

CURSOS MONOGRÁFICOS «EL CHAPARRILLO (IRIAF)»

“EL RIEGO EN EL CULTIVO DEL PISTACHERO”

En Ciudad Real:
Junio, Julio y Agosto de 2019

JAVIER SALVADOR RUIZ GARCÍA

Ingeniero Agrónomo

javier.saruga@gmail.com

HELENA CUARTERO ABENGOZAR

Ingeniero Agrónomo

helena.cuartero@universidadderiego.com

INDICE

I. Introducción: Importancia del riego

II. Calendario de riegos

III. Cantidad de agua a aplicar

IV. Distribución de agua en el suelo

VI. Primeras conclusiones

VI. Sistemas de riego

VII. Últimas conclusiones

VIII. Fuentes consultadas



Fuente imagen: Agroptima

I. INTRODUCCION: IMPORTANCIA DEL RIEGO

Agua bien escaso



POCA
INFORMACIÓN
PISTACHO

- 17 % superficie agrícola mundial
- Aporta 40% producción total

PISTACHERO

En España: tradicionalmente seco

¿Porque?

Gran aptitud de resistencia ante sequia y salinidad

PISTACHERO

- TURQUIA: 1,4 kg /árbol Secano
- CALIFORNIA: 17 kg/árbol Regadío



I. INTRODUCCION: IMPORTANCIA DEL RIEGO

OBJETIVOS DEL RIEGO

- Económico:
 - Mejorar los beneficios y la rentabilidad
 - Evitar malgastar el dinero
- Medioambiental:
 - Evitar derroche de agua (bien escaso)



I. INTRODUCCION: IMPORTANCIA DEL RIEGO

¿VENTAJAS E INCONVENIENTES?

VENTAJAS

- Incrementar la producción
- Elevar el porcentaje de frutos llenos y abiertos
- Disminuir al máximo el periodo improductivo juvenil del árbol
- Fertirrigación
- Reducción de vecería



VENTAJAS

INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN

INICIALMENTE:

DECISIÓN



MARCO DE PLANTACIÓN



KILOS POR ARBOL (TAMAÑO DE ARBOL)

Con agua:

Poda con aumento de posibilidad de renovación que en secano

Sin agua:

Ir a arboles con mayor tamaño que permitan esa mejora productiva

FERTIRRIGACIÓN



VENTAJAS

AUMENTAR LA CALIDAD VISUAL DE LOS FRUTOS

No existen estudios sobre incidencia del riego en la calidad organoléptica del pistacho

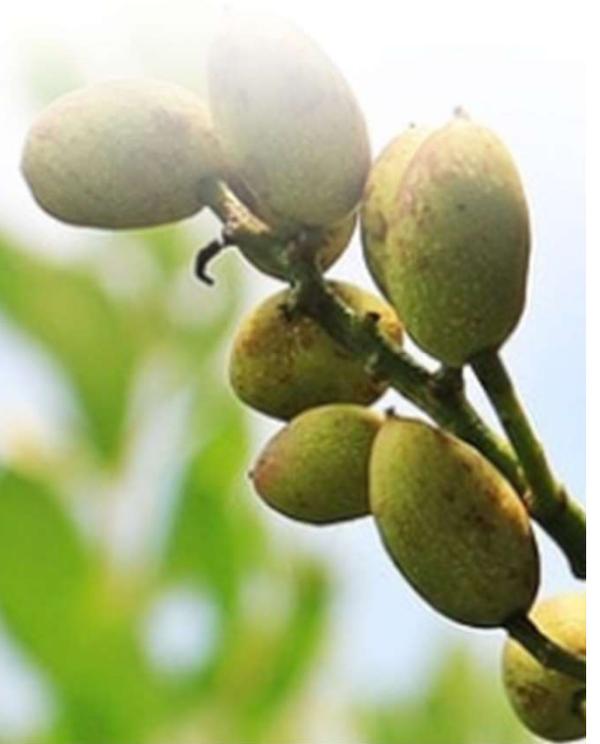
Pistachos de Secano (unanimidad mundial en):

Fruto con sabor mas agradable que los de regadío.

Como aun no se dispone de fundamento científico, lo único que se puede expresar es en referencia al aspecto visual.

Pistachos de regadío:

Mejora el aspecto con el riego



VENTAJAS

AUMENTAR LA CALIDAD VISUAL DE LOS FRUTOS



Si el riego se hace de forma adecuada:

- % de frutos abiertos aumenta respecto al % de frutos vacíos y cerrados



Aumenta el valor comercial



Por lo tanto el **efecto del riego** en el pistachero es doble:

- **Incrementamos la cosecha**
- **Proporcionamos mayor valor comercial a sus frutos**

Podría ser una puerta a infección de hongos que pueden generar aflatoxinas
(cantidad regulada por ley)



VENTAJAS

DISMINUIR EL PERIODO IMPRODUCTIVO

El pistachero presenta un periodo improductivo muy prolongado



2 variables



Por EL INJERTO

- Precio de la planta
- Oferta escasa

Por EL DESARROLLO DEL ARBOL
UNA VEZ PRENDIDO EL MISMO

- 2 / 3 años mas retraso

El crecimiento esta relacionado con un aporte hídrico suficiente
(es posible reducir el periodo improductivo).

Hasta que los arboles no poseen un volumen de copa suficiente no se inicia una producción de flores importante.

En secanos españoles: 6 / 8 años

El crecimiento del árbol es muy sensible a la falta de agua

Aumentando la disponibilidad de agua de riego se puede reducir a 3 años este periodo, pasando de 6 / 8 años a 4 / 6 en regadíos (siempre que se aplique en cantidad, forma y momento adecuados).

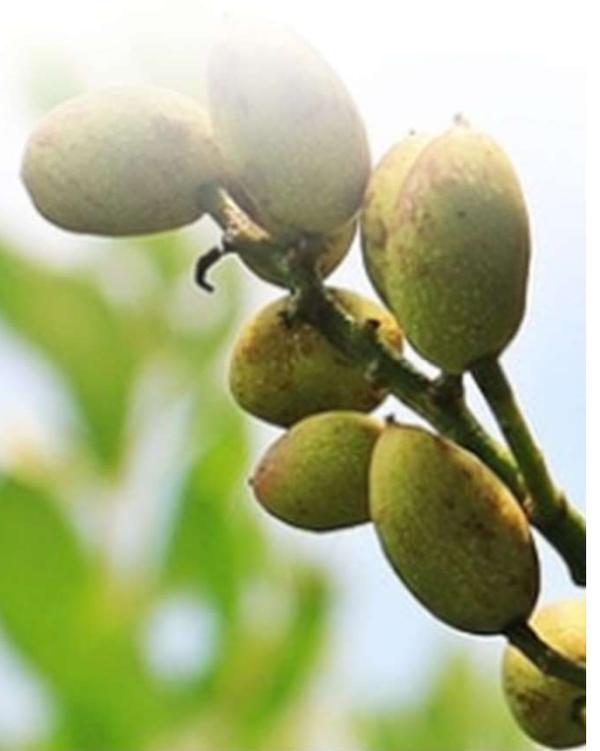


I. INTRODUCCION

¿VENTAJAS E INCONVENIENTES?

INCONVENIENTES

- Incremento de los costes de plantación
- Mayor presencia de malas hierbas
- Aumento de plagas y enfermedades



INCONVENIENTES

INCREMENTO DE LOS COSTES DE PLANTACIÓN

Antes de realizar la inversión:

- ¿Cantidad de agua de la que disponemos?
- ¿Necesidades hídricas del cultivo?



¿Merece la pena invertir en RIEGO?

MAYOR PRESENCIA DE MALAS HIERBAS

- Aumento de malas hierbas ⇔ aumento consumo agua
- Un control adecuado de vegetación espontánea (a niveles moderados) puede ser ventajosa y crear efecto positivo (Ej. Reducir erosión)



INCONVENIENTES

AUMENTO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Cultivos de regadío:

- Mas propicios a desarrollar enfermedades (condiciones de humedad).

Especialmente importante en el pistachero



- Muy sensible a enfermedades (aumento de verticilosis)



II. CALENDARIO DE RIEGOS



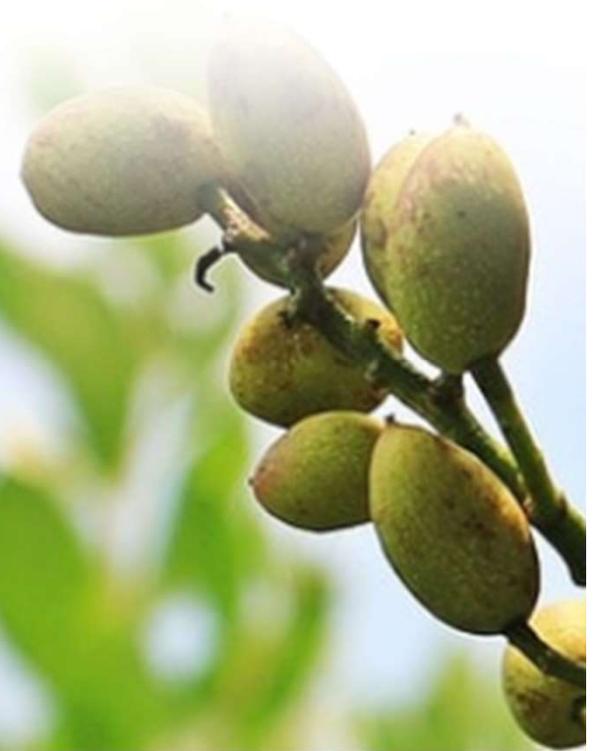
REGAR



ECHAR AGUA



- ¿PORQUE?
- ¿CUANDO?
- ¿CUANTO?



II. CALENDARIO DE RIEGOS

¿ESTRATEGIAS DE RIEGO?



