegetación y riqueza en poblaciones de aves acuáticas migratorias y nidificantes. Para su supervivencia, estos magníficos humedales dependen del agua que les suministran los acuíferos de la zona.

Durante los últimos 30 años, estos acuíferos han sufrido la sobre-explotación y contaminación de sus aguas por la enorme expansión del regadío impulsada por las ayudas directas de la Política Agraria Común de la UE. Destacan cultivos leñosos como el viñedo, hortalizas como el melón, la cebolla y la patata y cereales como el trigo o el maíz.

El regadío descontrolado, en muchos casos ilegal, de los acuíferos ha crecido hasta el punto de producir un grave descenso en los niveles subterráneos al extraerse mucho más agua que la que recargan los acuíferos. Además de importantes impactos ambientales, como la desecación de los Ojos del Guadiana y la práctica desaparición de la superficie inundada en Las Tablas de Daimiel, se ha puesto en peligro la calidad y suministro del abastecimiento a poblaciones.

Como se puede apreciar, una **adecuada gestión del agua de regadío** es clave para evitar impactos sobre la biodiversidad y la cantidad y calidad de los recursos naturales. En este caso se debe implicar directamente a los regantes, pues la actividad presente y futura de sus explotaciones depende del buen estado de los recursos naturales (suelo, agua, fauna útil) sobre los que la producción descansa.

Para lograrlo WWF España trabaja en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel y en el Espacio Natural Doñana, demostrando con experiencias piloto que un mejor uso del agua en regadío es posible, beneficiando no sólo a estos emblemáticos espacios sino también a los propios regantes, al hacer un mejor uso de los recursos disponibles.

2. Antecedentes

Durante el periodo 2002-2005 WWF España llevó a cabo un proyecto LIFE para mejorar la eficiencia en el uso del agua de regadío en acuíferos sobreexplotados (**LIFE HAGAR**) en el área de influencia hidrológica de Las Tablas de Daimiel, contando con agricultores y comunidades de regantes de la zona.

Tras lograr con el proyecto LIFE HAGAR un ahorro medio del 14% de agua en las fincas piloto respecto a la práctica habitual, WWF España trasladó la experiencia a explotaciones freseras en Almonte, Doñana, con resultados de nuevo satisfactorios. Actualmente, WWF España, junto a otras entidades de la zona, sigue promoviendo el uso eficiente del agua en regadío a través de las últimas tecnologías disponibles en el cultivo del fresón, cítricos, olivar y viñedo.

En esta línea de trabajo, WWF España acaba de poner en marcha un **proyecto piloto de desarrollo rural**, financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, para **poner en valor la gestión vitivinícola y forestal sostenible**. La iniciativa incluye el desarrollo y la difusión de buenas prácticas agrícolas en viñedo, con especial hincapié en el uso eficiente de agua en regadío. El presente manual es una de las herramientas de difusión del proyecto de desarrollo rural.

Estas experiencias piloto incorporaban la celebración de diversas jornadas de formación¹ sobre el uso eficiente del agua en regadío. La información y divulgación de estas nuevas tecnologías permite a regantes y técnicos tomar

la mejor decisión de riego, es decir, decidir cuánto, cuándo y cómo regar, de manera que se obtenga la mejor cosecha en calidad con el menor uso de agua posible.

Siguiendo esta línea de trabajo, la elaboración del presente manual sobre buenas prácticas en el regadío pretende ser una herramienta de consulta para mejorar esta toma de decisión de riego. Para la elaboración del Manual se han tenido en cuenta, además de las normativas existentes en materia de aguas y diferentes protocolos de calidad, como Producción Integrada o GlobalGap, las últimas tecnologías existentes en el mercado y la experiencia de técnicos expertos en el tema.

El Manual incluye un primer apartado de conceptos generales, un segundo apartado con aquellas buenas prácticas de carácter genérico y que deberían realizarse en toda explotación de regadío, y un último punto con recomendaciones específicas para los cultivos de viñedo, olivar, cítricos y fresa. Se han seleccionado estos cultivos por ser clave para la sostenibilidad de los regadíos en cuencas tan importantes como la del Guadiana y el Guadalquivir, además de por su importancia socioeconómica. Si bien WWF España defiende en primer lugar el mantenimiento de los **cultivos tradicionales de secano**, como el olivar y el viñedo, y el **cese de las transformaciones a regadío**, es necesario promover **buenas prácticas en las superficie en riego existentes** para mejorar la eficiencia en el uso de un recurso cada vez más escaso.



Puesta en marcha de proyecto piloto en fresa

3. El agua en la agricultura

3.1. El agua y el suelo

El suelo es un entramado de partículas minerales que no forman una masa compacta, sino que entre ellas existe una intrincada red de poros y canales por los que circula el aire y el agua (figura 1).

- El tamaño de los poros condiciona los intercambios hídricos, gaseosos y la accesibilidad de las raíces y organismos edáficos a estos recursos. Por ejemplo:
- Los poros mayores de 30 micras son incapaces de retener el agua de forma prolongada, siendo los responsables del drenaje rápido y la aireación tras un episodio de saturación.
- Los poros entre 0,2 y 30 micras son capaces de retener el agua durante cierto tiempo y de cederlo a las raíces, por lo que determinan la capacidad de un suelo para almacenar el agua disponible para las plantas.
- El agua contenido en poros menores de 0,2 micras queda fuera del alcance de las raíces y de la mayor parte de los organismos vivos.

Figura 1



Detalle de la red de poros del suelo

La capacidad de retener agua en el suelo dependerá de su textura (proporción de arena, limo y arcilla) y de su estructura (forma en la que las partículas del suelo se unen formando agregados y creando diferentes tipos de poros). Para la actividad agrícola el suelo ideal es el franco (30-50% de arena; 30-50% de limo y 20-30% de arcilla). Este suelo es capaz de almacenar unos 300 litros de agua por metro de profundidad, aunque no toda esta agua está enteramente disponible para las plantas.

Figura 2



Tipos de suelo y capacidad para almacenar agua

POTENCIAL DEL AGUA EN EL SUELO

Cada gota de agua situada en un poro cualquiera del suelo está sometida a distintas fuerzas que determinarán su evolución. Sobre una gota de agua actuarían las siguientes fuerzas:

- La fuerza de la gravedad: potencial gravitacional
- La fuerza debida a la presencia de sales: potencial osmótico
- La fuerza debida al peso de otras gotas de agua: potencial de presión.
- La fuerza debida a la interacción entre las cargas eléctricas de las arcillas y sustancias húmicas con la polaridad de las moléculas de agua: potencial matricial.

A efectos prácticos la conclusión sería que para poder extraer agua del suelo es necesario contrarrestar todas estas fuerzas, debiéndose realizar una presión de suc-

ción, cuyo valor habría de igualar el balance de todas las fuerzas enumeradas anteriormente, por simplicidad se denomina potencial hídrico del suelo o tensión de humedad.

El potencial hídrico, y por tanto el esfuerzo que deben realizar las plantas para extraer agua del suelo, no es lineal, sino que aumenta a medida que el contenido de agua de los poros va disminuyendo (figura 3). Esto significa que para minimizar el gasto energético de las plantas en la absorción de agua, maximizando por tanto la producción, lo ideal sería planificar el riego para que el contenido de agua del suelo se mantuviera siempre en valores altos, pero sin saturarlo durante periodos prolongados.

Figura 3



Estados del agua en el suelo y potencial hídrico

ESTADOS DEL AGUA EN EL SUELO

Del volumen total de agua que puede almacenar un suelo, no todo está disponible para las plantas y, del que está disponible, no todo se puede absorber con igual facilidad. Tal y como se muestra en la figura 4, se definen los siguientes conceptos:

Capacidad de campo: es el volumen de agua que un suelo puede retener después de saturarlo (encharcarlo) y dejarlo drenar (escurrir) libremente durante 48 horas. La capacidad de campo viene a reflejar el agua que el suelo almacena en los poros y canales pequeños, después de que los más grandes se hayan llenado de aire. Cuando un suelo está a capacidad de campo la presión necesaria para comenzar a extraer el agua retenida es baja, de menos de 0,3 atmósferas.

Punto de marchitez permanente: es el contenido de agua de un suelo a partir del cual las plantas no pueden extraer más y, por tanto, se marchitan y mueren. En este punto la presión necesaria para comenzar a extraer el agua que todavía contiene el suelo es de 15 atmósferas. De forma general, el punto de marchitez es igual al 56% de la capacidad de campo.

Agua útil para las plantas: diferencia entre capacidad de campo y el punto de marchitez.

Agua fácilmente utilizable por las plantas: parte del agua útil que las plantas pueden absorber con poco esfuerzo (0,5-1 atmósferas) y por tanto sin merma de su capacidad productiva. El agua fácilmente utilizable depende de cada especie de planta, pero se considera, de forma orientativa, que para los cultivos menos sensibles a la sequía el agua fácilmente utilizable es el 50% del agua útil y para los más sensibles entre 25-30%.

Figura 4



Almacenamiento de agua en el suelo, valores medios para diferentes texturas y para cultivos poco sensibles a la sequía

El contenido de agua de un suelo puede expresarse de diversas formas, habitualmente se utiliza el porcentaje respecto al peso o al volumen, pero a efectos prácticos quizás lo más intuitivo sea asimilar el porcentaje volumétrico a litros/m² y metro de profundidad del suelo (mm/m ó cm/m).

A la vista de lo anterior es importante señalar que la capacidad de retención de agua de un suelo es limitada. Cuando se supera se dan fenómenos de escorrentía (circulación en superficie del agua sobrante) o percolación (pérdida del agua sobrante hacia horizontes profundos del suelo). A la hora de programar el riego hay que conocer la velocidad con la que el agua se infiltra en el terreno, esto es los litros por metro cuadrado que puede absorber un suelo en una hora, para evitar fenómenos de escorrentía.

3.2. El agua y las plantas

FUNCIONES DEL AGUA EN LAS PLANTAS

Como todos los seres vivos, los vegetales sólo pueden sobrevivir y desarrollarse en presencia de agua. Las plantas necesitan un constante flujo de agua indispensable para funciones como el de transporte de sustancias, sostén de los tejidos, intercambio gaseoso para la fotosíntesis y respiración o refrigeración.

CAPACIDAD DE LAS PLANTAS PARA EXTRAER AGUA DEL SUELO

En las plantas, el órgano responsable de la captación del agua es el sistema radicular. De sus características morfológicas y distribución a lo largo del perfil del suelo depende en primera instancia la localización física del agua (figura 5). En el ámbito agrícola, es conocida la capacidad de enraizamiento profundo de cultivos como la alfalfa, la remolacha, el olivo y la viña, capacidad que contrasta con la de otros cultivos de enraizamiento superficial, tales como la cebolla, la fresa y los hortalizas en general. Ahora bien, el hecho de que en ausencia de restricciones físicas las raíces alcancen grandes profundidades no es garantía de un óptimo suministro hídrico. Las plantas no extraen uniformemente el agua y nutrientes, del suelo; por el contrario, centran su actividad en las capas más superficiales (figura 6) para continuar con las más profundas a medida que las primeras se van agotando.

Figura 5



Hábito de enraizamiento de algunos cultivos

En términos energéticos, la extracción de recursos de capas profundas es más costosa que la de capas superficiales, hecho que debe tenerse en cuenta en el manejo del riego. Siempre que sea posible, será más favorable para los cultivos mantener alto el nivel de humedad del horizonte superficial, con independencia de que en profundidad exista humedad suficiente para actuar como reserva en caso del agotamiento imprevisto de los niveles superficiales.