Disposición
total de agua



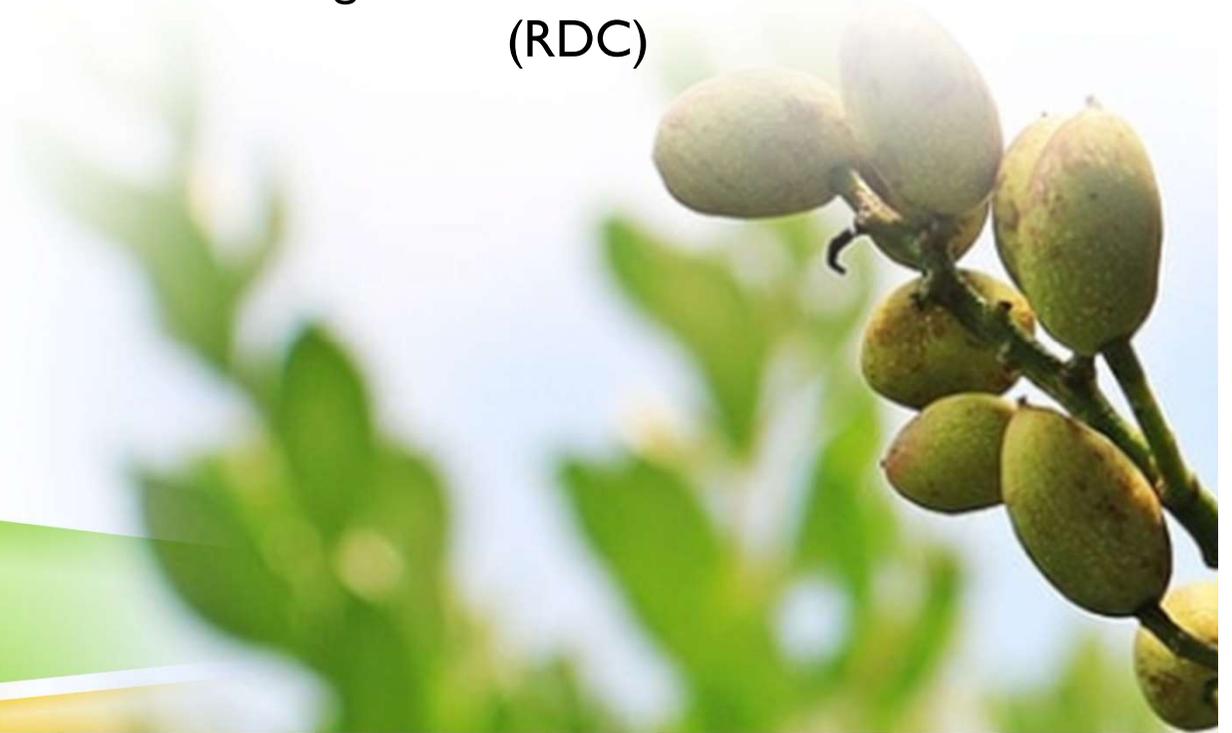
NO HABITUAL



Disposición por debajo de
las necesidades de cultivo



**Riego Deficitario Controlado
(RDC)**



II. CALENDARIO DE RIEGOS

¿CRECIMIENTO FISIOLÓGICO ?

<https://www.youtube.com/watch?v=wxyZ-ZtuUdU>

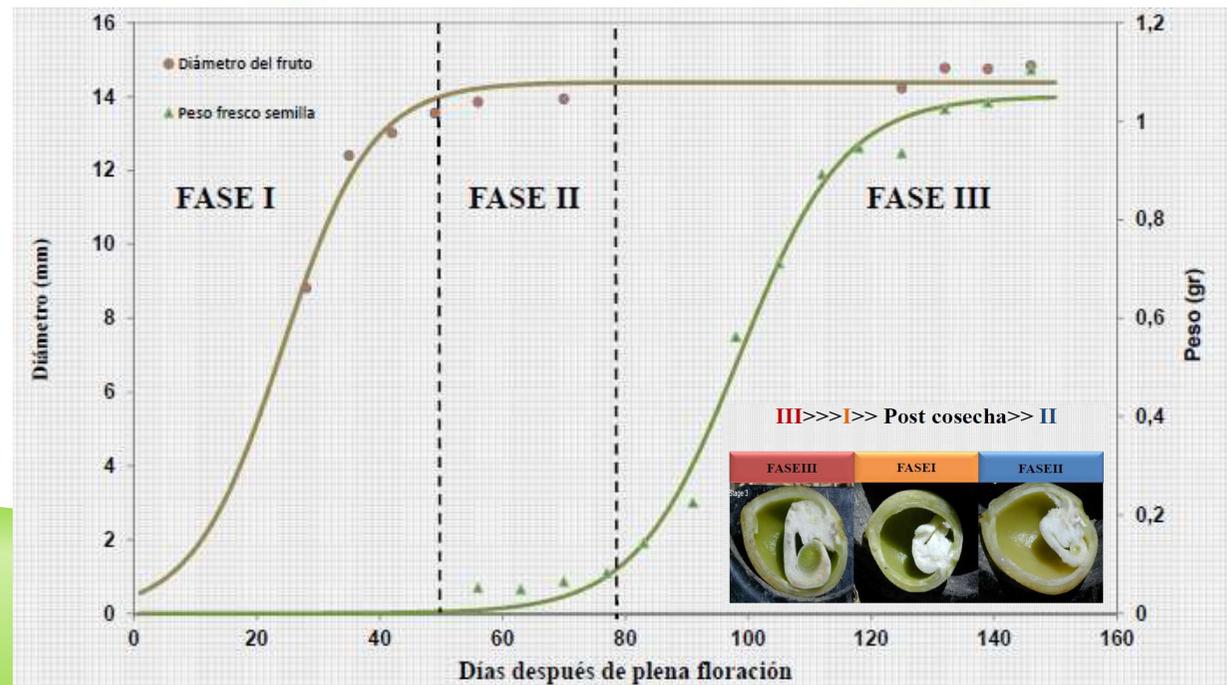
Cambios en la fisiología del árbol y por lo tanto en la susceptibilidad al estrés hídrico



RDC (realizar restricciones en momentos cuando el impacto en la producción es mínimo, acorde con el momento fenológico donde se encuentre la planta)



1. Estado de reposo
2. Fase I (Floración – Máx fruto)
3. Fase II (Máx fruto – Crec grano)
4. Fase III (Cre grano – Recolección)
5. Postcosecha (Caida hojas)



II. CALENDARIO DE RIEGOS

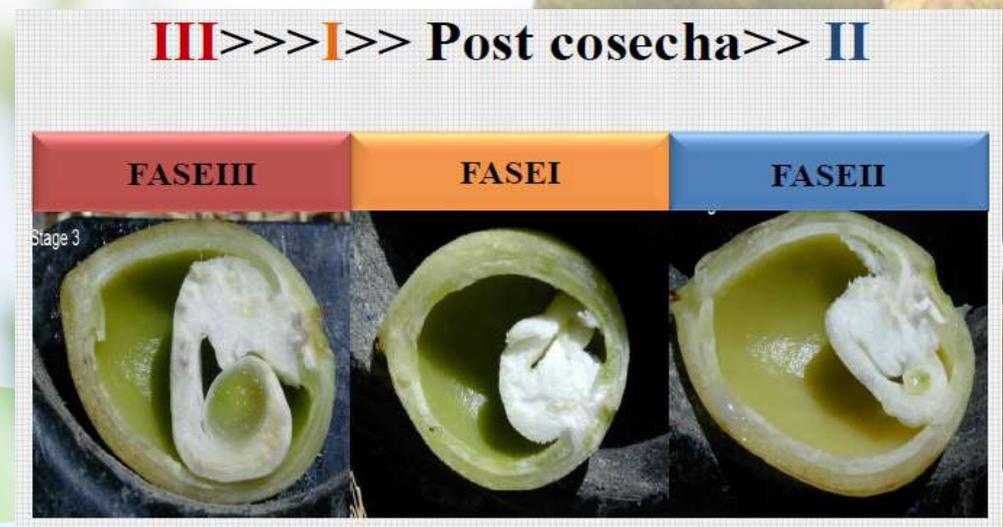
Descripción de las fases en relación al estrés hídrico en cada una de ellas

Fase de desarrollo	Período	Efecto de un estrés hídrico moderado
I	Desde Floración hasta tamaño máximo del fruto.	<ul style="list-style-type: none"> • Posible incremento de frutos abiertos y rajados. • Sin efecto en cantidad y calidad de la cosecha. • Aumento de los frutos vacíos y cerrados.
II	Desde tamaño máximo del fruto hasta el inicio de crecimiento del grano. Endurecimiento de la cáscara.	
III	Desde comienzo de crecimiento del grano hasta la recolección.	
Postcosecha	Desde la recolección hasta pérdida de la hojas.	Desconocido (posibles frutos mas pequeños en sigu. Campaña).

Fuente: *Irrigation response of Pistachio (Pistacia vera L.)*, (Goldhamer et al., 1987).

El cultivo del pistacho, (Couceiro et al., 2017)

La duración y comienzo de cada fase es diferente según el cultivar, clima y portainjerto



II. CALENDARIO DE RIEGOS

Incrementos productivos en base al % de agua de riego utilizado

TABLA N° 18.2. Relación entre el % de agua utilizada de la ET_c máxima y la producción en California (EEUU).

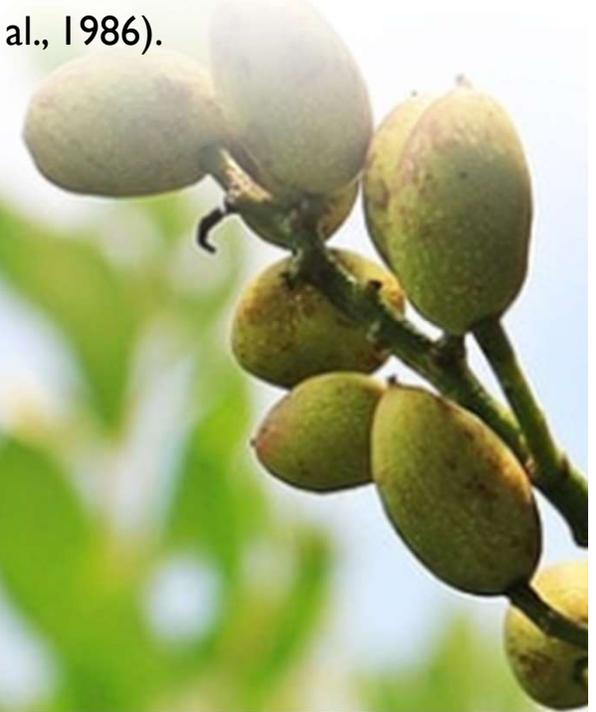
% de agua de riego utilizada	Producción (%)	Crecimiento del tronco (%)
0	7,8	32,6
25	38,9	45,0
50	62,5	51,2
70	89,6	87,8
100	100	100

Fuente: *Irrigation response of Pistachio (Pistacia vera L.)*, (Goldhamer et al., 1986).
El cultivo del pistacho, (Couceiro et al., 2017)

METODOLOGÍA:

Balance de agua

Estimar las necesidades de agua de la plantación y su disponibilidad y decidir si el riego es rentable o no.
(Consideraremos que disponemos de todo el agua que el árbol necesitará)



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE LA PLANTACIÓN

Necesidades de agua del árbol

- Tamaño
- Densidad de arboles
- Medio ambiente que les rodea



Demanda evapotranspirativa

Depende de:



$$ET_c = ET_o * Kc * Kr$$

Metodología: Fereres y Golhamer (1990)

CANTIDAD DE AGUA NECESARIA

Siendo:

ET_c la evapotranspiración del cultivo.

ET_o la evapotranspiración de referencia.

K_c el coeficiente de cultivo que depende del cultivo a considerar y es de valores variables según transcurre la estación de crecimiento.

K_r el coeficiente reductor, que depende del grado de sombreado de la plantación, es decir, de su tamaño y densidad. Es un valor igual o menor que 1.