Figura 6

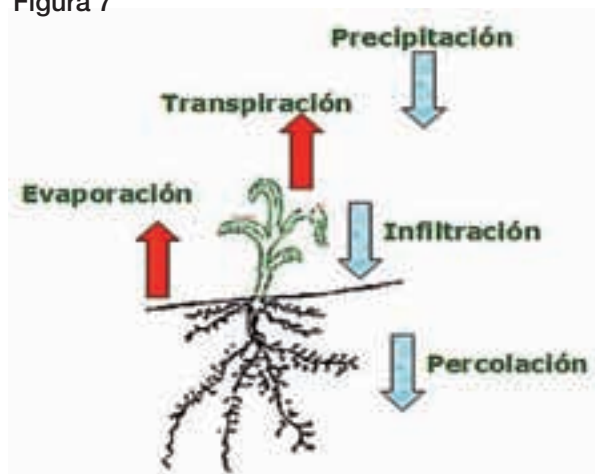


Extracción selectiva de recursos

CONCEPTO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

Para lograr un uso eficiente del agua de riego, el dato básico que debe conocerse es el consumo de agua del cultivo en cuestión para un periodo de tiempo determinado. Intentando cuantificar este consumo se define el término evapotranspiración (ET), como la cantidad de agua que el suelo pierde bien como consecuencia directa de la evaporación o bien debido a la transpiración de las plantas (figura 7). Se emplea también el término evapotranspiración potencial (ETP), que sería la evapotranspiración del cultivo siempre que el agua disponible en el suelo no actuase como factor limitante, y vendría a representar el valor máximo de evapotranspiración bajo unas condiciones ambientales concretas.

Figura 7



Concepto de evapotranspiración

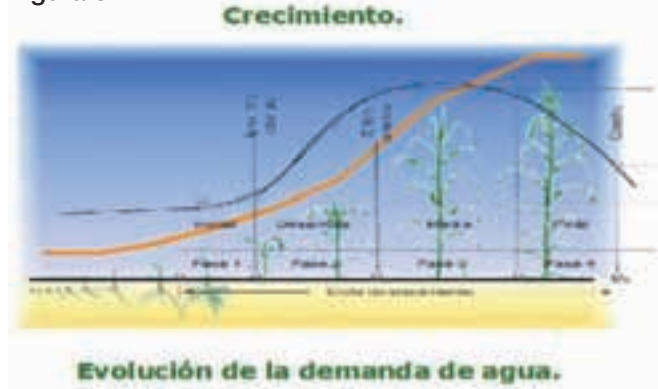
Al igual que la precipitación, la evapotranspiración se mide en litros por metro cuadrado o milímetros. Las necesidades o consumo de agua de los cultivos se refieren a una base temporal, tal como milímetros por día o semana.

CICLO DE DESARROLLO DE LOS CULTIVOS.

Desde la nascencia hasta la cosecha, cualquier cultivo anual pasa por una serie de etapas (inicial, desarrollo, media y final) que quedan caracterizadas por la velocidad de crecimiento o la acumulación de materia seca (figura 8). A cada una de estas etapas le corresponde una demanda creciente de agua, directamente correlacionada con el aumento de su superficie foliar y por tanto con su capacidad fotosintética.

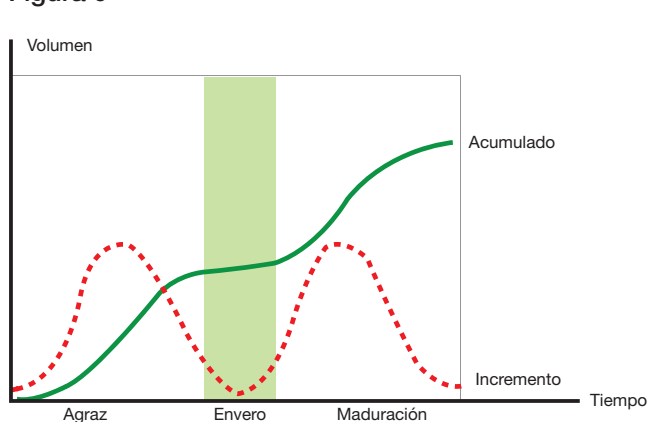
En el caso de los cultivos leñosos, el fruto suele seguir una curva de desarrollo más variable donde entre etapas de crecimiento rápido suele intercalarse alguna parada, indicativa de profundas transformaciones internas, tales como endurecimiento de hueso en algunos frutales o el caso paradigmático del envero de la uva (figura 9). En estos casos los déficit de humedad pueden afectar tanto a la producción final, como de forma muy significativa a la calidad del fruto, hecho que permite manejar el riego no solo con el objetivo de maximizar producciones, sino buscando obtener el mayor porcentaje de cosecha de acuerdo a unos determinados cánones de calibre y calidad.

Figura 8



Desarrollo de un cultivo anual

Figura 9



Desarrollo de un cultivo leñoso

ESTRÉS HÍDRICO

Se puede definir como **estrés hídrico** a aquella situación de suministro de agua a partir de la cual el cultivo comienza a experimentar mermas en su rendimiento final. Para la mayoría de las especies cultivadas esto acontece mucho antes de que sean observables a simple vista síntomas de carencia de agua (perdida de turgencia de las hojas, marchitamiento, secado de partes viejas, etc.). Tomando como referencia la figura 10, de forma general se podrían establecer las siguientes categorías conforme al nivel de suministro hídrico para las plantas:

Saturación: superada la capacidad de campo, si no hay restricciones físicas el agua drenará en pocas horas. La prolongación en el tiempo del suelo saturado es igualmente indeseable al impedir el correcto funcionamiento del sistema radicular

Óptimo: el contenido de humedad del suelo se sitúa entre el 75% del agua útil y la capacidad de campo. Las plantas extraen agua con un mínimo gasto energético

Ligero estrés: el contenido de humedad del suelo se sitúa entre el 50 y el 75% del agua útil. El ritmo de extracción de agua del suelo disminuye debido a que las plantas necesitan efectuar un mayor gasto energético

Estrés: el contenido de humedad del suelo se sitúa por debajo del 50% del agua útil. Las plantas ponen en marcha los mecanismos que les permiten reducir el consumo de agua.

Figura 10



Niveles de suministro hídrico para las plantas

Experimentalmente se han elaborado cuadros (figura 11), donde se recoge para cada cultivo la fracción de agotamiento del agua útil que define su nivel de agua fácilmente utilizable. Por ejemplo mientras que para una alfalfa se puede permitir agotar el suelo hasta el nivel del 60% de su agua útil, para una cebolla lo ideal sería no bajar del 30% del agua útil.

EL estrés hídrico comienza cuando en el perfil explorado por las raíces, se agota el agua fácilmente disponible.

Figura 11

Cultivo	f	Cultivo	f
Alfalfa	0,60	Limonero	0,25
Aguacate	0,30	Maíz grano	0,40
Apio	0,15	Melón cantalupo	0,20
Brécol	0,30	Naranja	0,35
Caña de azúcar	0,60	Patata	0,30
Cebolla	0,30	Platanera	0,30
Cebolla maduración	0,40	Prados	0,35
Coliflor	0,45	Remolacha	0,50
Fresa	0,10	Repollo	0,35
Frutales hoja caduca	0,40	Tabaco	0,25
Guisante de verdeo	0,25	Tomate	0,45
Judía	0,50	Viñedo	0,55
Lechuga	0,35	Zanahoria	0,40

Fraciones de agotamiento del agua útil que marca el comienzo del estrés hídrico

MOMENTOS CRÍTICOS DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN EL CICLO DE LOS CULTIVOS. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO

La respuesta directa de cualquier cultivo a la falta de agua puede ser una disminución de su rendimiento o, incluso, una peor calidad de la cosecha. Ahora bien, dependiendo de en qué etapa del desarrollo del cultivo se produzca el estrés hídrico los resultados serán distintos. Es necesario conocer estas etapas de máxima sensibilidad a la hora de planificar el riego (*Cuadro 1*)

El conocimiento de las etapas de máxima sensibilidad a la falta de agua del cultivo puede permitir, en un escenario en el que la disponibilidad de agua de regadío es cada vez más limitada, poner en marcha **Estrategias de Riego Deficitario Controlado**. Empleando el agua disponible en las etapas de máxima sensibilidad al estrés hídrico del cultivo –como veremos en los siguientes apartados- lograremos obtener cosecha en cantidad y calidad suficiente para cubrir nuestros objetivos productivos, sin poner en peligro la viabilidad de la explotación.

Cuadro 1

Cítricos	Floración – Cuaje
Olivo	Inicio floración – endurecimiento hueso
Manzano, peral	Cuaje – engorde de fruto
Vid	Floración – cuaje y envero
Fresa	Desarrollo del fruto
Trigo, cebada, avena	Dos semanas antes espigado - dos semanas después espigado
Maíz	Dos semanas antes de emisión de polen – dos semanas después
Patata	Inicio tuberización – final engorde tubérculos
Remolacha	Engrosamiento de la raíz
Leguminosas (grano)	Floración – formación de vainas
Girasol	Floración – inicio madurez
Hortícolas de fruto	Floración – engorde del fruto
Cebolla	Crecimiento rápido del bulbo

Períodos de máxima sensibilidad a la escasez de agua

4. Sistemas de riego

4.1. Conceptos previos

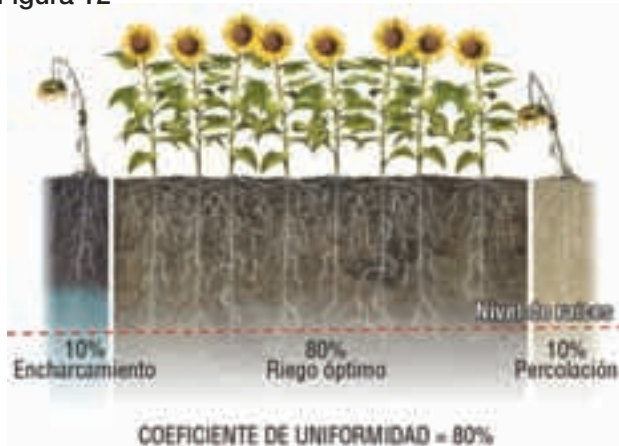
El objetivo de los sistemas de riego es poner a disposición de los cultivos el agua necesaria para que cubran sus necesidades, complementando la recibida en forma de precipitaciones naturales. Cuando se distribuye agua por una parcela de cultivo, existen dificultades que ocasionan pérdidas e impiden que el agua se reparta de forma homogénea. Es importante solventar estas dificultades, pero lo es aún mayor cuando el agua es un recurso de escasez creciente. Para juzgar la calidad de un sistema o instalación de riego se emplean algunos conceptos que es necesario conocer.

UNIFORMIDAD DE APLICACIÓN

La uniformidad de aplicación se refiere al hecho de que el agua distribuida llegue por igual a todos los puntos de la parcela regada. Una buena uniformidad garantiza que todas las plantas estén bien regadas, sin que unas reciban agua en exceso y a otras les falte, asegurándose así el desarrollo homogéneo del cultivo y su máxima capacidad productiva.

La uniformidad de aplicación es una característica propia de cada instalación y parcela. Se puede estimar mediante mediciones en campo y se expresa mediante un porcentaje. Un coeficiente de uniformidad del 80% indicaría que el 80% de la parcela ha recibido la cantidad de agua deseada, mientras que el 20% restante ha sido regado en más o menos cantidad (*figura 12*).

Figura 12



Uniformidad de aplicación del agua de riego

EFICIENCIA DE APLICACIÓN

Del volumen total de agua destinada a riego que sale de un punto de suministro, como por ejemplo una balsa o pozo, no todo va a ser aprovechado por las plantas, sino que por diversas causas parte no llegará a su destino. La relación entre estas dos cantidades de agua (la que sale del punto de suministro y la que realmente aprovechan las plantas) es lo que se denomina eficiencia de aplicación. Se expresa mediante un porcentaje. Una eficiencia del 75% indica que del total del agua bombeada por un pozo sólo el 75% la tomarán las plantas y el 25% restante tendrá destinos diferentes (*figura 14*).