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE LA PLANTACIÓN

$$ET_c = ET_o * Kc * Kr$$

ET_c : Cantidad de agua que evapora el cultivo

ET_o : Se obtiene de la red de estaciones autonómicas <http://crea.uclm.es/siar/datmeteo/>

K_c :Varia a lo largo del año:  **0** : Planta sin hojas
> 1 : Máximo estado fenológico

Estado fenológico	Fecha aproximada	Kc medio	Recomendaciones
Reposo	Dic a Marzo	0	Mantener valor constante
Fase I	Abril	0,25	Incrementar
Fase I/II	Mayo	0,8	Incrementar
Fase II	Junio	1,13	Mantener valor constante.
Fase II/III	Julio	1,19	Mantener valor constante
Fase III	Agosto	1,16	Mantener valor constante.
Fase III/Postcosecha	Septiembre	0,93	Disminuir
Postcosecha	Octubre	0,56	Disminuir
Postcosec/Reposo	Noviembre	0,35	Disminuir

Fuente: Irrigation response of Pistachio (*Pistacia vera* L.), (Goldhamer et al., 1985).

III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR



SIAR Recomendaciones de Riego Datos Meteorológicos Estaciones Metodología Publicaciones Aplicaciones Enlaces Contacto

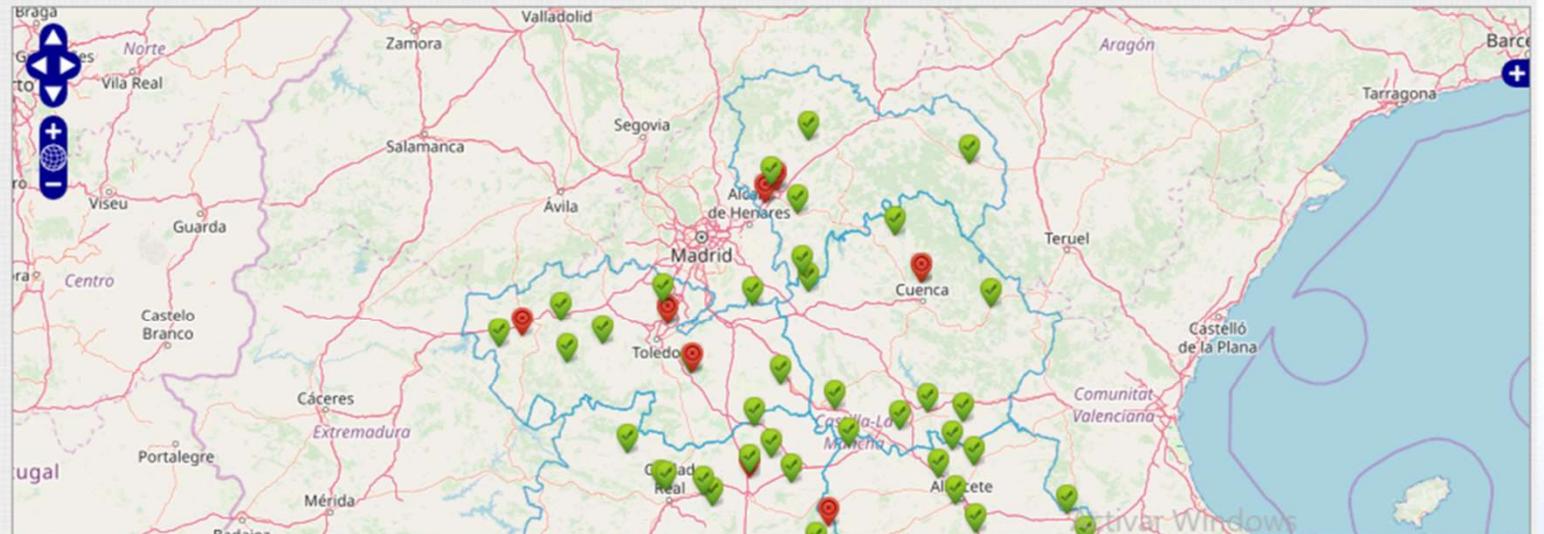
Consulta de datos meteorológicos

Provincia
Ciudad Real

Estación meteorológica

✓ Seleccionar estación

- Actualizada
- Pendiente de actualización
- Baja



Fuente: www.crea.uclm.es/siar/datmeteol/



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

SIAR Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha

SIAR Recomendaciones de Riego Datos Meteorológicos Estaciones Metodología ▾ Publicaciones Aplicaciones ▾ Enlaces Contacto

Consulta de datos meteorológicos

Provincia
Cludad Real ▾

Estación meteorológica
Cludad Real ▾

✓ Seleccionar estación

- Actualizada
- Pendiente de actualización
- Baja

El Cosejal

CM-403

Activar Windows

Fuente: www.crea.uclm.es/siar/datmeteo/



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

Consulta de datos meteorológicos. 📍 Ciudad Real (Ciudad Real)

Diarios | Históricos

i Los datos climáticos de este servicio son obtenidos a partir de la red de estaciones perteneciente al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Fecha inicial: 20/06/2019

Fecha final: 27/06/2019

Tm	Temperatura media	RS	Radiación solar global acumulada
TMA	Temperatura máxima absoluta	Vm	Velocidad media del viento
tma	Temperatura mínima absoluta	VMA	Racha máxima del viento
Hr	Humedad relativa	HS	Horas de sol
Hrmax	Humedad relativa máxima	P	Precipitación
Hrmin	Humedad relativa mínima	ETo	Evapotranspiración de referencia

Fuente: www.crea.uclm.es/siar/datmeteo/



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

Consulta de datos meteorológicos. Ciudad Real (Ciudad Real)

Diarios Históricos

Los datos climaticos de este servicio son obtenidos a partir de la red de estaciones perteneciente al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Fecha inicial

20/06/2019



Fecha final

27/06/2019



Realizar consulta

Cambiar estación

Exportar a Excel

Fecha	Tm (°C)	TMA (°C)	tma (°C)	Hr (%)	Hrmax (%)	Hrmin (%)	RS (MJ/m ²)	Vm (m/s)	VMA (m/s)	HS (horas)	P (mm)	ETo (mm)
20/06/2019	21.1	28.5	10.8	51.3	81	29.1	25.08	1.8	6.9	12.9	0	5.5
21/06/2019	21.4	29.3	11.5	44.3	85.4	16.2	29.95	1.6	6.8	13.1	0	6.2
22/06/2019	22.7	32.8	11.1	39.8	81.8	14.2	27.16	1.1	5.8	12.6	0	5.8
23/06/2019	24.9	34.9	13.2	34.1	65	16.3	27.29	1.4	6.9	12.6	0	6.5
24/06/2019	24.6	33.1	16.4	37.7	64.9	22.5	23.5	1.3	5.4	11.8	0	5.7
25/06/2019	25.5	35.8	14.9	42.1	80.5	16.1	28.09	1.5	3.1	12.8	0	6.8
26/06/2019	26.7	36.3	11.3	40.6	64.7	22.4	28.83	1.4	2.7	13	0	6.7

Ir a la página 1 Mostrar filas: 10 1-7 de 7

Fuente: www.crea.uclm.es/siar/datmeteo/



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE LA PLANTACIÓN

$$ET_c = ET_o * Kc * Kr$$

ET_c : Cantidad de agua que evapora el cultivo

ET_o : Se obtiene de la red de estaciones autonómicas <http://crea.uclm.es/siar/datmeteo/>

K_c :Varia a lo largo del año:  0 : Planta sin hojas
 > 1 : Máximo estado fenológico

Estado fenológico	Fecha aproximada	Kc medio	Recomendaciones
Reposo	Dic a Marzo	0	Mantener valor constante
Fase I	Abril	0,25	Incrementar
Fase I/II	Mayo	0,8	Incrementar
Fase II	Junio	1,13	Mantener valor constante.
Fase II/III	Julio	1,19	Mantener valor constante
Fase III	Agosto	1,16	Mantener valor constante.
Fase III/Postcosecha	Septiembre	0,93	Disminuir
Postcosecha	Octubre	0,56	Disminuir
Postcosec/Reposo	Noviembre	0,35	Disminuir

Fuente: Irrigation response of Pistachio (*Pistacia vera* L.), (Goldhamer et al., 1985).

III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE LA PLANTACIÓN

$$ET_c = ET_o * K_c * K_r$$

K_r: Corregir el efecto tamaño y densidad de plantación

$$K_r = 2 \times Sc / 100$$
$$Sc = (3,14 \times D^2 \times N) / 400$$

Metodología: Fereres et al., (1982)

Siendo:

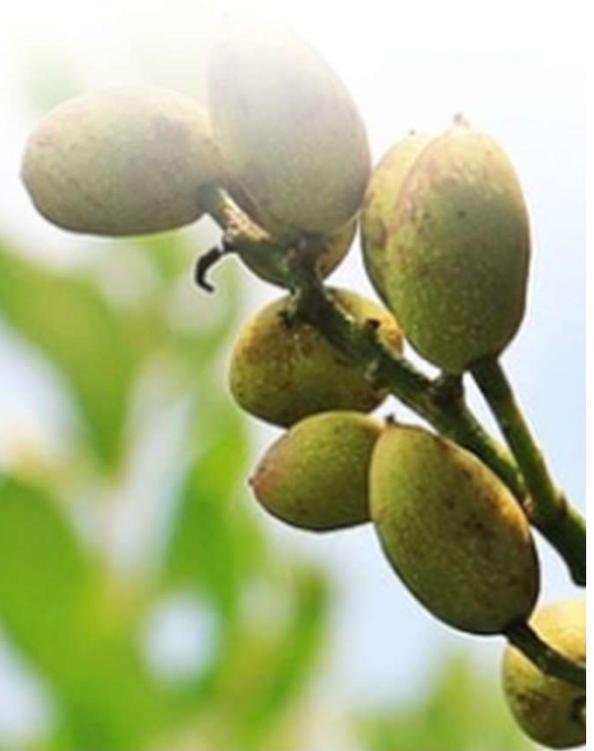
K_r el coeficiente reductor

Sc el porcentaje de superficie cubierta

D el diámetro medio de la copa del árbol en metros

N el número de árboles

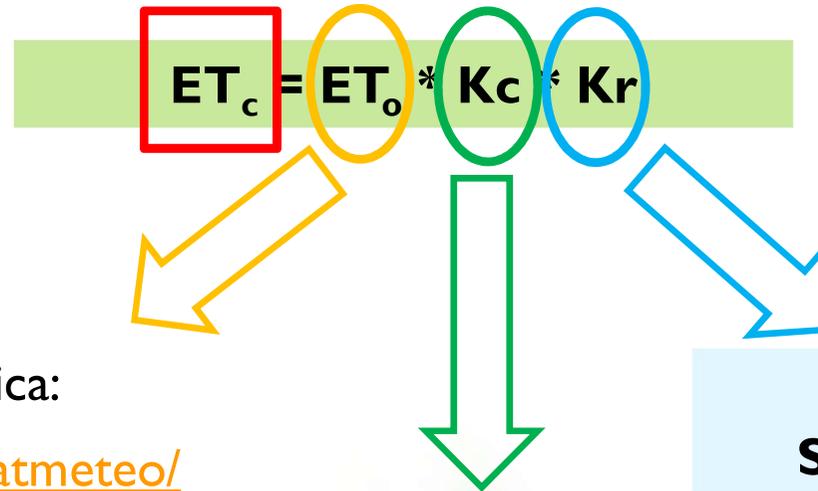
área



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE LA PLANTACIÓN

Ejemplo de cálculo:



Estación meteorológica:

<http://crea.uclm.es/siar/datmeteo/>

$$K_r = 2 \times Sc / 100$$
$$Sc = (3,14 \times D^2 \times N) / 400$$

Cálculo recomendado según la fase de cultivo

Fecha aproximada	Kc medio
Dic a Marzo	0
Abril	0,25
Mayo	0,8
Junio	1,13
Julio	1,19
Agosto	1,16
Septiembre	0,93
Octubre	0,56
Noviembre	0,35



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

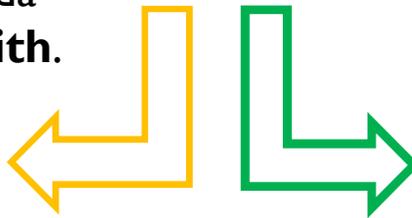
I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE LA PLANTACIÓN

Ejemplo de cálculo:

$$ET_c = ET_o * K_c * K_r$$

ET_o de Ciudad Real (mm/mes) calculada según la ecuación de **Penman-Monteith**.

Mes	ET_o
Enero	29,45
Febrero	45,08
Marzo	82,46
Abril	108,60
Mayo	140,12
Junio	174,90
Julio	195,92
Agosto	173,29
Septiembre	123,00
Octubre	72,54
Noviembre	38,10
Diciembre	25,42
ET_o Estacional*	1.209



Fecha aproximada	K_c medio
Dic a Marzo	0
Abril	0,25
Mayo	0,8
Junio	1,13
Julio	1,19
Agosto	1,16
Septiembre	0,93
Octubre	0,56
Noviembre	0,35

Fuente: *Irrigation response of Pistachio (Pistacia vera L.)*, (Goldhamer et al., 1985).

(1) Media de los datos de los últimos 10 años (Ciudad Real)

(2) * Suma de los resultados mensuales.

FUENTE: *El cultivo del pistacho*, (Couceiro et al., 2017)

III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE LA PLANTACIÓN

Ejemplo de cálculo:

$$ET_c = ET_o * K_c * K_r$$

$$K_r = 2 \times S_c / 100$$
$$S_c = (3,14 \times D^2 \times N) / 400$$

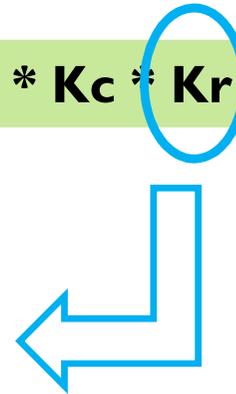
Si $K_r = 1$, interpretamos que se cubre completamente el suelo

Normalmente no es así, por lo que calculemos en base a nuestra plantación

Para el cálculo consideraremos que:

- Plantación de 5 * 5 m
- Plantación de 8 * 4 m
- Diametro medio de arbol 3,5 m

Si K_r no lo considerásemos, interpretaríamos que **plantaciones adultas computan igual que las recién plantadas**



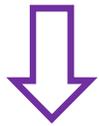
III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE LA PLANTACIÓN

Ejemplo de cálculo:

$$ET_c = ET_o * K_c * K_r$$

$$K_r = 2 \times \frac{Sc}{100}$$



$$Sc = \frac{(3,14 \times D^2 \times N)}{400}$$

$$5 * 5$$



$$Sc = \frac{(3,14 \times 3,5^2 \times (10.000/(5*5)))}{400}$$

$$Sc = 38,465$$

$$8 * 4$$



$$Sc = \frac{(3,14 \times 3,5^2 \times (10.000/(8*4)))}{400}$$

$$Sc = 30,05$$

$$5 * 5$$



$$K_r = \frac{(2 \times 38,465)}{100}$$

$$K_r = 0,77$$

$$K_r = 2 \times \frac{Sc}{100}$$

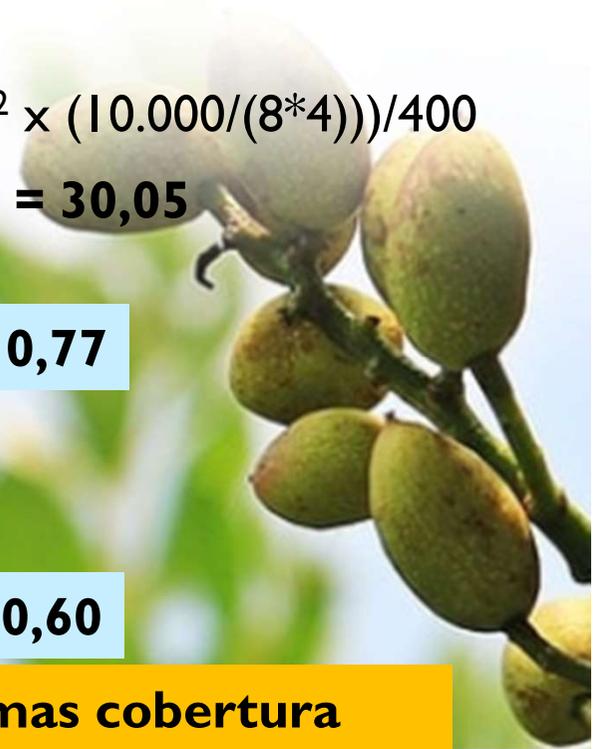
$$8 * 4$$



$$K_r = \frac{(2 \times 30,05)}{100}$$

$$K_r = 0,60$$

A igual tamaño de árbol, con mas densidad habrá mas cobertura



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE LA PLANTACIÓN

Ejemplo de cálculo:

$$ET_c = ET_o * K_c * K_r$$

Mes	Ciudad Real				ET _c (Sin K _r)	ET _c (5*5)	ET _c (8*4)
	ET _o	K _c	K _r (5*5)	K _r (8*4)			
Enero	29,45	0	0,77	0,60	0,0	0,0	0,0
Febrero	45,08	0	0,77	0,60	0,0	0,0	0,0
Marzo	82,46	0	0,77	0,60	0,0	0,0	0,0
Abril	108,6	0,25	0,77	0,60	27,2	20,9	16,3
Mayo	140,12	0,8	0,77	0,60	112,1	86,3	67,3
Junio	174,9	1,13	0,77	0,60	197,6	152,2	118,6
Julio	195,92	1,19	0,77	0,60	233,1	179,5	139,9
Agosto	173,29	1,16	0,77	0,60	201,0	154,8	120,6
Septiembre	123	0,93	0,77	0,60	114,4	88,1	68,6
Octubre	72,54	0,56	0,77	0,60	40,6	31,3	24,4
Noviembre	38,1	0,35	0,77	0,60	13,3	10,3	8,0
Diciembre	25,42	0	0,77	0,60	0,0	0,0	0,0
Tot. Estacional	1.209	-	-	-	939	723,3	563,6

A mas densidad = mas riego

III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. BALANCE DE AGUA

La cantidad de agua a emplear en el riego dependerá:

Precipitación de la zona

Consumo de la planta

Lluvias copiosas en poco tiempo

- Aumento escorrentía
- Perdida en superficie por no filtrar

Se considera que los arboles pueden aprovechar el 70% de la precipitación

OBJETIVO del Balance de Agua:

Estimar la evolución del contenido de agua en el suelo, de manera que podamos permitir el mayor consumo por parte de la planta sin tener en cuenta el riego

Ahorro en cantidad de riego



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. BALANCE DE AGUA

Estimación del agua que la planta puede obtener del suelo se puede calcular de la siguiente forma:

$$\mathbf{DASp = IHD \times Z \times NAP}$$

Siendo:

DASp (Déficit del Agua del Suelo Permisible): la cantidad de agua que puede tomar la planta sin que entre en condiciones de estrés hídrico.

IHD (Intervalo de Humedad Disponible): la cantidad de agua que puede almacenar el suelo por metro de profundidad y que depende de su textura.

Z Profundidad media de las raíces de los árboles en el suelo.

NAP (Nivel de Agotamiento Permisible): el porcentaje de agua del suelo que la planta puede usar dependiendo de la demanda evaporativa. En especies leñosas se suele emplear de manera constante un 70%.



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. BALANCE DE AGUA

A mayor profundidad de explotación radicular:

- Mas disponibilidad de agua
- Mayor valor de DASp

Ojo con el manejo del suelo:

- Excesivos pases de cultivador hacen que se pierdan los primeros centímetros disponibles para la planta (reducción de profundidad).



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

TEXTURA

$$DASp = IHD \times Z \times NAP$$

Textura	IHD (mm/m)	1 m profundidad de raíces (mm)	0,5 m profundidad de raíces (mm)
Arenosa	80,0	56,0	28,0
Franco-Arenosa	120,0	84,0	42,0
Franca	170,0	119,0	59,5
Franco-Arcillosa	190,0	133,0	66,5
Arcilloso-limosa	200,0	140,0	70,0
Arcillosa	230,0	161,0	80,5

IHD: Intervalo de Humedad Disponible.

NOTA: La profundidad de raíces dependerá del desarrollo de la plantación. Para el cálculo del DASp se utiliza un valor de NAP de 0,7 (ver texto).
Elaboración propia. FUENTE: Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agraria. Villalobos et al. (2002).

- Textura arcillosa > capacidad de retención que arenoso
- NUNCA (por buenas condiciones que haya) considerar mas de 1 m de profundidad radicular



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

La estimación de la **evolución del agua del suelo** la haremos según la siguiente aproximación (Villalobos *et al.*, 2002):

$$\mathbf{DAS}_n = \mathbf{DAS}_{n-1} + \mathbf{ET}_c - \mathbf{P}_n$$

Siendo:

DAS_n el déficit del agua del suelo del mes n.

Cuando este valor sea 0 significa que el suelo está completamente saturado de agua.

Si su valor es mayor que el DAS_p (TABLA anterior) indica que la planta está en condiciones de estrés hídrico.

Cuando la precipitación (**P_n**) sea muy grande el valor de **DAS_n** sería negativo lo que significa que se está perdiendo agua por escorrentía y, a efectos de cálculo, tomaremos un valor de 0.

DAS_{n-1} el déficit del agua del suelo del mes n-1.