En el proceso de riego, las pérdidas ocurren en diferentes momentos, pudiendo clasificarse en los siguientes grupos:

Pérdidas de transporte: son las que ocurren en las conducciones, desde el punto de suministro hasta la parcela de riego. Aquí se incluyen desde las fugas en tuberías y canales hasta la evaporación en el caso de las conducciones abiertas.

Pérdidas de aplicación: engloba a todas las que tienen su origen en la instalación dentro de la parcela de riego. Cabe mencionar tanto las fugas de tuberías como la evaporación que, bajo condiciones de viento y altas temperaturas, tiene lugar en el chorro de los emisores, en las hojas mojadas del cultivo o en la lámina superficial de agua.

Pérdidas en el suelo: una vez en el suelo, el agua puede escurrir al superarse su capacidad de infiltración o al encontrarse saturado, e incluso escapar de la profundidad de acción de las raíces percolando a capas profundas.

Al igual que ocurre con la uniformidad, la eficiencia de aplicación es una característica propia de cada instalación. En la eficiencia influye el sistema de riego, el diseño de la instalación, su mantenimiento y su manejo. Por término general la eficiencia teórica del riego por goteo es de 85-95%, la del pívot va del 80 al 90%, en aspersión oscila entre 65-85% mientras que el riego a pié presenta eficiencias de entre el 30 al 70%.

Una vez conocida la necesidad real de agua de nuestro cultivo, habrá que tener en cuenta la eficiencia del sis-

tema de riego empleado, para asegurar que llega a la planta la cantidad de agua deseada.

Figura 13



Pérdidas en la distribución del agua de riego

4.2. Sistemas de riego

Los sistemas de riego pueden clasificarse en tres grandes categorías:

Riego por gravedad o a pie: la energía que distribuye el agua por la parcela es la derivada de su propio peso, al circular libremente por el terreno a favor de pendiente. Con este método de riego se suele mojar la totalidad del terreno y requiere el reparto del agua mediante modificaciones físicas del terreno como surcos, tablares, canchales o alcorques para controlar su distribución.

Riego por aspersión: el agua es conducida a presión. Al llegar a los emisores (aspersores) produce gotas que mojan todo el terreno de forma similar a como lo haría la lluvia.

Riego localizado: se moja sólo la parte del suelo próxima a las plantas. El agua a baja presión llega mediante tuberías hasta las plantas.

Aunque en el **riego por gravedad** se pueden conseguir buenas eficiencias de aplicación (mediante un diseño adecuado, nivelación de la parcela y buen manejo) sus altos requerimientos en mano de obra hacen que vaya desapareciendo en favor de la aspersión y el goteo. Estos dos sistemas de riego merecen comentarios adicionales.

RIEGO POR ASPERSIÓN

El elemento clave en este sistema de riego es el aspersor. Existe una gran variedad de aspersores; los más empleados en los regadíos españoles son los denominados de impacto, doble boquilla y media presión

La combinación entre tipo de boquilla y presión es lo que determina el tamaño de las gotas. No son deseables las gotas demasiado grandes ni demasiado pequeñas. Las grandes tienden a compactar el terreno o producir daños en las hojas, mientras que las pequeñas ocasionan una mala uniformidad y eficiencia, al ser muy sensibles al viento y vaporizarse con rapidez.

Cada modelo de aspersor viene caracterizado por unos datos técnicos que reflejan sus condiciones de trabajo ideales: presión nominal de trabajo (atmósferas), caudal de las boquillas (litros por hora), diámetro mojado (metros) y precipitación que producen (litros por metro cuadrado y hora). Conocerlos es imprescindible para saber si se adecuan tanto a las características de una instalación como a las necesidades de riego de un cultivo.



Riego por gravedad o a pie.



Riego por aspersión.



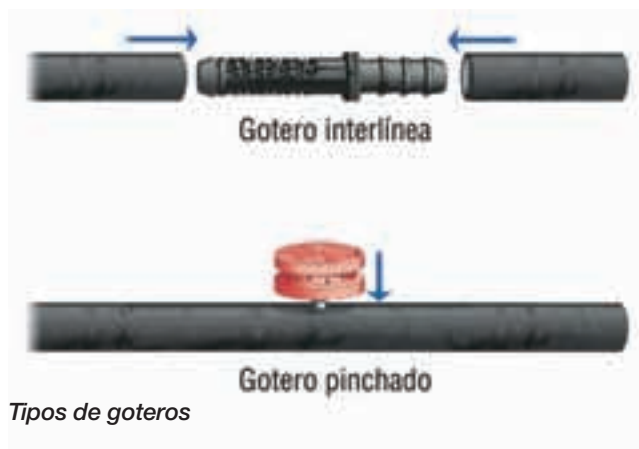
Riego localizado.

RIEGO LOCALIZADO

Su objetivo es realizar pequeñas aportaciones de agua, de manera continua y frecuente, en un lugar próximo a la planta, humedeciendo sólo parte del volumen del suelo. Aunque existen diversos sistemas de riego localizado (cintas de exudación, riego subterráneo...), el ejemplo más típico es el conocido como riego por goteo.

En el riego por goteo el agua se distribuye por tuberías de polietileno a baja presión, en las que a intervalos regulares están colocados los emisores, denominados goteros, responsables de regular la salida del agua. Existen goteros tipo vortex, helicoidales, de laberinto, autocompensantes, etc. (figura 14).

Figura 14



Tipos de goteros

Cada gotero está caracterizado por su caudal nominal (expresado en litros por hora) y su rango de presiones de trabajo. Excepto para los goteros autocompensantes, que permiten cierta variabilidad, a cada presión de trabajo le corresponde un caudal. Por eso, para poder planificar los riegos y manejar de forma adecuada una instalación es imprescindible conocer y respetar estos valores.

Desde el punto de vista hídrico, las principales ventajas del riego localizado son:

- Posibilitar el control total sobre el suministro de agua de riego a las plantas. Esto permite provocar estrés o garantizar una humedad óptima en los momentos del ciclo del cultivo que se desee.
- Ahorrar agua respecto a otros sistemas de riego. El posible ahorro deriva de dos aspectos, el primero es la eliminación de pérdidas durante el transporte del agua, al llegar ésta mediante tuberías hasta la propia planta, y el segundo es la reducción de la evaporación directa del suelo al mojarse sólo una parte del terreno.
- Las instalaciones de riego por goteo bien diseñadas permiten lograr las mayores uniformidades y eficiencias de riego. Sin duda alguna, hoy en día el riego por goteo es considerado como el mejor sistema para regar cultivos leñosos y para cultivos hortícolas de alto valor.

5. Buenas prácticas de riego. Recomendaciones generales

Se entiende por buena práctica de riego un manejo tal del recurso que permite la perduración del agua en el tiempo, en suficiente cantidad y calidad. A la hora de regar necesitaremos seguir un proceso lógico de toma de decisiones, asegurando que se aplica una cantidad de agua lo más ajustada posible para cubrir las necesidades del cultivo. Este proceso consta de tres fases fundamentales:

- Conocer el **ciclo de desarrollo del cultivo** en cuestión y la **sensibilidad al estrés hídrico** en cada una de sus etapas.
- Calcular las **necesidades hídricas del cultivo** mediante la metodología más exacta disponible.
- Establecer las **pautas de aplicación de los aportes de agua** de riego

Pero, además, es necesario manejar otros conceptos, como el uso legal del agua, acorde con la concesión otorgada al regante o el mantenimiento adecuado de las instalaciones. En conjunto componen un decálogo de buenas prácticas que se desarrollarán a continuación, centradas especialmente en los aspectos de cantidad de agua, más que en los de calidad, que requerirían de otro manual específico.

5.1. Uso legal del agua

La finca agrícola deberá contar con el correspondiente permiso, derecho o concesión de aguas emitido por la Administración Competente. Dicho documento debe especificar la finca para la que ha sido expedido, superficie de la misma, cantidad de agua que puede ser usada por año, periodo de tiempo para el cual el permiso es válido y el origen de las aguas (subterráneas o superficiales)

Además cualquier obra de regulación o captación de aguas de la explotación (balsas de regulación, balsas de acumulación, presas, diques, azudes) deberá contar con la autorización correspondiente.

5.2. Conocimiento de las características del agua de riego

El agricultor o técnico deberá realizar, al menos una vez al año, un análisis de la calidad del agua de riego. Ese

análisis se tomará de todas las extracciones existentes en la finca (pozo, balsa,...). El análisis será realizado por un laboratorio autorizado, incluyendo datos de pH, contenido en sales, cloruros y nitratos, además de información sobre la calidad bacteriológica del agua y demostrar que no existen residuos contaminantes, como por ejemplo metales pesados.

5.3. Conocimiento de las características físicas del suelo

El agricultor o técnico deberá conocer las características físicas del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez permanente, agua útil y agua fácilmente utilizable), además de la velocidad de infiltración del agua en el terreno, tal y como se expone en apartados anteriores.

Estos datos se podrán obtener mediante análisis en laboratorios, ejecución de calicatas y por la experiencia del técnico o el agricultor.

5.4. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos

A la hora de regar el agricultor se enfrenta a una triple incógnita: **cuándo, cómo y cuánto regar**. Estos interrogantes se han resuelto tradicionalmente en base a la experiencia adquirida. Teniendo en cuenta que el agua es un recurso cada vez más valioso y con el que hay que procurar la máxima eficiencia de empleo, no es válido que decisiones tan importantes se tomen intuitivamente. Máxime cuando existen metodologías contrastadas para la toma de decisión de riego.

MÉTODOS INDIRECTOS: EVAPOTRANSPIRACIÓN

Obtener por medición directa el dato de evapotranspiración para cada día del año, de cada cultivo y en cada zona se antoja misión imposible, por lo que, por simplicidad, estos valores se han relacionado de forma empírica con mediciones más sencillas.

Mediante diversas fórmulas matemáticas se calcula la **Evapotranspiración de referencia (ET_o)**, entendida como la pérdida de agua de un suelo cubierto por una pradera extensa de gramíneas en crecimiento activo,

sombreado totalmente el suelo, segada a una altura de 8 a 15 cm y con un suministro de agua constante.

Para relacionar la ETo con la **evapotranspiración real (ETc)** de nuestro cultivo (dato que realmente nos interesa) se emplean los llamados **coeficientes de cultivo (Kc)**, de tal forma que se cumple:

$$ETc = Kc \times ETo$$

ETc: evapotranspiración del cultivo, **Kc:** coeficiente del cultivo, **ETo:** evapotranspiración de referencia.

Figura 15



Cálculo de la evapotranspiración de un cultivo

Fuente: Monografía n° 56 de la serie Riegos y Drenaje de la FAO

Los valores de Kc se obtienen experimentalmente y cambian con cada cultivo y a lo largo del ciclo de desarrollo del mismo. Al comienzo del ciclo la superficie foliar es pequeña y el suelo está directamente expuesto, por lo que predomina la evaporación. A medida que el desarrollo foliar va cubriendo el suelo la evaporación va perdiendo peso y lo gana la transpiración, aumentando progresivamente Kc (figura 15).

La evapotranspiración del cultivo (ETc) representa el agua que demanda el cultivo, pero esto no siempre es sinónimo de necesidades de riego. Para determinar el agua que ha de aplicarse mediante el riego es necesario realizar un pequeño balance, descontando lo que puedan aportar las precipitaciones, y en algunos casos cuantificando la variación en la reserva del suelo.

Las tareas necesarias para el adecuado cálculo de la evapotranspiración, el seguimiento de los estados fenológicos de los cultivos, el mantenimiento de las estaciones climáticas, la asignación de coeficientes de cultivo, el manejo de los aparatos de medida de la humedad del suelo, etc., escapan a las posibilidades económicas y de tiempo de la mayoría de los agricultores. Por eso, las Administraciones públicas han creado organismos especializados, denominados genéricamente **“Servicios de Asesoramiento al Regante” (SAR)**, para poner al alcance de los regantes el dato final que precisan conocer para planificar sus riegos. Los datos de este tipo de servicios suelen ser accesibles vía teléfono, Internet y

prensa, e incluso se puede solicitar el envío personalizado por fax a cooperativas y comunidades de regantes.