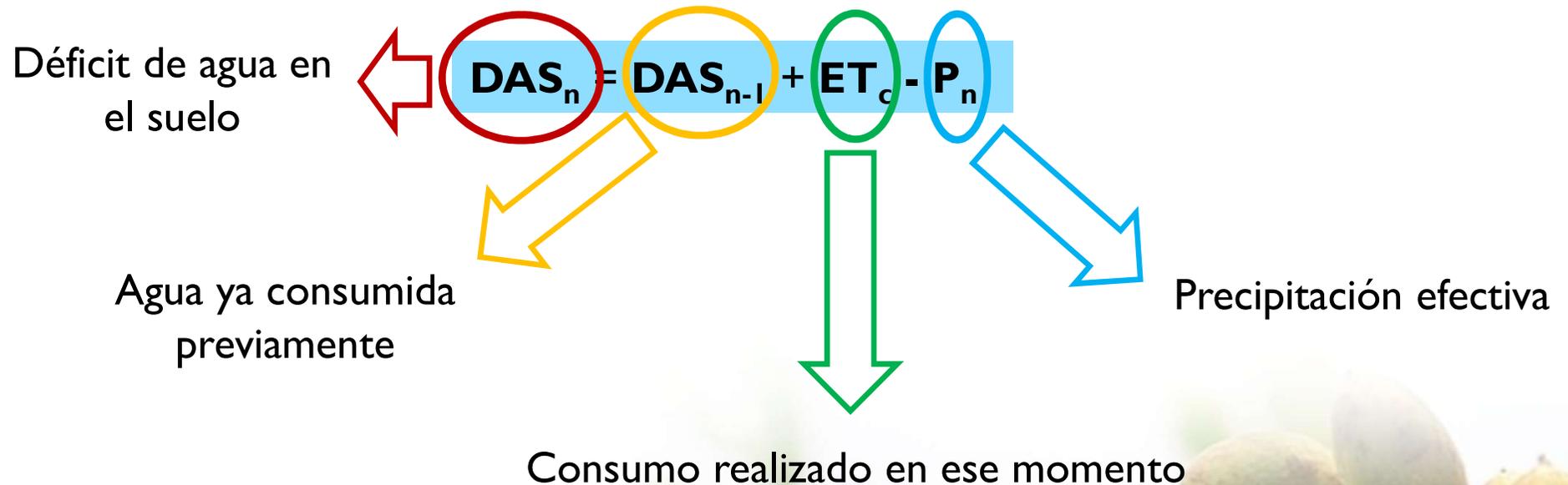
P_n la precipitación efectiva del mes n.



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

La ecuación que presentábamos anteriormente supone:



Este será el balance que nos permitirá estimar el riego

Esto nos permitirá tomar decisiones (Tengo suficiente agua)

SI

RIEGO

NO

CONDICIONES DE ESTRÉS HÍDRICO



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

De cara a realizar el cálculo supondremos:

- Suelo de 2 m de profundidad
- Textura franca
- Plantación en plena producción
- Profundidad raíz a 0,75
- Inicio de año DAS = 0 es decir saturado agua
- Inicio actividad vegetativa = floración (abril)
- Densidad plantación 8 x 4

Comenzaremos calculando “La cantidad de agua que puede tomar la planta sin entrar en DEFICIT HIDRICO”

$$\mathbf{DASp = IHD \times Z \times NAP}$$



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

De cara a realizar el cálculo supondremos:

$$\text{DASp} = \text{IHD} \times \text{Z} \times \text{NAP}$$

Habitualmente el 70%

Textura	IHD (mm/m)	1 m profundidad de raíces (mm)	0,5 m profundidad de raíces (mm)
Arenosa	80,0	56,0	28,0
Franco-Arenosa	120,0	84,0	42,0
Franca	170,0	119,0	59,5
Franco-Arcillosa	190,0	133,0	66,5
Arcilloso-limosa	200,0	140,0	70,0
Arcillosa	230,0	161,0	80,5

0,75 m

IHD: Intervalo de Humedad Disponible.

NOTA: La profundidad de raíces dependerá del desarrollo de la plantación. Para el cálculo del DASp se utiliza un valor de NAP de 0,7 (ver texto).
Elaboración propia. FUENTE: Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agraria. Villalobos et al. (2002).

$$\text{DASp} = \text{IHD} \times \text{Z} \times \text{NAP} = 70 \times 0,75 \times 0,70 = 89,25 \text{ mm}$$

(cantidad de agua disponible que puede tomar la planta)



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

Para conocer la situación de momento de estrés hídrico debemos calcular también el DEFICIT DE AGUA EN EL SUELO:

$$DAS_n = DAS_{n-1} + ET_c - P_n$$

Precipitación efectiva



Agua ya consumida previamente

“Disponibilidad de agua.
Teniendo el cuenta el balance
con el mes anterior”



Consumo realizado
en ese momento

	ET _c
enero	0
febrero	0
marzo	0
abril	16,3
mayo	67,3
junio	118,6
julio	139,9
agosto	120,6
septiembre	68,6
octubre	24,4
noviembre	8
diciembre	0
Estacional	563,6

	Pe
enero	25
febrero	24
marzo	20
abril	31
mayo	30
junio	20
julio	6
agosto	5
septiembre	15
octubre	33
noviembre	29
diciembre	39
Estacional	277

Fuente: El Chaparrillo (IRIAF). FUENTE: Datos de precipitación medios del período 1971-2000 obtenidos en Valores normales y estadísticos de observatorios meteorológicos principales. Instituto nacional de meteorología (2002).

III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

Para conocer la situación de momento de estrés hídrico debemos calcular también el DEFICIT DE AGUA EN EL SUELO (0 = 100% Lleno):

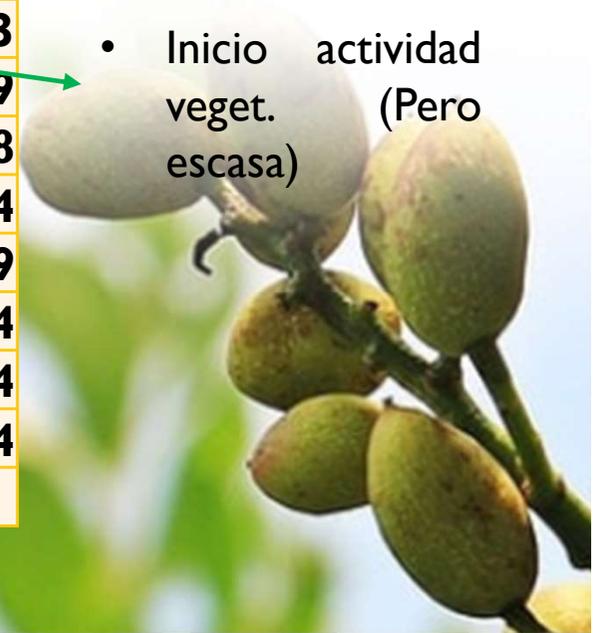
$$DAS_n = DAS_{n-1} + ET_c - P_n$$

	MES	DAS _{n-1} (CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA)	ET _c (AGUA REQUERIDA POR EVAPOT.)	P _n (PRECIPIT. DE ESE MES)		NECESIDAD DE AGUA EN SUELO
DAS_n	enero	0	0	25	-25	0
	febrero	0	0	24	-24	0
	marzo	0	0	20	-20	0
	abril	0	16,3	31	-14,7	0
	mayo	0	67,3	30	37,3	37,3
	junio	37,3	118,6	20	135,9	135,9
	julio	135,9	139,9	6	269,8	269,8
	agosto	269,8	120,6	5	385,4	385,4
	septiembre	385,4	68,6	15	439	439
	octubre	439	24,4	33	430,4	430,4
	noviembre	430,4	8	29	409,4	409,4
	diciembre	409,4	0	39	370,4	370,4
Estacional	370,4	563,6	277	657		

- Saturado de agua
- Mas lluvia que consumo por árbol
- No inicio actividad vegetativa

- Inicio actividad veget. (Pero escasa)

- Momento de máxima necesidad (Fase III)



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

Todo lo calculado anteriormente nos lleva la conclusión de:

Cuando el $DAS_p >$ que el DAS_n , entonces se da condición de estrés y por lo tanto debemos plantearnos el riego

$$DAS_p - DAS_n = \text{¿Riego?}$$

	DAS_p	DAS_n	DAS_p - DAS_n =	
enero	89,25	0	-89,25	Pierde agua por escorrentía
febrero	89,25	0	-89,25	Pierde agua por escorrentía
marzo	89,25	0	-89,25	Pierde agua por escorrentía
abril	89,25	0	-89,25	Pierde agua por escorrentía
mayo	89,25	37,3	-51,95	Pierde agua por escorrentía
junio	89,25	135,9	46,65	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
julio	89,25	269,8	180,55	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
agosto	89,25	385,4	296,15	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
septiembre	89,25	439	349,75	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
octubre	89,25	430,4	341,15	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
noviembre	89,25	409,4	320,15	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
diciembre	89,25	370,4	281,15	Estrés Hídrico ¿RIEGO?

Cantidad de agua que puede tomar la planta (Por su desarr. radicular, prof. suelo, etc)  Necesidad de agua en el suelo  ¿RIEGO? 



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

	DAS_p - DAS_n =	
enero	-89,25	Pierde agua por escorrentía
febrero	-89,25	Pierde agua por escorrentía
marzo	-89,25	Pierde agua por escorrentía
abril	-89,25	Pierde agua por escorrentía
mayo	-51,95	Pierde agua por escorrentía
junio	46,65	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
julio	180,55	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
agosto	296,15	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
septiembre	349,75	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
octubre	341,15	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
noviembre	320,15	Estrés Hídrico ¿RIEGO?
diciembre	281,15	Estrés Hídrico ¿RIEGO?

Quando se riegue es conveniente **NO** recuperar totalmente el perfil (DAS = 0), sino dejarlo en un valor intermedio



Como nuestro **DAS_p = 89,3 mm**



RECUPERAREMOS
hasta 44 mm



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

2. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **BALANCE DE AGUA**

	DASn	50 % del DASp (89,3 mm)	DIFERENCIA	Riego (Acumulado)	Riego (Mensual)	RIEGO (mm) (*10 m³/ha)
enero	0	44	-44	0		0
febrero	0	44	-44	0		0
marzo	0	44	-44	0		0
abril	0	44	-44	0		0
mayo	37,3	44	-6,7	0		0
junio	135,9	44	91,9	91,9	91	90
julio	269,8	44	225,8	225,8	133,9	135
agosto	385,4	44	341,4	341,4	115,6	115
septiembre	439	44	395	395	53,6	50
octubre	430,4	44	386,4	386,4	-8,6	0
noviembre	409,4	44	365,4	365,4	-21	0
diciembre	370,4	44	326,4	326,4	-39	0
						390

III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

3. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **PLANTACIÓN JOVEN**

Se considera joven desde el trasplante (con o sin injerto) hasta máxima producción

Es más **difícil estipular necesidades** de arboles jóvenes

Menores necesidades



Mas difíciles de evaluar

No podemos utilizar el método de calculo anterior ya que existen limitaciones:

- Difícil estimar profundidad raíces jóvenes
- Tamaño del árbol pequeño

Según el método de calculo como el tamaño es pequeño, en teoría **no sería necesario regar!!**

Por ello se establece la siguiente **RECOMENDACIÓN:**

- **Periodo I** = desde trasplante a tamaño mínimo (Riego similar y constante)
- **Periodo II** = desde tamaño mínimo (método de balance de agua “no mas de 0,5 m prof. raiz”)



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

3. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. **PLANTACIÓN JOVEN**

¿Cuál es el tamaño mínimo?

$K_r = 0,25$ y profundidad de raíz aproximada de 0,25 m
(**IMPORTANTE: Favorecer las condiciones de crecimiento**)



Posteriormente: RIEGO según BALANCE DE AGUA



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

3. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO. PLANTACIÓN JOVEN

ARBOLES PEQUEÑOS:

- Riegos mas cortos y frecuentes
- La disminución de $K_r = 0,6$ a $0,25$ hace que se pase de una ET_c 564 mm/año a 235

	Ciudad Real			
Mes	Pe (mm)	ET_c (mm)	R (mm)	DAS (mm)
Enero	25	0,0	0	0
Febrero	24	0,0	0	0
Marzo	20	0,0	0	0
Abril	31	6,8	0	0
Mayo	30	28,0	0	0
Junio	20	49,4	15	14
Julio	6	58,3	50	16
Agosto	5	50,3	45	17
Septiembre	15	28,6	0	30
Octubre	33	10,2	0	8
Noviembre	29	3,3	0	0
Diciembre	39	0,0	0	0
Estacional	277	234,8	110	

DEFICIT de agua
(25 cm raíz)



NOTAS: Las densidades de plantación son en ambas localidades de 8 x 4 m, profundidad de raíces de 0.25 m en un suelo franco ($DASp=30$ mm).
FUENTE: El Chaparrillo. Datos de precipitación medios del periodo 1971-2000 obtenidos en: Valores normales y estadísticos de observatorios meteorológicos principales. Instituto nacional de meteorología (2002).

RIEGO

III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

4. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)

Las cantidades anteriormente calculadas son las ideales para el cultivo, pero...!



EXCESIVAMENTE ELEVADAS PARA CUBRIRLAS

(En la mayor parte de ESPAÑA, o periodos de sequia donde no dispongamos de ella)

Las estimaciones que hemos realizado (CIUDAD REAL) determinan:

- **PLANTACIONES JOVENES = 110 mm**
- **PLANTACIONES ADULTAS = 360 mm**



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

4. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)

RDC

Aplicar dotación de riego por debajo de la que la planta precisa en un momento fenológico concreto y que el efecto sobre la cosecha sea poco significativo

Hay que tener en cuenta que aunque existan estados identificados como RESISTENTES, una falta de agua excesiva provocará una disminución considerable de la cosecha, por ello RECORDEMOS:

- **FASE II = MAS RESISTENTE**
- **FASE III = MAS SENSIBLE**



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

4. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)

ESTRATEGIAS

Supongamos que nuestra **dotación de agua es de 1.500 m³/ha**

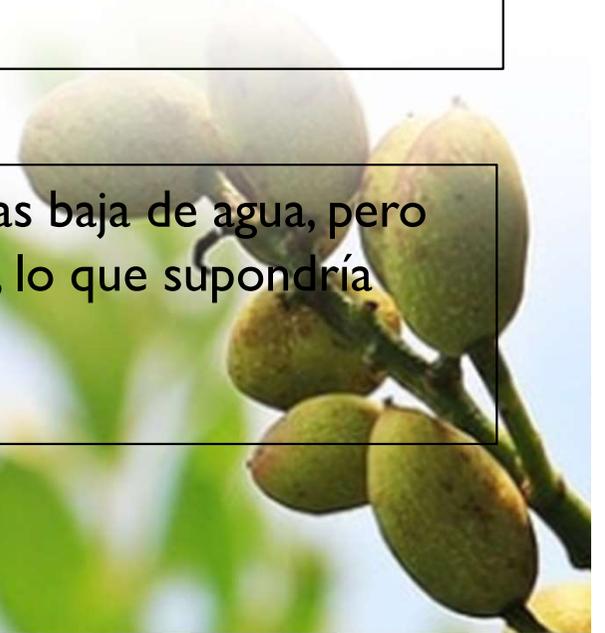
Según nuestros cálculos, solo podríamos regar en AGOSTO (120mm) y parte de JULIO

En estas condiciones tan severas, debemos retrasar hasta agosto el riego para poder contraatacar en la fase mas sensible.

Este manejo supondría una reducción fuerte de cosecha, pero es la mejor estrategia

Podría regar continuamente desde junio con una cantidad mas baja de agua, pero **NO MEJORARÍA** en ningún momento el estado de la planta, lo que supondría

Reducir aun mas la cosecha



III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

4. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)

ESTRATEGIAS

Si no tengo mas de 3,000 m³/ha ¿debo plantearme **NO** invertir en riego?



Si nuestra dotación de agua es pequeña:

- Debemos ajustar la densidad de arboles desde el inicio

¿Entonces que cantidad mínima de agua necesito para afrontar la inversión?

- Consideremos que normalmente se conceden entre 750 y 1500 m³/ha

INSUFICIENTES (para plantación adulta)

Sin embargo su uso adecuado, podría compensar la inversión

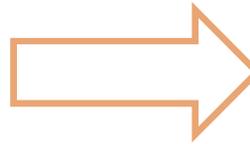


III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

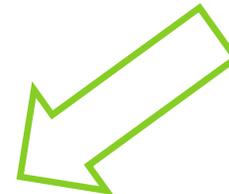
4. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)

ESTRATEGIAS

En plantaciones **JOVENES** si tengo solo 75 mm



Solo cubro:
2 MESES



Concentramos riego al comienzo de la estación

(Me aseguro un periodo mas largo de crecimiento de cara a obtener la máxima producción)

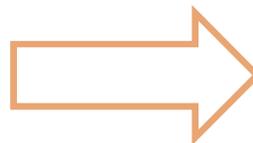


III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

4. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)

ESTRATEGIAS

En plantaciones **ADULTAS** si la dotación es pequeña



Regar en **FASE III**



Con ello aumento el valor de la cosecha
(Mejora cantidad de fruto abierto, respecto a secano)

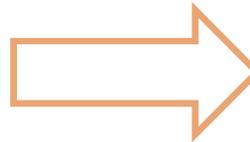


III. CANTIDAD DE AGUA A APLICAR

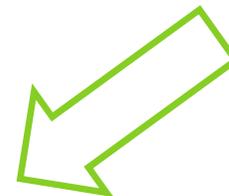
4. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)

ESTRATEGIAS

En plantaciones **ADULTAS** si la dotación es pequeña



Disminuir **SUPERFICIE**
Aumentar **DOTACIÓN**



Al principio el agua es fundamental, pero en estado adulto la necesidad es mucho mas elevada
(Comenzar regando:
15 ha con 1.000 mm³/ha y según vaya creciendo pasar a regar 5 ha con 3.000 m³/ha)



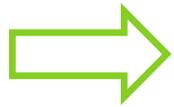
IV. DISTRIBUCION DE AGUA EN EL SUELO

**POCA
PROFUNDIDAD**



- La copa se encuentra bajo la proyección de su copa sobre la superficie del suelo (interesante colocar goteros en función de su desarrollo)
- En C-LM suelo poco prof. con 40 cm suelo donde se acumula el 80% de las raíces.

**SUELOS
PROFUNDOS**

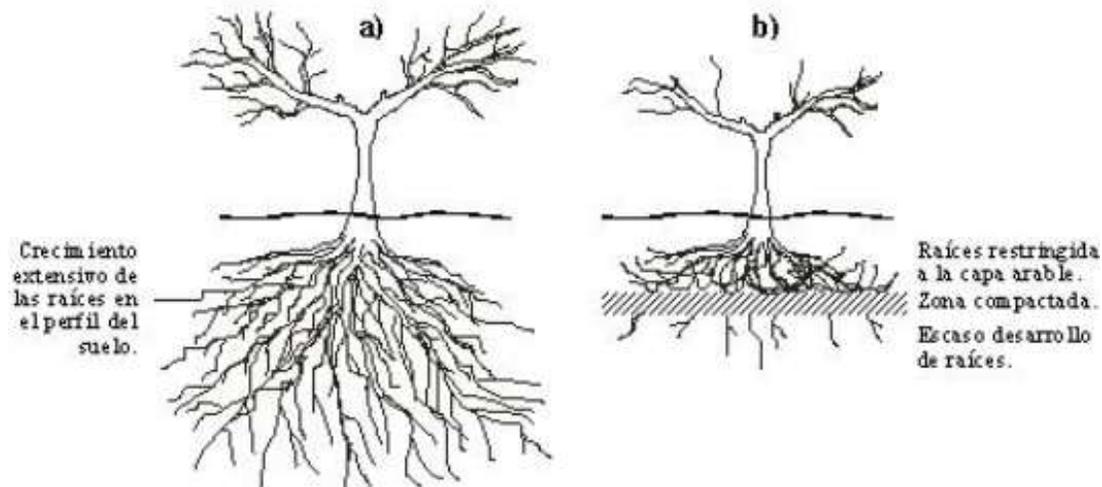


Raíces desplegadas mas allá de la proyección de la copa (sobre todo lateralmente).



IV. DISTRIBUCION DE AGUA EN EL SUELO

RAICES EN EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA



Fuente: www.agro20.com

RAICES EN PLANTA DESARROLLADA



Fuente: www.oliviculturadeprecisión.com

- Raíces se concentran cerca del bulbo húmedo
- Número de goteros escaso = aumento densidad radicular (exceso)
- Exceso de raíces en un bulbo = reducción eficiencia nutricional
- Debemos ir **APARTANDO** goteros según vaya creciendo el árbol
- 2 líneas con 4 – 8 goteros por línea a uno y otro lado del árbol alejándolas según desarrollo

V. PRIMERAS CONCLUSIONES

PLANTACIONES JOVENES

Al realizar plantación dar un riego de asiento/bienvenida para que se produzca un cuerpo entre el sistema radicular y la tierra y se produzca el aclimatado correcto.

- Después de trasplante:
 - Sin injertar: 5 -15 litros / árbol
 - Injertada: 20-30 litros / árbol

REGAR = Cuando el suelo este seco en sus primeros 10-15 cm

- Años sucesivos:
 - Aplicar cálculos mencionados
 - Aumentar número goteros (según desarrollo árbol, profund. Raíces y fase)
 - Frecuencia de riego en base a textura
 - Labores culturales (Pase de cultivador entre calles = en escaso desarrollo)

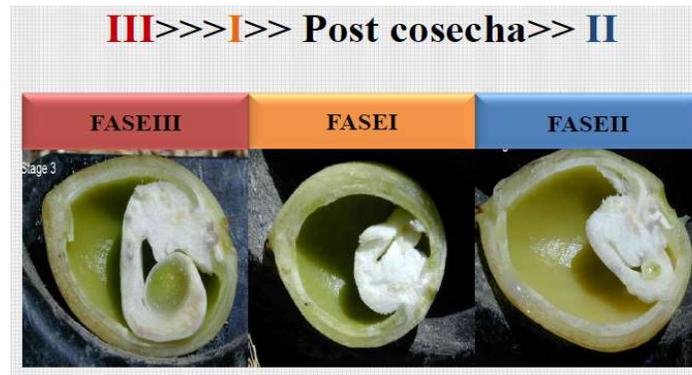
**En estadio joven, intentar regar al menos los 3 primeros años (al menos de apoyo) ,
posteriormente podría pasar a secano**



V. PRIMERAS CONCLUSIONES

PLANTACIONES ADULTAS

- Con disponibilidad de agua ilimitada y suelo profundo:
 - Según cálculos
- Con disponibilidad de agua de 1.000 / 1.500 m³/ha
 - Según estado fenológico
 - Cubrir según fases



- Octubre: recuperación tras la cosecha y acumulación de reservas hasta primeros fríos del otoño
- Labores culturales (CUIDADO pase de cultivador entre calles = alto desarrollo radicular)



V. PRIMERAS CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

- Resistente a la falta de agua
- Económicamente viable en condiciones de secano
- Alta productividad del agua aplicada
- $\text{RIEGO bruto} = \text{RIEGO neto} / \text{eficiencia del sistema}$ (Salinidad, uniformidad distribución, etc)
- Patrón *TEREBINTHUS* (Cornicabra) puede incrementar la tolerancia a la sequia de la variedad Kerman (Hembra) y por lo tanto reducir estrés.
- Correcto dimensionamiento del diseño hidráulico
- Poda a 80/90 cm vs 110/120 cm (Reducción pérdida de carga y bombeo)
- OJO Con los protectores (no microperforados = exceso humedad = hongos), favorece la lucha contra heladas tardías



V. PRIMERAS CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

- Alta humedad relativa = Dificulta la polinización (transporte)
- Correcta elección del marco de plantación (tipo de suelo, capa freática, disponibilidad de riego, etc)



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

NECESIDADES NETAS Y NECESIDADES BRUTAS

¡¡IMPORTANTE!!