MÉTODOS DIRECTOS: SENSORES DE HUMEDAD

En la última década se ha desarrollado una amplia variedad de sensores que permiten medir el contenido de humedad en el suelo de forma continua y directa. La instalación de alguno de estos sensores en una parcela concreta sirve de referencia objetiva para planificar el riego. A continuación se exponen algunos de los sensores que se pueden usar en campo.

Figura 16



Distintos tipos de sensores de humedad en suelo



Instalación de sensores de humedad en fresa

5.5. Cálculo de la dosis y frecuencia de riego

Conocida la previsión de necesidades de agua para un cultivo en un periodo de tiempo concreto – cuánto y cuándo regar-, la otra gran cuestión que tiene que resolver el regante es cómo realizar esta aportación, en uno o en varios riegos, es decir la dosis y frecuencia de riego. Se deben observar algunas condiciones como:

- **La capacidad máxima del suelo para almacenar agua.** Si se suministra todo el agua de una vez, parte puede percolar a capas profundas o perderse por escorrentía y escapar del alcance del cultivo.
- **El nivel de humedad del suelo** por debajo del cual no se debe bajar para que el cultivo no comience a sufrir estrés.
- **La capacidad del sistema de riego y su eficiencia.**
- Procurar dar **riegos frecuentes**, para contar con un nivel estable de agua en el suelo, fácilmente utilizable por el cultivo.

Una vez conocida la fecha y duración de los riegos, se debe procurar efectuarlos cuando las condiciones ambientales sean lo más favorables posible y cuando el coste energético sea menor, teniendo en consideración:

- En el caso de energía eléctrica, regar en horas de descuento de la tarifa eléctrica.
- En riego por aspersión la eficiencia de aplicación y la uniformidad disminuyen si se riega con fuertes vientos y alta insolación. Por tanto, hay que intentar no regar durante las horas centrales del día en zonas con alta insolación, y disminuir el caudal del aspersor e incrementar el tiempo de riego en zonas con vientos frecuentes.
- Las lluvias superiores a 4-5 mm deberán descontarse de los riegos pendientes.
- El aporte instantáneo de agua no debe superar la capacidad de infiltración del suelo, para evitar escorrentías.

5.6. Uso de caudalímetro

Todas las fincas deben contar con un caudalímetro instalado para calcular el consumo anual total de agua, tal y como establecen las autoridades competentes en materia de aguas al legalizar una captación.

La instalación de estos contadores volumétricos permite controlar si el consumo real se ajusta a lo planificado.



Detalle de caudalímetro

5.7. Registro en cuaderno de riego

A la hora de valorar la campaña agrícola, es de utilidad llevar al día un cuaderno de riego (ver Anexo 1), que no es más que un estadillo donde anotar de forma sistemática, toda la información relevante sobre el riego de una parcela. El cuaderno de riego debe incluir:

- **Características del suelo:** profundidad útil para las raíces, velocidad de infiltración, capacidad de campo, punto de marchitez y agua útil.
- **Fechas** de los distintos estados fenológicos del cultivo: siembra, nascencia, 2 hojas, 3 hojas, espigado, floración, grano lechoso, maduración, cosecha, etc.
- **Niveles de humedad** a mantener en el suelo para cada etapa de desarrollo del cultivo.
- **Necesidades hídricas previstas**, obtenidas de las fuentes de asesoramiento.
- **Previsión de riegos:** fecha, hora y duración.
- **Riegos efectuados:** por si hay variaciones sobre lo previsto.
- **Precipitaciones.**
- **Observaciones:** incidencias, averías, operaciones de mantenimiento de la instalación, etc.

5.8. Mantenimiento de instalaciones

No riega mejor la instalación más cara, sino la mejor cuidada. Se ha de crear el hábito de cuidar las instalación de riego, los detalles, lo que supondrá una mayor comodidad en el trabajo y la satisfacción de saber que no se está desperdiciando un recurso tan escaso como es el agua.

Es necesario comprobar periódicamente que la finca se riega de manera uniforme, y revisar las instalaciones de riego para evitar fugas en tuberías, acoples y tomas.

Además de las singularidades propias de cada sistema de riego y de las normas básicas de seguridad e higiene en el trabajo, una lista de mínimos para un buen mantenimiento sería:

- Realizar una revisión anual de las instalaciones.
- No tolerar la más mínima fuga en las tuberías y acoples.
- Limpiar los elementos de filtrado. Además de la obturación de los emisores, una deficiente limpieza de filtros implica pérdida de presión en la red de riego y por tanto variaciones imprevistas del caudal.
- Asegurar el correcto funcionamiento de los manómetros. La instalación debe funcionar a la presión para la que ha sido diseñada, de ello depende la eficiencia y la uniformidad del riego.
- Limpiar los emisores: los goteros se limpiarán periódicamente mediante la inyección en el agua de riego de agentes limpiadores; las aspersores y toberas de pivots se limpiarán individualmente empleando siempre elementos blandos para las boquillas.
- Reemplazar los emisores, en caso de necesidad, por otro de idénticas características. No se mezclarán emisores de distinto tipo en la misma instalación.
- Registrar toda la información en el cuaderno de riego.



Detalle de pérdida de agua en conducción

5.9. Formación

La formación de técnicos y regantes es básica para un uso adecuado del agua en la explotación. Existen cursos de formación adaptados a las diferentes necesidades, impartidos por diversas entidades (Asociaciones Agrarias, Oficinas Comarcales Agrarias, Comunidades de regantes, etc.)



Actividades de capacitación y difusión de WWF

5.10. Utilización de últimas tecnologías

PUNTOS DE CONTROL CLIMA-SUELO-PLANTA

Tradicionalmente la experiencia del agricultor y el técnico, formado en la observación directa del cultivo y del estado del suelo, ha sido la base para la toma de decisión de riego. Pero actualmente la tecnología existente permite dar el paso desde de una visión subjetiva a su cuantificación objetiva, mediante la realización de medidas reproducibles a lo largo del tiempo de valores del estado de humedad del suelo, de la temperatura y de la planta, mediante puntos de control suelo-planta-clima, que pueden estar formado por:

- **Sensores de clima:** proporcionan datos climáticos de temperatura, humedad relativa, rocío, etc.
- **Sensores de suelo:** mediante sondas que proporcionan datos de la humedad, temperatura, salinidad y conductividad eléctrica del suelo a varias profundidades.
- **Sensores de planta:** permiten ver la respuesta de la planta ante el riego, como los dendrómetros.

La toma de datos puede ser manual, más económica pero más laboriosa, o automatizado a la frecuencia deseada. En este último caso no es necesario la presencia física de una persona para realizar la medida, sino que éstas se registran automáticamente cada pocos segundos, minutos u horas, pudiendo quedar almacenada la información en dispositivos instalados en el propio campo o ser enviada a distancia por radio o módem GSM y GPRS (figura 18).

La información se procesa mediante programas infor-

Figura 17



Almacenamiento, transmisión y manejo de la información de los sensores

máticos, que generan gráficas que permiten al regante o al técnico analizar si se está regando en exceso o por debajo de las necesidades de agua del cultivo y tomar la decisión de riego apropiada.

Figura 18



Gráfica de evolución de humedad en suelo, para programación del riego

TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La toma de imágenes digitales de gran resolución, cubriendo amplias zonas, mediante satélites o vuelos convencionales, junto al empleo de cámaras especiales que permiten el posterior análisis espectral, está abriendo la posibilidad de estudiar el estado de los cultivos (Figura 19). La respuesta espectral de un cultivo depende tanto del desarrollo de su masa foliar como del estado hídrico de esta. En el proceso de tratamiento de las imágenes se aplican diversos algoritmos de cálculo que permiten discriminar la respuesta del suelo respecto de la vegeta-

ción y estimar de forma relativa el estado hídrico de las plantas. Para obtener el máximo partido a la información obtenida es necesario contrastarla con la realidad en campo de la explotación.

Figura 19



Imagen de infrarrojos de una parcela de vid con riego diferencial.

CONTROL DE LA FERTILIZACIÓN

Si bien el presente manual se centra en el uso sostenible del agua en regadío, en cuanto a adecuar la dosis de riego al agua disponible y a los requerimientos del cultivo, existen además otras tecnologías que permiten **controlar la fertilización y evitar la contaminación de las aguas por exceso de nutrientes**. Entre las más difundidas se encuentran las denominadas sondas de succión, que permiten extraer la solución del suelo y, mediante el análisis correspondiente, determinar si estamos aplicando los nutrientes en las dosis adecuadas y dónde las raíces del cultivo pueden extraerlos. Esto permite evitar la percolación de los fertilizantes hacia horizontes profundos, evitando problemas como la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos de origen agrario, además de disminuir los costes de la fertilización.



Sonda para seguimiento de la fertilización

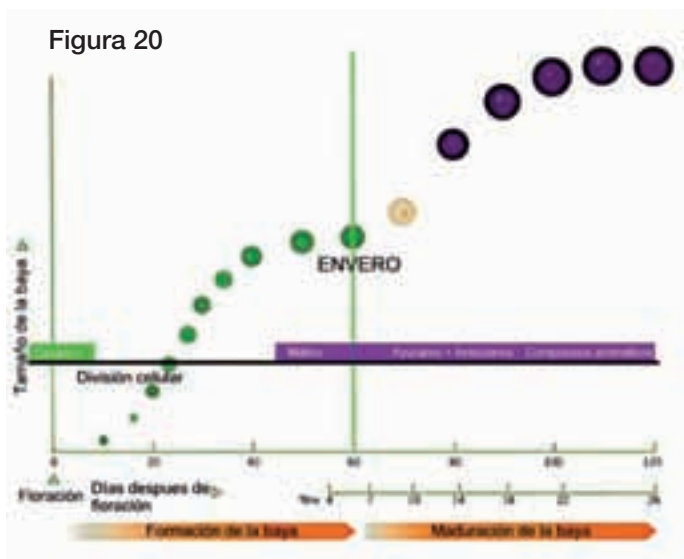
6. Buenas prácticas en el riego de la vid

Vicente Bodas

6.1. Ciclo de desarrollo del cultivo de la vid

Como en cualquier otro cultivo leñoso, en la vid se superponen en el tiempo los ciclos de desarrollo del aparato fotosintético (hojas y tallos) y de los frutos. Tener una visión global de estos ciclos ayuda a comprender la fisiología de la planta, siendo este el primer paso para soportar racionalmente la toma de decisiones en el manejo del agua de riego. El caso particular de la vid se representa en la siguiente figura.

Se distinguen las siguientes etapas clave:



Ciclo de desarrollo de la vid

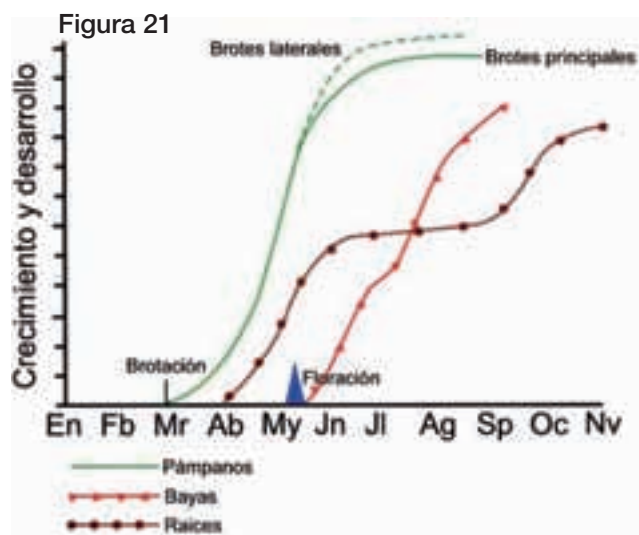
Brotación – inicio floración: con una duración de 8 a 10 semanas, se trata de un período de rápido crecimiento de los órganos verdes durante el cual queda determinada la superficie foliar de la planta, que posteriormente será la responsable del adecuado desarrollo y maduración de la uva. De forma casi paralela, pero con un desfase de unas 3 a 4 semanas, se produce también un crecimiento rápido del sistema radicular.