Las diferentes estrategia de riego definidas nos sirven para calcular las **NECESIDADES NETAS DEL CULTIVO**, esto es que para que esta agua llegue realmente a la planta va a ser necesario aplicar una cantidad extra de agua.

La cantidad total de agua aplicar la denominaremos **NECESIDADES BRUTAS DEL CULTIVO**, y va a depender principalmente de la eficiencia de aplicación, de la salinidad (si existe) y de la uniformidad de distribución del agua.



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

EFICIENCIA DE APLICACIÓN

Depende del tipo de riego y del manejo. El riego por goteo es el de mayor eficiencia por tener menos pérdidas.

EFICIENCIA DE APLICACIÓN

$\text{Aplicada} = \text{Filtración profunda} + \text{Almacenada} + \text{Escorrentia}$



Fig. 1 Representación de la eficiencia del riego

Tabla 1: “Valores de eficiencia de aplicación (Ea) para riego localizado según textura predominante del suelo”

Valores de eficiencia de aplicación		
<i>Arena</i>	<i>Limo</i>	<i>Arcilla</i>
0,85	0,90	0,95



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

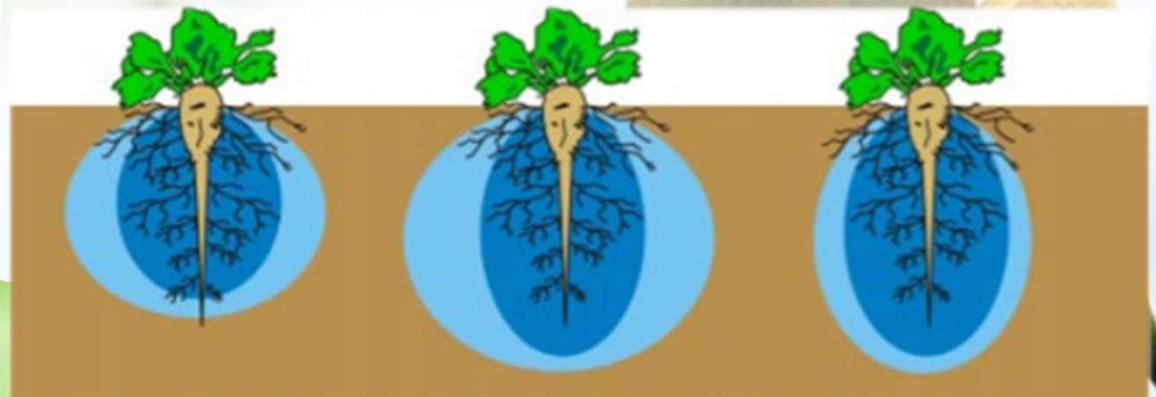
Como se distribuye el agua en el suelo va a depender del tipo de suelo y de las características de funcionamiento de los emisores de riego (turbulento vs. Autocompensante)

!!Conviene evaluar la eficiencia de los goteros;
Test de uniformidad

Mayor uniformidad implica HOMOGENEIDAD en distribución de agua



Reducción de uniformidad implica DIFERENCIAS en el tamaño del bulbo húmedo



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

DISEÑO HIDRÁULICO, RIEGO EFICIENTE

La velocidad de circulación de agua en tuberías:

- Principales y secundarias será como máximo de 2,5/3 m/s.
- Laterales o ramales de riego 1,5/2 m/s (mayores pérdidas de carga por las tuberías de menor diámetro).

Mínima velocidad de circulación de agua en tuberías:

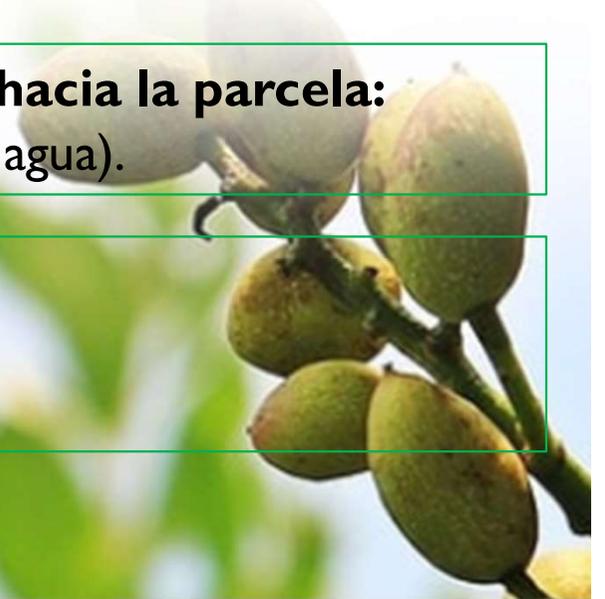
- Igual o superior a 0,5 m/s para evitar sedimentación en el interior de las conducciones.

Pérdida de presión en tuberías generales de distribución hacia la parcela:

- Inferior al 0,5% (En 100 m, un máximo de 5 m de columna de agua).

Diferencia máxima de caudal:

- 10% en la unidad de riego
- En goteros autocompensantes esta diferencia es absorbida.



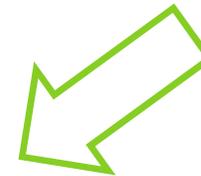
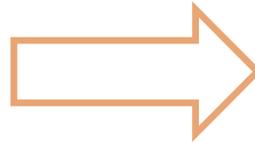
VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

RIEGO POR INUNDACIÓN

RIEGO MEDIANTE CUBA

RIEGO POR GOTEO



- BARATO
- EFICIENTE (85-95%)
- FACIL MANEJO
- GENERA MENOS ENFERMEDADES

Riego Localizado de Alta Frecuencia (RALF)

*Enterrado (aumento eficiencia/menos ataque de herbívoros/menos molestias en labores)

*Sin enterrar (menor costo)

*Integrados o pinchados,

*Turbulentos (posible variación de dosis) o autocompensantes (recomendado)



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

Goteo



VARIACIÓN DEL CAUDAL EN GOTEROS TURBULENTOS

CAUDALES SEGÚN PRESIÓN

	0,2 bar	0,4 bar	0,6 bar	0,8 bar	1,0 bar	1,5 bar	2,0 bar	2,5 bar	3,0 bar
0,80	0,38	0,52	0,63	0,72	0,80	0,96	1,10	1,22	1,32
1,00	0,46	0,64	0,78	0,90	1,00	1,21	1,39	1,55	1,69
1,50	0,72	0,98	1,19	1,35	1,50	1,81	2,06	2,29	2,49
2,00	0,92	1,29	1,57	1,80	2,00	2,43	2,79	3,11	3,39
3,00	1,39	1,94	2,35	2,70	3,00	3,65	4,19	4,66	5,09
4,00	1,91	2,62	3,16	3,61	4,00	4,82	5,50	6,10	6,63

VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

GOTEROS AUTOCOMPENSANTES

LARGOS MÁXIMOS DE TUBERÍA EN SUELO LLANO

Presión al final del lateral: 5 m.c.a.

UNIRAM 16/120, 16/100 y 16/90	Presión de entrada (bar)		Distancia entre goteros (m)						
			0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
	0,7 l/h	1,0	96	137	176	213	247	279	340
2,0		139	200	257	311	361	410	500	543
3,0		165	239	306	371	431	489	598	649
4,0		185	268	344	417	485	550	673	731
1,0 l/h	1,0	76	109	140	169	196	222	270	293
	2,0	110	158	204	246	286	325	397	431
	3,0	131	189	243	294	342	388	474	515
	4,0	147	212	272	330	384	436	534	580
1,6 l/h	1,0	56	80	103	124	144	163	200	216
	2,0	81	116	150	181	211	239	293	318
	3,0	96	139	178	216	252	286	350	380
	4,0	108	155	200	243	283	321	393	428
2,3 l/h	1,0	44	63	81	98	114	130	158	171
	2,0	64	92	118	143	167	189	231	251
	3,0	76	109	141	171	199	226	276	301
	4,0	85	122	158	192	223	253	311	338
3,5 l/h	1,0	33	48	62	75	87	99	121	131
	2,0	48	70	90	109	127	144	176	192
	3,0	57	83	107	130	151	172	211	229
	4,0	64	93	120	146	170	193	237	258

VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

RIEGO POR GOTEO SUPERFICIAL

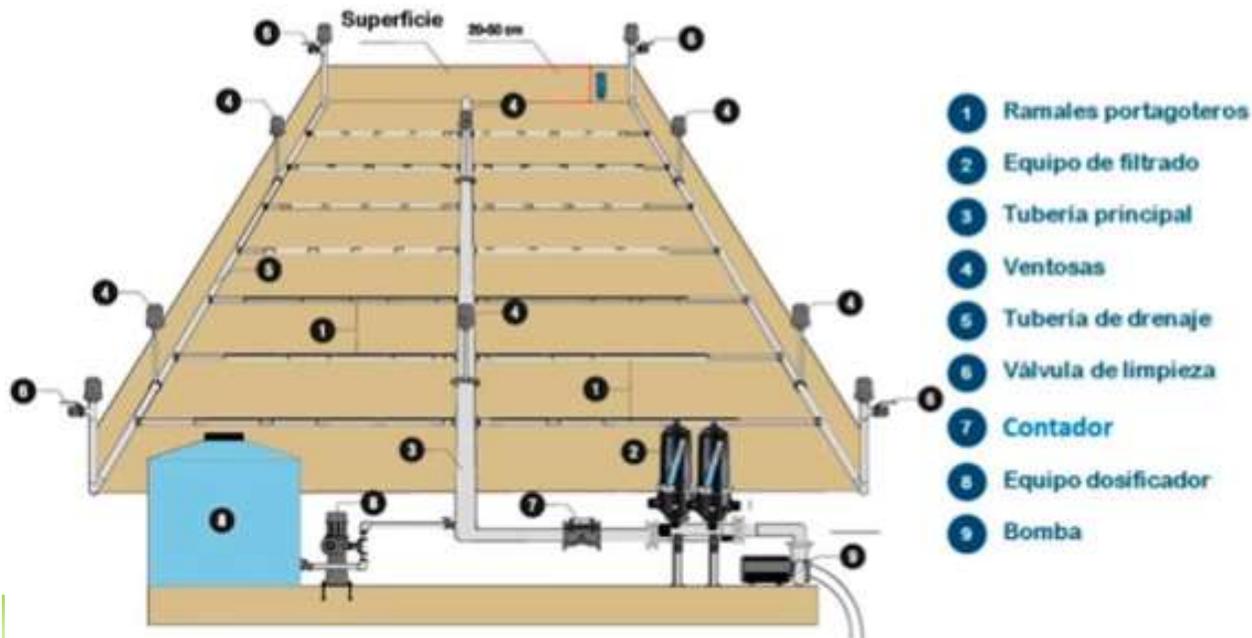


VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO

Esquema RGS:



Fuente: www.emaze.com

- Se busca franja continua de humedad, riego en zona radicular
- Limitantes: suelos drenantes (arenosos) y el agricultor (cambio manejo)
- Gotero específico para riego subterráneo: autocompensate y antisucción
- Líneas de goteros terminan en tubería de drenaje, importante válvula de limpieza

VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

SISTEMA DE RIEGO

GOTEROS



En proporción al crecimiento de la planta



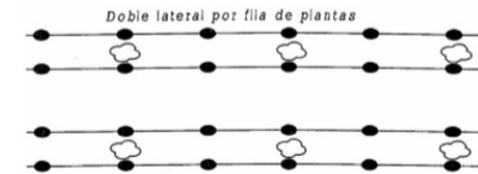
Árbol joven

- 2 goteros a 50 cm del tronco

Árbol adulto

- Incrementar numero de goteros

- Normalmente se recomienda una línea de gotero en el año 1 y 2.
- A partir del año 3, incluir una segunda línea de goteros



Disposición para cultivos leñosos con sistemas radiculares superficiales.