Floración – cuajado: en este período tiene lugar la fecundación y el inicio del desarrollo de la baya (grano de uva). La vida media de una flor de vid es de tan solo de 2 o 3 días, pero debido a la apertura escalonada en una cepa o un viñedo la floración tiene una

duración de algo más de una semana. Otro fenómeno a destacar es que en las yemas de los pámpanos se inician por esta misma época los procesos de inducción y diferenciación floral que determinarán la cantidad de racimos y flores del año siguiente.

Crecimiento y desarrollo de la baya: por las implicaciones que tiene en las características finales del fruto, y por tanto en la calidad desde el punto de vista de la vinificación, esta etapa se analiza más en detalle, quedando dividida en las siguientes fases:

- **Fase herbácea o de agraz:** durante las 3 semanas siguientes al cuajado se produce un período de rápida multiplicación celular que determina el número total de células de la baya, seguido de otras 3 a 4 semanas donde predomina el crecimiento en volumen de estas células.
- **Fase de envero:** en esta fase el aumento de tamaño de la baya se detiene, adquiriendo predominancia los cambios bioquímicos, se pierden los pigmentos clorofílicos, cambia el color y se inicia la acumulación de azúcares y compuestos aromáticos. Para una baya en concreto el envero puede durar de 1 a 2 días, pero para una cepa o viñedo el proceso se extiende de 10 a 15 días.



Detalle de la etapa de crecimiento y desarrollo de la baya en viñedo

- **Fase de maduración:** durante las 5 a 7 semanas que siguen al envero se reanuda el aumento de tamaño de las bayas, que pueden llegar a doblar su tamaño, continuando los procesos bioquímicos que conducen a una disminución de la acidez y a la acumulación de azúcares.

- **Postcosecha y senescencia:** la etapa final del ciclo anual de la vid concluye con la pérdida de la capacidad fotosintética de las hojas y su posterior caída. Hasta que esto ocurre la planta sintetiza activamente sustancias de reserva, que acumuladas en las partes leñosas son la garantía de una correcta brotación al año siguiente. Durante esta etapa también se activa de nuevo y de forma significativa el crecimiento radicular.

Las consecuencias que un hipotético estrés hídrico pueda tener en la vid están vinculadas a la etapa del ciclo anual en el que tenga lugar:

- **Brotación – inicio floración:** brotación irregular, poco desarrollo de pámpanos y hojas y racimos compactos debido al escaso crecimiento del raquis.

- **Floración – cuajado:** corrimiento.

- **Crecimiento y desarrollo de la baya:**

Fase herbácea o de agraz: bayas pequeñas, menor producción, adelanto de la madurez, y en casos severos pérdida de racimos.

Fase de envero a maduración: reducción del tamaño final de las bayas y pérdida de producción, caída de hojas, dificultades en la acumulación de azúcares y madurez deficiente.

- **Postcosecha y senescencia:** brotación irregular al año siguiente.

Hay que recordar que estrés hídrico no significa que la planta manifieste síntomas visuales evidentes de sequía, sino que se trata del grado relativo de dificultad en el

suministro hídrico, tal y como se comentó en apartados anteriores.

6.2. Necesidades de agua en el ciclo de la vid

La vid, como planta típicamente mediterránea, es capaz de adaptarse a muy diversas condiciones de suministro hídrico. En el caso de los parrales de uva de mesa, donde se trata de obtener máximas producciones con bayas de gran tamaño, los aportes de agua de riego se encuadran en los típicos de un frutal, superando ampliamente los 5.000 m³/ha. En el caso de variedades para vinificación el objetivo productivo cambia, se pretende compatibilizar producciones razonables con determinadas características de fruto (tamaño de baya, contenido en azúcar, compuestos aromáticos, etc.), algo que se puede lograr con moderados aportes de agua de riego, de 1.000 a 2.000 m³/ha. para la mayoría de las zonas vitícolas españolas.

Siguiendo la metodología clásica para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos, basada en la evapotranspiración del cultivo de referencia se aplicaría la siguiente fórmula:

$$ETc = Kc \times ETo$$

ETc: evapotranspiración del cultivo, Kc: coeficiente del cultivo, ETo: evapotranspiración de referencia.

Obtenido los valores de ETo, a partir de la información de estaciones climáticas o de los servicios de asesoramiento al regante, la clave para estimar las necesidades hídricas sería la elección de la Kc conforme a los objetivos productivos y a la etapa de cultivo correspondiente. A título de ejemplo en el cuadro 2 se recogen, junto a los datos medios de ETo de una hipotética estación climática, dos series de valores mensuales de Kc, uno para obtención de producciones máximas y otro que da prioridad a la obtención de calidad. Como se observa, de los resultados de las distintas ETc obtenidas en este ejemplo concreto, la estrategia de obtención de calidad

Cuadro 2

MES	ETo (mm/mes)	MÁXIMA PRODUCCIÓN		CALIDAD	
		Kc	ETc (mm/mes)	Kc	ETc (mm/mes)
Marzo	84	0,21	18		
Abril	110	0,21	23	0,20	22
Mayo	150	0,35	52	0,25	37
Junio	170	0,50	85	0,30	51
Julio	205	0,50	102	0,25	51
Agosto	175	0,50	87	0,30	52
Septiembre	122	0,49	60	0,30	37
Octubre	78	0,33	26	0,10	8
TOTAL (mm)	1094		453		258

Detalle de la etapa de crecimiento y desarrollo de la baya en viñedo



6.3. Otros aspectos prácticos del riego de la vid: riego deficitario controlado

Conforme a lo expuesto, queda de manifiesto la extraordinaria versatilidad de la vid frente a los aportes diferenciales de agua. Desde un punto de vista práctico esto abre la posibilidad de los denominados “**riegos deficitarios controlados**”, la aplicación de agua de riego por debajo del óptimo vegetativo de la planta. En general la vid va a responder favorablemente a cualquier aporte de agua de riego que reciba, lo cual no significa que puedan hacerse desordenadamente. Para obtener los mejores resultados, desde el doble punto de vista de cantidad y calidad de la cosecha, es necesario tener en cuenta algunos criterios básicos a la hora de realizar la planificación del riego para el reparto de este agua.

En primer lugar y desde un punto de vista fisiológico, el total del agua consumido por la vid se reparte en proporciones distintas entre las diferentes etapas de desarrollo. Si la cantidad de agua de riego no alcanzase a cubrir las necesidades calculadas conforme a la estrategia de calidad, una primera aproximación para optimizar el uso de este agua sería el reparto conforme a las proporciones señalados en el cuadro de abajo. No obstante los distintos centros de investigación, repartidos por la geografía española, pueden aportar información sobre programaciones de riego deficitario distintas, mejor adaptadas a las variedades y condiciones edafoclimáticas de su área de influencia concreta. Por ejemplo:

- **Estrés continuo:** aplicar el 33% de la ETc.
- **Estrés en agraz:** no regar hasta que aparezcan síntomas visuales de estrés, a partir de entonces regar con el 66% de la ETc.
- **Estrés en enero:** aplicar el 66% de ETc hasta enero, dejando de regar a partir de este.

Todas estas aproximaciones empíricas al riego deficitario son complejas y a menudo difíciles de llevar a la práctica para muchos agricultores, al no contar con capaci-

implica que las necesidades hídricas de la vid se reduzcan un 43% respecto al suministro hídrico óptimo.



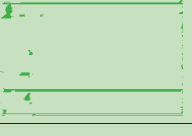



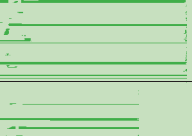

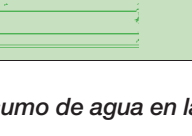
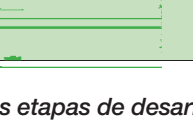
Los valores de ETc se refieren a las necesidades hídricas del cultivo, para estimar las necesidades de riego habría que considerar la precipitación efectiva (Pe) de cada mes y restarla. Los resultados recogidos en el cuadro 2 ponen de manifiesto la notable diferencia que puede existir en los aportes de agua de riego, una reducción de hasta el 50% en la estrategia de calidad.

Cuadro 3

MES	Pe (mm/mes)	MÁXIMA PRODUCCIÓN		CALIDAD	
		ETc (mm/mes)	Riego (mm/mes)	ETc (mm/mes)	Riego (mm/mes)
Marzo	52	18	0		
Abril	41	23	0	22	0
Mayo	36	52	16	37	1
Junio	0	85	85	51	51
Julio	0	102	102	51	51
Agosto	0	87	87	52	52
Septiembre	39	60	21	37	0
Octubre	42	26	0	8	0
TOTAL (mm)	210	453	311	258	155

Ejemplo teórico de necesidades de riego de la vid para vinificación en función del objetivo productivo

Cuadro 4

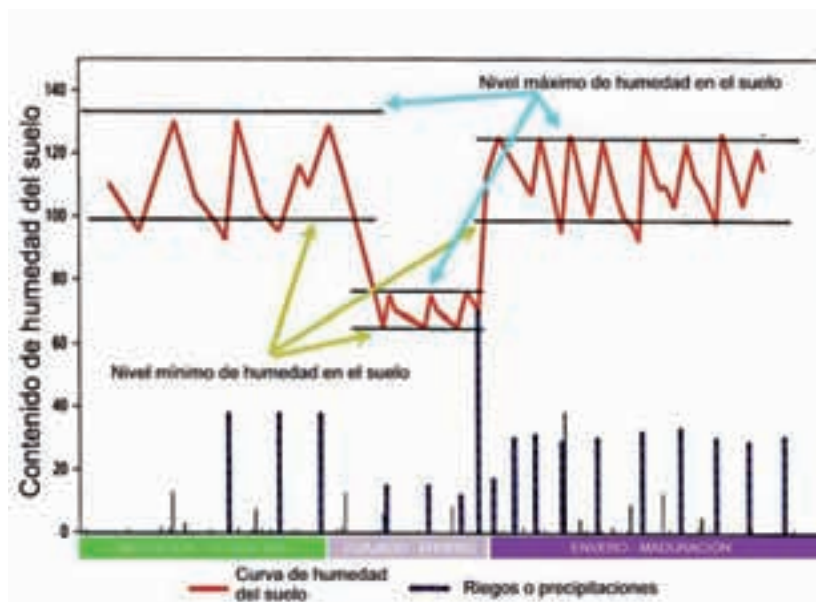
ETAPA DE DESARROLLO DE LA VID		% DEL AGUA CONSUMIDO	OBSERVACIONES	
		Brotación inicio floración	9 %	Etapa clave para una buena producción
		Floración - cuajado	6 %	Etapa clave para una buena producción
		Crecimiento y desarrollo de la baya	35 %	Etapa determinante de la calidad
		Envero maduración	36 %	Etapa determinante de la calidad
		Postcosecha senescencia	14 %	Etapa clave para la brotación del año siguiente

Consumo de agua en las diferentes etapas de desarrollo de la vid

tación o acceso suficiente a la información requerida. El empleo de sensores de humedad del suelo, simplifica enormemente la toma de decisiones. Por ejemplo, siguiendo las pautas de interpretación de las curvas registradas por los sensores, un viticultor podría ajustar

su riego conforme a unos niveles de humedad de suelo predeterminados de acuerdo a la etapa de desarrollo de la vid, tal y como de forma simplificada se ilustra en la siguiente figura.

Figura 22



Ejemplo de manejo del riego en vid según curvas de humedad del suelo

7. Buenas prácticas en el riego del olivar

Vicente Bodas

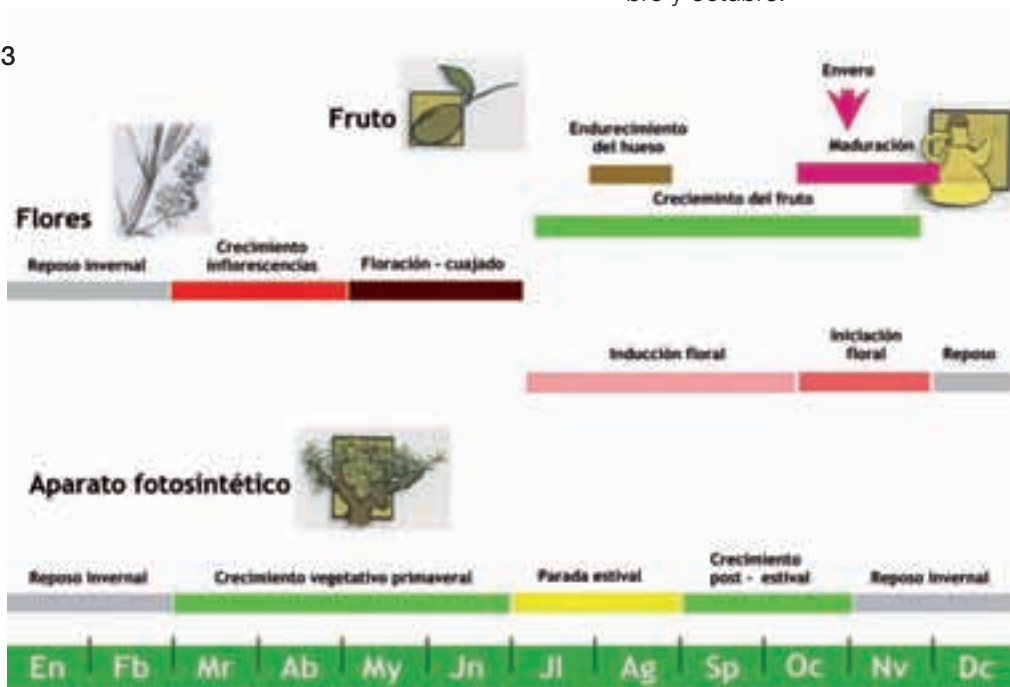
7.1. Ciclo de desarrollo del cultivo del olivo

Para comprender el comportamiento de un olivo a lo largo de un ciclo de cultivo resulta de gran ayuda distinguir entre el aparato fotosintético (hojas y tallos) y los frutos. Así se podrían describir las siguientes etapas, tal y como se demuestra en la siguiente figura:

Sólo en el caso de árboles con poca cosecha y en situación de adecuado suministro hídrico el crecimiento puede perdurar durante esta época.

- **Crecimiento post-estival:** salvo en situación de déficit extremo de agua, los brotes del olivo retoman el crecimiento durante los meses de septiembre y octubre.

Figura 23



Etapas en el ciclo de cultivo del olivo

APARATO FOTOSINTÉTICO:

- **Parada invernal:** árbol en reposo, no hay crecimiento.
- **Crecimiento vegetativo primaveral:** las yemas brotan al comienzo de la primavera (marzo - abril), primero las de flor y, poco después las vegetativas. La emisión y crecimiento de nuevos brotes depende directamente de la temperatura y la disponibilidad de agua.
- **Parada estival:** entre finales de junio y primeros de julio lo habitual es que los brotes dejen de crecer.

FRUTO:

- **Inducción floral:** coincidiendo con los meses de verano (julio, agosto y septiembre) se inicia en las yemas axilares de las hojas de los brotes nuevos los primeros cambios fisiológicos que determinarán que se formen las flores.
- **Iniciación floral:** durante el otoño las yemas que han sufrido el proceso de inducción floral manifiestan ya de forma irreversible cambios morfológicos, quedando determinada la floración del año siguiente.



- **Reposo de yemas:** las yemas florales quedan inactivas durante los meses fríos de invierno.
- **Desarrollo floral:** hacia el mes de marzo, siempre que la acumulación de horas frío haya sido la adecuada, comienza el crecimiento y desarrollo de las yemas florales que darán origen a las inflorescencias.
- **Floración – cuajado:** entre 6 y 8 semanas después de haber comenzado el desarrollo floral se produce la floración y, si la fecundación tiene éxito, el cuajado de la aceituna. Como singularidad del olivo hay que destacar que durante las 6 semanas siguientes a la floración se produce una gran caída de jóvenes frutos por la competencia entre ellos al iniciar el crecimiento.
- **Crecimiento del fruto:** las aceitunas cuajadas van incrementando su tamaño como consecuencia tanto de la división como del crecimiento celular, hasta que comienza el endurecimiento del hueso (8-9 semanas después de la floración) momento en el que cesa la división celular. Durante los días más cálidos del verano el engorde del fruto suele detenerse, para reanudarse a los largo del mes de septiembre junto con la acumulación de aceite.
- **Maduración:** el comienzo de la maduración lo marca el envero o cambio de color del fruto, durante el mismo se completa la acumulación de aceite y se elaboran sustancias de reserva que facilitarán la brotación del árbol al año siguiente.

La eventualidad de un déficit hídrico tiene consecuencias distintas según la etapa en la que se produzca:

- **Todo el año:** reducción del crecimiento vegetativo y del número de flores.
- **Desarrollo floral – floración:** reducción del número de flores, abortos ováricos y mal cuajado,

lo que implica una reducción directa del potencial productivo.

- **Crecimiento del fruto – endurecimiento del hueso:** incremento de la caída fisiológica de los frutos jóvenes, disminución del tamaño final de la aceituna y menor acumulación de aceite.
- **Endurecimiento del hueso – envero:** disminución del tamaño final del fruto y menor acumulación de aceite.

7.2. Necesidades de agua en el ciclo del olivo

El olivo es extraordinariamente versátil desde el punto de vista del suministro hídrico, tolerando condiciones extremas de sequía y adaptando su crecimiento y desarrollo a la disponibilidad de agua en el suelo. El manejo tradicional ha sabido adaptar el olivo a los recursos hídricos disponibles, mediante distintas combinaciones de marco de plantación y sistema de poda.

En este caso la aplicación de la metodología para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos, basada en la evapotranspiración del cultivo de referencia mediante la conocida fórmula, requiere especial precaución a la hora de la elección del coeficiente de cultivo (K_c).

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

ET_c : evapotranspiración del cultivo, K_c : coeficiente del cultivo, ET_o : evapotranspiración de referencia.

Este coeficiente depende de numerosos factores; entre otros del marco de plantación, volumen de copa, régimen de precipitaciones, sistema de riego, etc. Recientemente el Instituto de Agricultura Sostenible de Córdoba ha desarrollado una metodología propia para la determinación de la K_c del olivar, tal y como se recoge en el siguiente cuadro.

Cuadro 5

MES	100 olivos/ha			200 olivos/ha			300 olivo/ha		
	Volumen de copa (m ³ /ha)			Volumen de copa (m ³ /ha)			Volumen de copa (m ³ /ha)		
	7.000	9.000	11.000	7.000	9.000	11.000	7.000	9.000	11.000
Enero	0,80	0,82	0,82	0,83	0,85	0,87	0,83	0,85	0,88
Febrero	0,82	0,83	0,84	0,84	0,87	0,90	0,85	0,88	0,90
Marzo	0,58	0,59	0,60	0,60	0,64	0,66	0,61	0,64	0,67
Abril	0,48	0,50	0,51	0,52	0,55	0,58	0,53	0,57	0,59
Mayo	0,40	0,42	0,44	0,44	0,48	0,51	0,45	0,49	0,53
Junio	0,37	0,40	0,42	0,42	0,47	0,51	0,43	0,49	0,51
Julio	0,33	0,37	0,40	0,38	0,44	0,49	0,40	0,46	0,51
Agosto	0,35	0,38	0,40	0,40	0,45	0,49	0,41	0,46	0,51
Septiembre	0,45	0,48	0,49	0,49	0,54	0,57	0,51	0,55	0,59
Octubre	0,69	0,72	0,74	0,74	0,79	0,83	0,75	0,80	0,85
Noviembre	0,94	0,97	0,99	0,98	1,03	1,07	0,99	1,04	1,08
Diciembre	0,88	0,89	0,90	0,90	0,93	0,95	0,90	0,93	0,95

Valor del coeficiente de cultivo (Kc) en olivar según marco de plantación y densidad foliar

Las cifras del cuadro anterior reflejan como el olivo es una planta que en las épocas de mayor demanda evaporativa se adapta para economizar agua. Así los valores de Kc son más altos en los meses de invierno que de verano, y no hay que olvidar que Kc representa la fracción de la evapotranspiración potencial del cultivo de referencia (ET_o) que realmente evapotranspira el cultivo real, en este caso el olivo.

Tomando como partida los datos de ET_o y precipitación efectiva de una hipotética estación climática representativa de una zona de cultivo de olivar en Andalucía, y considerando una plantación con un volumen de copa próximo a los 9.000 m³/ha, se ha elaborado el siguiente cuadro para ilustrar cual puede ser el consumo anual de agua para distintas densidades de plantación, y cuanto habría de ser cubierto mediante aportes de riego.

Se observa como a medida que se intensifica el cultivo, mayor número de árboles por hectárea, pese a mantener el mismo volumen de copa por hectárea se incrementan considerablemente las necesidades hídricas.

7.3. ASPECTOS PRÁCTICOS DEL RIEGO DEL OLIVAR: RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO

A tenor de lo expuesto es lógico deducir que el olivo es una planta capaz de adaptarse y responder positivamente, desde el punto de vista productivo, a aportes

de agua de riego por debajo del óptimo. Ahora bien, cuando no se cuente con suficientes recursos hídricos para satisfacer las necesidades máximas del olivar, el reparto del agua disponible debe hacerse conforme a una estrategia bien definida que trate de evitar el estrés hídrico en los momentos de máxima sensibilidad del cultivo. Deben tenerse muy presente los siguientes aspectos:

- El estrés hídrico severo no es deseable en ninguna etapa del ciclo anual del olivo.
- Etapas de máxima sensibilidad al estrés hídrico:
 - Inicio brotación – floración (marzo – junio).
 - Crecimiento del fruto – endurecimiento del hueso (junio – julio).
 - Cambio de color – maduración (noviembre – diciembre).
- Etapas de mayor tolerancia del estrés hídrico:
 - Parada invernal (diciembre – marzo).
 - Endurecimiento del hueso – cambio de color (julio – octubre).

Es necesario destacar que una de las etapas de tolerancia al estrés hídrico (julio - octubre) coincide con los meses de mayor demanda evaporativa, por lo que una adecuada estrategia de riego se puede traducir en un importante ahorro de agua.

El diseño de las estrategias de riego deficitario debe ajustarse a las características edafoclimáticas de cada

Cuadro 6

MES	ET _o (mm)	Pe (mm)	100 olivos/ha			200 olivos/ha			300 olivos/ha		
			Volumen de copa 9.000 (m ³ /ha)			Volumen de copa 9.000 (m ³ /ha)			Volumen de copa 9.000 (m ³ /ha)		
			Kc	ETc (mm)	ETc-Pe (mm)	Kc	ETc (mm)	ETc-Pe (mm)	Kc	ETc (mm)	ETc-Pe (mm)
Enero	30	45	0,82	24,60	-20,40	0,85	25,50	-19,50	0,85	25,50	-19,50
Febrero	45	50	0,83	37,35	-12,65	0,87	39,15	-10,85	0,88	39,60	-10,40
Marzo	85	50	0,59	50,15	0,15	0,64	54,40	4,40	0,64	54,40	4,40
Abril	110	40	0,50	55,00	15,00	0,55	60,50	20,50	0,57	62,70	22,70
Mayo	150	35	0,42	63,00	28,00	0,48	72,00	37,00	0,49	73,50	38,50
Junio	170	0	0,40	68,00	68,00	0,47	79,90	79,90	0,49	83,30	83,30
Julio	205	0	0,37	75,85	75,85	0,44	90,20	90,20	0,46	94,30	94,30
Agosto	180	0	0,38	68,40	68,40	0,45	81,00	81,00	0,46	82,80	82,80
Septiembre	122	40	0,48	58,56	18,56	0,54	65,88	25,88	0,55	67,10	27,10
Octubre	80	40	0,72	57,60	17,60	0,79	63,20	23,20	0,80	64,00	24,00
Noviembre	45	45	0,97	43,65	-1,35	1,03	46,35	1,35	1,04	46,80	1,80
Diciembre	25	60	0,89	22,25	-37,75	0,93	23,25	-36,75	0,93	23,25	-36,75
TOTAL	1247	405		624,41	219,41		701,33	296,33		717,25	312,25

Necesidades hídricas totales y de riego (ETc-Pe), para distintos grados de intensificación en olivares

zona y a la disponibilidad temporal del agua de riego. En este sentido puede jugar un papel fundamental la adecuada gestión de la reserva hídrica del suelo, particularmente en aquellas zonas de suelos profundos y con alta capacidad de retención de agua. A modo de ejemplo cabe citar la experiencia en distintas zonas olivareras españolas:

- **Cataluña, variedad Arbequina:** buenos resultados con aportes de riego en torno al 50% de las necesidades entre los meses de julio y octubre.
- **Andalucía, variedad Picual:** buenos resultados con un gasto de agua de riego de 1.500 m³/ha (50% de la ETc máxima) en olivares de 100 pies/ha y 2.500 m³/ha en plantaciones de más de 200 olivos/ha., repartidos regularmente entre los meses de marzo y octubre.

Por último también hay que señalar el efecto que, sobre el proceso industrial de extracción y las características organolépticas del aceite, tiene el nivel de suministro hídrico recibido por los olivos. Con carácter general se detectan las siguientes tendencias:

- A mayores dosis de riego se incrementan las dificultades en la extracción de aceite.
- Mayor contenido de ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico y linolénico) en los aceites procedentes de los árboles con menor aporte de agua.
- Índice de peróxido más elevado en los olivos más regados.
- Contenido de polifenoles y amargor mayor en los árboles con menor aporte de agua.

8.- Buenas prácticas en el riego del fresón

Manuel Francisco Badillo Trigo

8.1. Ciclo de desarrollo del cultivo del fresón

La planta de fresa produce hojas, estolones, flores y raíces según un modelo determinado por sus constantes genéticas y que son influenciadas por factores medioambientales. Entre estos factores cabe destacar el fotoperíodo, la temperatura, la duración de la parada vegetativa, las plagas y enfermedades y, de manera significativa, las fluctuaciones en la humedad del aire y del suelo.

Para el control y seguimiento del cultivo del fresón es necesario conocer los estados fenológico que según Veschambre et al. (1977) serían los siguientes:

Estado A:	Reposo vegetativo
Estado B:	Iniciación de la actividad vegetativa
Estado C:	Botones verdes
Estado D:	Botones blancos
Estado E:	Inicio floración
Estado F:	Plena floración
Estado G:	Fin de floración
Estado H:	Fructificación

Debido a las características genéticas de la planta de fresa los estados del C a H se repiten durante el cultivo varias veces, coexistiendo durante largos períodos de tiempo. Hecho este que implica una gran complejidad en el manejo de riego, así como en otras operaciones de cultivo.

El ciclo típico de una variedad común cultivada en la comarca de Huelva podría ajustarse al recogido en el siguiente cuadro 7:

La duración de los distintos estados fenológicos depende de las condiciones ambientales y del fotoperíodo. Por ejemplo, la variedad Camarosa en diciembre - enero necesita unos 50 días para pasar del estado vegetativo F al H; mientras que en mayo son suficientes de 25 a 29 días.

Cuadro 7

Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
A	B-C	D-E-F	F-G	H	Se repiten estados D a H durante varios ciclos				

Ciclo del cultivo el fresón en Huelva

Esto tiene una influencia directa en las necesidades hídricas, que son mínimas en el periodo diciembre – enero y máximas en abril – mayo.

Las etapas de máxima sensibilidad en lo que a suministro de agua se refiere son:

- **Trasplante:** la planta que llega a las fincas de producción entre finales de septiembre y primeros de octubre, procede de zonas con unas temperaturas mucho más suaves (Ávila, Segovia, Valladolid, Palencia, etc.) y en unas condiciones vegetativas mínimas (con muy poca superficie foliar). En esta época en la zona de Huelva el suelo aún alcanza temperaturas diurnas de 26 a 29° C, con temperaturas ambientales de 32 a 35°C, por lo que la aclimatación es delicada, debiéndose recurrir a la aplicación de agua vía aspersión para conseguir un ambiente húmedo apto para el desarrollo vegetativo de los primeros estadíos.
- **Estado D (botones blancos):** las necesidades hídricas y nutricionales deben estar perfectamente cubiertas para asegurar el cuajado e inicio de desarrollo del fruto. De lo contrario la calidad y cantidad de la cosecha pueden verse mermadas.
- **Estado H (fructificación):** en esta etapa el manejo del agua es crucial para la obtención de frutos con estándares comerciales, resultando perjudiciales tanto la falta como el exceso de humedad.

8.2. Necesidades de agua en el ciclo del fresón

En principio la fresa podría ser percibida como un cultivo de altos requerimientos hídricos, debido a la gran masa foliar por hectárea que desarrolla y a la época de producción, que incluye meses de alta evapotranspira-

ción. Pero en realidad se trata de un cultivo bastante eficiente en el consumo de agua, entre otras razones por la técnica de acolchado de los lomos con lámina de plástico negro; si bien el plástico puede generar problemas ambientales derivados de la inadecuada gestión de sus residuos.

Al abordar el tema de los aportes de agua de riego en el fresón no se puede dejar al margen el hecho de que la instalación de riego se use igualmente para aplicar los elementos nutritivos, mediante los correspondientes programas de **fertirrigación**. Esto implica que en determinados momentos pueda ser necesario regar pero no por que exista falta de agua sino porque es preciso realizar el aporte correspondiente de fertilizantes. Así por ejemplo, cabría reseñar que con estrategias de riego deficitario serían suficientes aportes de 2.800 a 3.000 m³/ha para cubrir las necesidades hídricas del cultivo y asegurar producciones próximas al 90% de las obtenidas sin limitación de agua, pero estos volúmenes de agua pueden ser insuficientes para cumplir los programas de fertirrigación.

Para el cálculo de las necesidades de agua se puede seguir la metodología clásica, basada en la evapotranspiración del cultivo de referencia y recogida en apartados anteriores, aplicando la fórmula:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

ET_c: evapotranspiración del cultivo, K_c: coeficiente del cultivo, ET_o: evapotranspiración de referencia.

A modo de ejemplo se recoge en el cuadro siguiente información real de estas variables, incluyendo además las necesidades total de agua (Nt) del cultivo según la eficiencia del sistema de riego, para una parcela de de suelo franco arenoso en la comarca de Doñana, y un año medio con precipitaciones de 500 a 600 mm.

8.3. Aspectos prácticos del riego en el cultivo del fresón

FASE DE ASPERSIÓN

Tal y como se comentó en el punto anterior, en la fase de trasplante es necesario realizar un riego vía aspersión para conseguir un ambiente húmedo apto para el desarrollo vegetativo de los primeros estadios, asegurando el enraizamiento de las plantas tras el trasplante así como el tempero que permita realizar la preparación del terreno.

En esta etapa, en la que se pueden consumir hasta 1000 m³/ha, repartidos como sigue; se recomienda hacer uso de la microaspersión en lugar de la aspersión:

Preparación del terreno: 700 m³/ha.
Post-trasplante: 300 m³/ha.

FASE DE RIEGO POR GOTEO

Una vez arraigadas las plantas se prescinde de la aspersión y comienzan los aportes de agua mediante la instalación de goteo. Comúnmente se emplea cinta de riego con goteros insertados a 15 – 20 cm y un caudal medio de 5 litros/h por metro lineal. En esta fase los volúmenes de agua necesarios están condicionados por el tipo de suelo, algunos valores medios serían:

- Suelos pesados, con cuerpo: 2.850 m³/ha.
- Suelos medios: 3.000 m³/ha.
- Suelos ligeros, muy filtrantes: 3.500 m³/ha.



Detalle de riego por microaspersión en fresa

Para el correcto manejo del riego, si importante es la cantidad total de agua aportada, no lo es menos su reparto temporal, o lo que es lo mismo la dosis y frecuencia de riego. En el siguiente cuadro se detalla un ejemplo donde junto a las necesidades mensuales de riego figura el número de riegos mínimo para repartir el agua de forma óptima.

OTRAS RECOMENDACIONES

Aún reconociendo que el cultivo del fresón está técnicamente muy avanzado, existe todavía margen de me-

Cuadro 8

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
ET ₀ (mm/día)	3.40	2.05	1.45	1.55	2.30	3.65	4.95	6.30	7.45
K _c	0.55	0.6	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9
ET _c (mm/día)	1.02	1.23	0.87	1.08	1.61	3.28	4.45	5.67	6.70
Nt (mm/día)	1.26	1.52	1.07	1.33	1.98	4.04	5.49	7.00	8.27

Evapotranspiración de agua mensual en el cultivo del fresón

Cuadro 9

Mes	L/m ² (aspersión)	L/m ² (goteo)	Nº de riegos aproximados
Previos (Preparación terreno)	70 (jul – sept)		
Octubre	25	6	6
Noviembre	5	8	8
Diciembre		10	8
Enero		20	10
Febrero		35	15
Marzo		50	20
Abril		80	25
Mayo		110	30
Junio (Sólo primera semana)		30	8
TOTAL	100	350	130

Aplicación de agua mensual de agua de riego para el cultivo de la fresa

jora en una serie de aspectos, tanto a nivel agronómico como tecnológico:

Elección adecuada de variedades: existen variedades que muestran una mejor adaptación al entorno edafoclimático que otras, es imprescindible conocerlas para poder optar por su cultivo. Por ejemplo en Huelva, Macarena, Andana, Coral, Palomar, Ventana, Candonga, etc, tienen un comportamiento diferente y ventajas frente a Camarosa, la variedad predominante hasta la fecha.

Diseño y manejo correcto de las instalaciones de riego: Además de las pautas generales de mantenimiento presentadas en apartados anteriores, para la fresa se recomienda.

- Para el riego de plantación, usar microaspersores en lugar de macroaspersores.
- Revisar que las presiones reales de trabajo se atienen a las nominales de los emisores de riego. Las cintas de riego trabajan a muy baja presión (0,6 – 0,8 atm.) por lo que una ligera sobrepresión, por

ejemplo de tan solo 1,5 atm., puede conducir a gastos excesivos de agua.

- Cuidar la uniformidad del riego. Como los goteros de las cintas no suelen ser autocompensantes los desniveles del terreno en el mismo sector de riego se traducen en diferencias en la presión de trabajo y, por tanto, en aportes de agua diferentes.
- Sustituir las bombas volumétricas de inyección de fertilizantes por sistemas más avanzados basados en el control de la conductividad y el pH del agua de riego.
- Si se instalan sensores de suelo elegir el más adecuado a las características del terreno, para evitar la errónea interpretación de los datos.
- Adecuar las dosis y frecuencia de riego a las necesidades del cultivo y las propiedades del suelo. Considerando que la profundidad efectiva de enraizamiento del fresón es de 25 a 35 cm, siempre será más eficaz la realización de riegos a pulsos cortos y muy repartidos.



Programador de riego

9. Buenas prácticas en el riego de los cítricos

Francisco Valdera

9.1. Ciclo de desarrollo del cultivo de los cítricos

Para comprender el comportamiento de un cítrico a lo largo de un ciclo de su cultivo resulta de gran ayuda diferenciar los diferentes estados fenológicos de la planta. Un ciclo modelo, teniendo en cuenta la variabilidad dependiendo del cultivo de que se trate, podría resumirse como:

- **Brotación:** Los cítricos suelen tener varias brotaciones a lo largo del año, siendo las de primavera y verano las más importantes en cuanto a su repercusión en la cosecha. La primera de ellas porque es la portadora de las flores que posteriormente serán frutos, y la segunda porque son la base del crecimiento vegetativo y la formación del árbol. El inicio y desarrollo de la brotación depende de la temperatura del suelo y las condiciones de hidratación y nutrición en las que se encuentre el árbol, de ahí la importancia de esta fase en la programación del riego.



Estación meteorológica en plantación de cítricos

- **Floración:** En la mayoría de variedades solo se produce una a lo largo del año, en primavera, condicionando la cosecha que tendrán en esa campaña. Es importantísimo, por tanto, favorecer al máximo el éxito de la floración en los cítricos.
- **Cuajado del Fruto:** Es un momento crítico en el ciclo de los cítricos, ya que después de conseguir una floración adecuada, es imprescindible tener un buen cuaje que afiance la cosecha.
- **Desarrollo del Fruto:** Se produce durante todo el verano y parte del otoño antes de iniciar la parada invernal. Es la fase de mayores necesidades hídricas de todo el ciclo, siendo el riego deficiente un factor limitante del tamaño y calidad de los frutos.
- **Maduración:** Es el conjunto de cambios que el fruto experimenta cuando ha terminado su desarrollo. Normalmente se realiza en otoño-invierno, por lo que en nuestro clima se ve poco influenciado por el riego aunque sí por la fertilización que hayamos realizado durante todo el ciclo vegetativo.
- **Reposo Invernal:** es la fase en la cual no se produce desarrollo de brotación alguna y que coincide con la época de menores temperaturas durante los meses de enero y febrero. En realidad en la mayoría de las zonas de cultivo de los cítricos no se llega a producir reposo invernal, ya que las temperaturas no son extremas, siguiendo durante esta época la maduración del fruto.

9.2. Necesidades de agua en el ciclo de los cítricos

Los cítricos se adaptan muy bien al clima y a la gran diversidad de suelos de las comarcas donde se cultivan. Solamente en temporadas excepcionales de fríos extremos pueden sufrir las plantaciones daños críticos que puedan hacer peligrar la plantación.

Respecto a los requerimientos hídricos, los cítricos son capaces de economizar agua y superar periodos prolongados de sequías, debido a tres factores principales:

- Raíces de baja conductividad hídrica.
- Pelos absorbentes poco desarrollados en comparación con otros vegetales.
- Hojas bien adaptadas para conservar el agua por tener la cutícula cerosa y unos estomas activos.

Existen casos de plantaciones de cítricos en suelo con poca capacidad de retención de agua, que soportan hasta dos años seguidos sin recibir ningún riego y, una vez restablecida la normalidad, volver a recuperar su productividad anterior. Mientras, otros cultivos habrían sucumbido en ausencia de riego durante una sola campaña.

Para el cálculo de las necesidades de agua se puede seguir la metodología clásica, basada en la evapotranspiración del cultivo de referencia y recogida en apartados anteriores, aplicando la fórmula:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

ET_c: evapotranspiración del cultivo, K_c: coeficiente del cultivo, ET_o: evapotranspiración de referencia.

Dada la enorme casuística que se puede dar, la K_c ofrece una enorme variabilidad. En la cantidad de agua final a aportar influye, además de la variedad cultivada, otros parámetros como el marco de plantación, tipo de árbol y sistema de riego. A modo orientativo se puede estimar un volumen aproximado de 15 l/árbol adulto x mm de evaporación, lo que equivale a 6000 m³/ha. Este volumen debe reducirse en proporción a la superficie foliar que tengan los plantones que se pretendan regar.

Dentro de los cítricos hay que distinguir entre mandarineros y naranjos, limoneros, híbridos y pomelos, siendo los primeros mucho más resistentes a la sequía que los demás por las defensas que muestran sus hojas adaptadas a periodos de estrés. Éstas se abarquillan rápidamente cuando detectan escasez de agua o sequedad en el ambiente, limitando la superficie de evaporación y, por tanto, la pérdida de agua del árbol.

Durante el ciclo vegetativo de los cítricos existen momentos críticos en los que es necesario adecuar el riego para mantener bien hidratado el árbol o, por el contrario, ajustarlo para regular la actividad fisiológica del mismo:

- En las fases directamente relacionadas con el fruto, como son cuajado y maduración es conveniente mantener niveles adecuados pero discretos de agua a disposición del árbol para evitar un desarrollo vegetativo contrario a un mayor cuaje y a una correcta maduración.
- Por el contrario, en las fases relacionadas con la actividad vegetativa, durante la brotación, floración y desarrollo del fruto, es imprescindible que no falte agua en el suelo a disposición de la planta, para asegurar un desarrollo óptimo de estos nuevos órganos.

9.3. Aspectos prácticos en el riego de los cítricos

- En cítricos, es especialmente recomendable el uso de sensores de humedad del suelo, así como de dendrómetros, que permiten observar la respuesta de la planta a los aportes hídricos. Se aconseja contar al menos con una estación meteorológica en fincas superiores a 100 ha.
- Elección adecuada de variedades: existen variedades que muestran una mejor adaptación al entorno edafoclimático que otras, es imprescindible conocerlas para poder optar por su cultivo.
- Fijación de las líneas de goteros, para evitar su desplazamiento por atomizadores o por el personal de recolección. Debe aplicarse el agua siempre en el lugar en el que se encuentra el sistema radicular estabilizado. El mejor sistema para ello es la colocación de horquillas de alambre galvanizado, al menos cada 25 m de línea de goteros.



- Aprovechar la instalación de riego para la aplicación del fertilizante, mientras el árbol esté activo (desde primeros de marzo hasta mediados/finales de octubre). El fertilizante debe aplicarse durante todo el periodo vegetativo mencionado anteriormente, cada vez que se riegue y de forma proporcional al agua aplicada.
- Control en continuo de salinidad y pH del agua de riego, aporta datos sobre la correcta proporción de fertilizantes aplicados y evita accidentes de sobre-fertilización y contaminación.

RIEGO LOCALIZADO DE CÍTRICOS EN SUELOS ARENOSOS

Las modernas plantaciones de cítricos se suelen establecer en suelos marginales en los que históricamente no se realizaba ningún cultivo. La mayoría de sus perfiles son de textura arenosa, porosos y de gran capacidad de infiltración de agua. Dada la importancia que tienen estos suelos en la actual citricultura y las especiales peculiaridades de ellos, merecen este apartado específico.

La mayoría de las raíces activas de las modernas plantaciones de cítricos, con patrones tolerantes al virus de la Tristeza, no profundizan más allá de 60 cm en el suelo. En un suelo arenoso pero estructurado, con una plantación establecida de árboles adultos, la rápida infiltración de la mayoría del agua útil que aportamos en la superficie, hace que ésta quede fuera del alcance de las raíces en el escaso plazo de 1 hora y 45 min. Según esta premisa, todo riego que supere este tiempo, supone inyección directa del agua en el subsuelo por debajo del alcance de las raíces. También supone que cuando el árbol esté extrayendo agua del suelo, el tiempo que debe transcurrir entre un riego y el siguiente debe aproximarse idealmente a ese tiempo para, de esta forma, evitar situaciones de estrés que afecten al desarrollo del árbol o la cosecha.

Asimismo se deduce que la aplicación de agua durante las horas de la noche en las que el árbol evapora menos y, por tanto no extrae agua del suelo, no tiene ningún sentido en suelos arenosos, por lo que lo que es recomendable regar de día.

Si bien la velocidad de infiltración es un factor a tener muy en cuenta a la hora de determinar la duración y frecuencia del riego, también hay otro ingrediente que es importante contemplar como es la superficie mojada por el riego. La óptima está entre el 40 y el 50% de la ocupada por el árbol. En las arenas es imposible llegar a ello con riego por goteo a no ser que coloquemos 4 o 6 líneas de goteros en cada línea de árboles. Esto económicamente es inviable.

Existe la alternativa del riego por microaspersión o microdifusión que, aunque en teoría es más interesante, no resulta en la práctica útil ya que provoca la emergencia de infinidad de vegetación adventicia que se hace difícil de controlar mientras la evaporación es considerable.



Las únicas alternativas válidas para conseguir la superficie mojada idónea se basan en jugar con la separación entre goteros en la línea, colocación de al menos dos líneas de goteros, la separación de las líneas entre sí y respecto al tronco del árbol, el caudal unitario del gotero y la duración del pulso de riego para que ensanche el bulbo mojado.

Ésta última, visto lo mencionado anteriormente, es mala solución, pulsos de mayor duración dan mayor superficie mojada pero deben ser cortos para evitar la pérdida de agua y fertilizantes hacia el subsuelo y evitar su contaminación. La duración máxima del pulso con goteros de caudal medio (2,5 l/h) debe ser de 1 hora.

A la hora de manejar la separación de las líneas de goteros entre sí y respecto al tronco del árbol debe tenerse en cuenta que separaciones superiores a 75 cm del tronco del árbol y por tanto a 1,5 m entre ellas (en caso de doble línea), nos provoca zonas secas entre las dos líneas, con tendencia a la acumulación de sales.

La separación entre goteros de la línea no debe ser superior a 60 cm, siendo la recomendada en cítricos en suelos arenosos de 40 cm. De esta forma conseguiremos una franja mojada que favorezca el desarrollo longitudinal de las raíces, aumentando la zona saturada en torno a los pelos absorbentes.

El caudal unitario del gotero no debe superar los 2,5 l/h. Caudales mayores ensanchan el bulbo, pero no compensan las pérdidas por percolación de agua y fertilizantes que ello implica.

Todas estas recomendaciones, que son muy generales, hay que contrastarlas en cada finca o tipo de suelo y adaptarlas a cada circunstancia concreta.

Anexo 1. Cuaderno de registro de riegos

CUADERNO DE REGISTRO DE RIEGOS					
Nº POLIGONO			AÑO		
Nº PARCELA					
DATOS DEL CULTIVO					
CULTIVO					
FECHA DE SIEMBRA					
FECHA DE COSECHA					
SISTEMA DE RIEGO					
DATOS DEL SUELO					
PROFUNDIDAD					
CAPACIDAD DE CAMPO					
P.M.P.					
AGUA UTIL					
CAMPAÑA DE RIEGO					
DATOS DE RIEGO			DATOS METEOROLOGICOS		
MES	FRECUENCIA(días)	Nº RIEGOS/DIA	TEMPERATURA (MEDIA DEL MES)	PRECIPITACION (mm)	VIENTO (Nº DIAS)
OBSERVACIONES					



WWF trabaja por un planeta vivo y su misión es detener la degradación ambiental de la Tierra y construir un futuro en el que el ser humano viva en armonía con la naturaleza:

- . Conservando la diversidad biológica mundial.
- . Asegurando que el uso de los recursos naturales renovables sea sostenible.
- . Promoviendo la reducción de la contaminación y del consumo desmedido.

por un planeta vivo®

WWF España

Gran Vía de San Francisco, 8-D
28005 Madrid
Tel.: 91 354 05 78
Fax: 91 365 63 36
info@wwf.es



“Impreso en papel 100% reciclado”