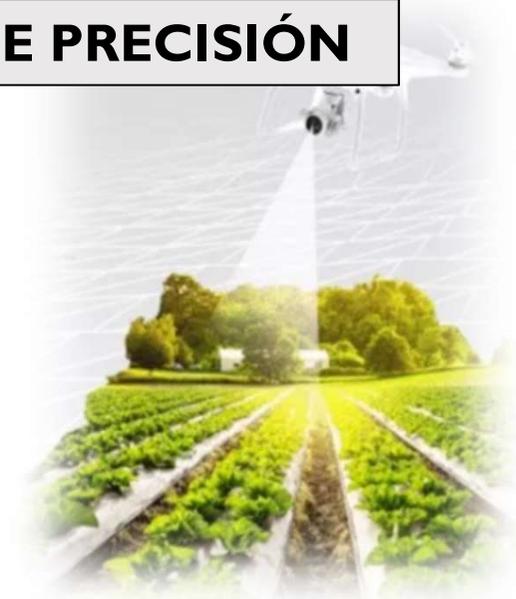
El número de líneas de riego, el de los goteros y su caudal, dependerá de la dosis a aplicar.

VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

NUEVAS TECNOLOGÍAS / AGRICULTURA DE PRECISIÓN

NVDI

- Fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida por las plantas (fotosíntesis)
- En función de la cubierta vegetal



MANNA IRRIGATION

<https://es.manna-irrigation.com/>

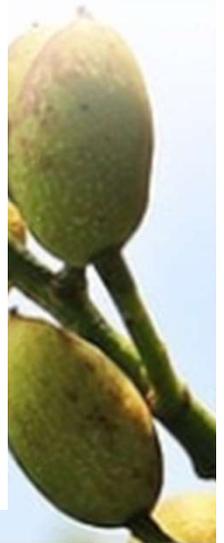
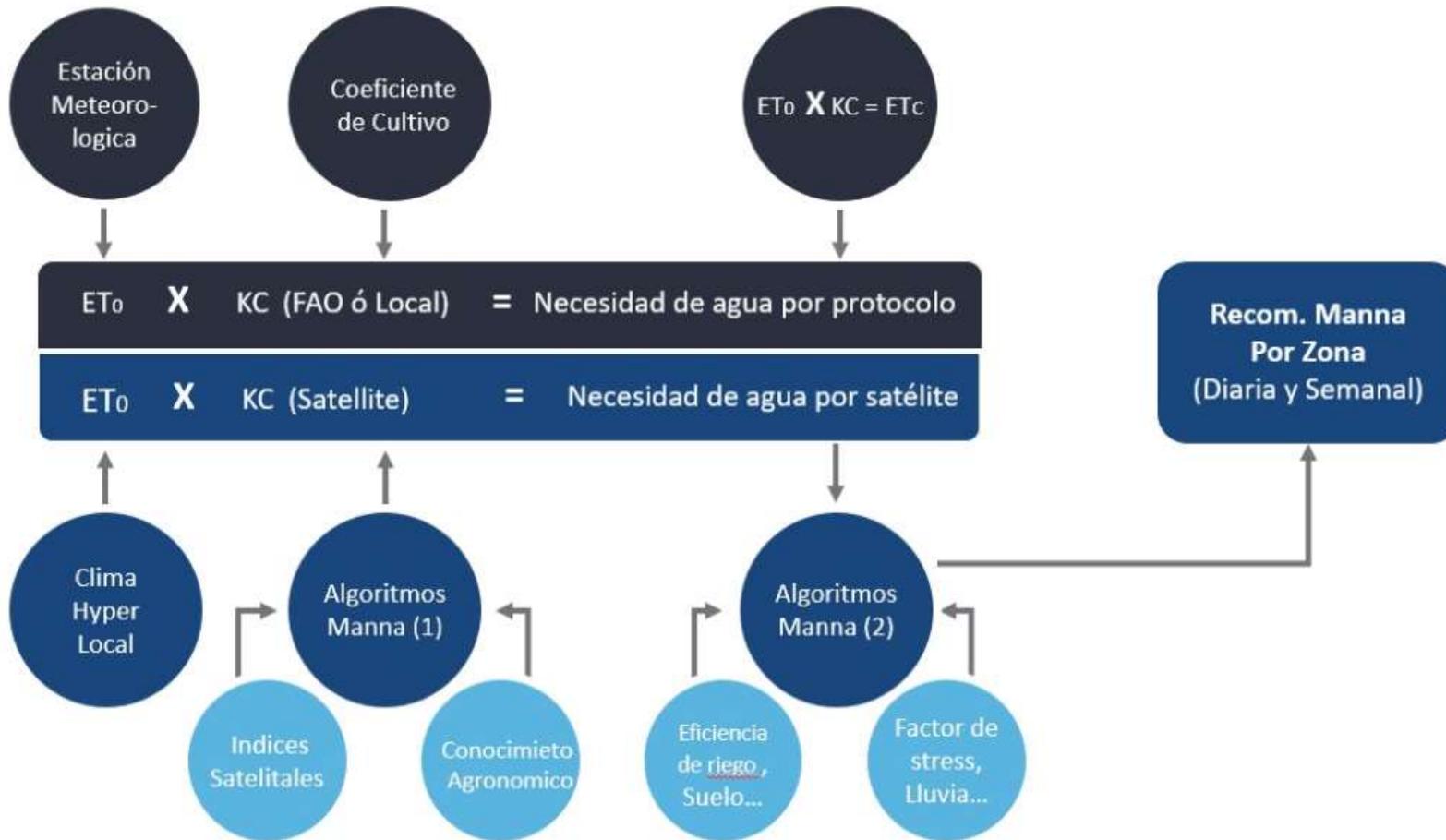


VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

NUEVAS TECNOLOGÍAS / AGRICULTURA DE PRECISIÓN

MANNA IRRIGATION

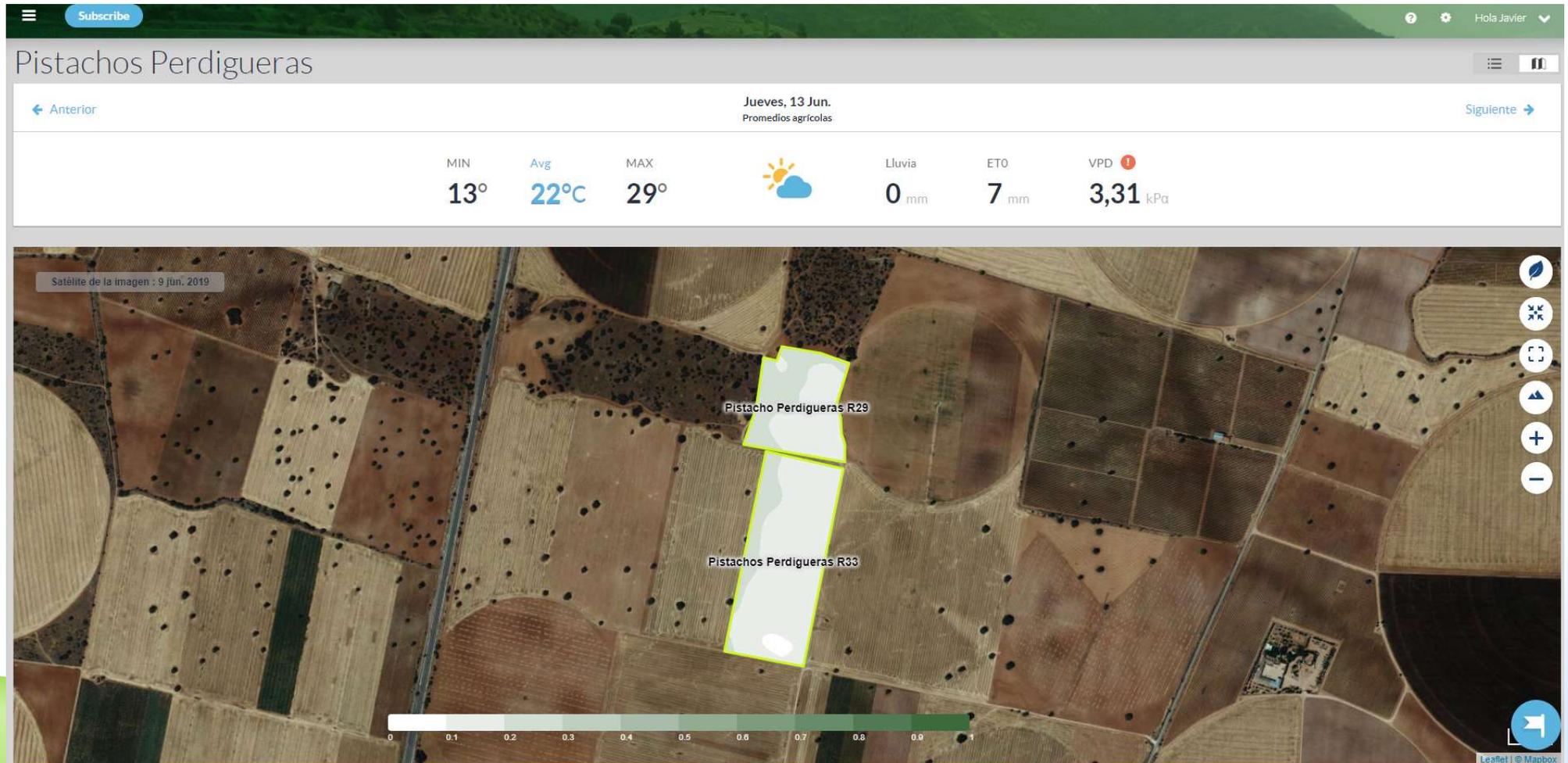
Manna y el modelo de la Evapotranspiración



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

NUEVAS TECNOLOGÍAS / AGRICULTURA DE PRECISIÓN

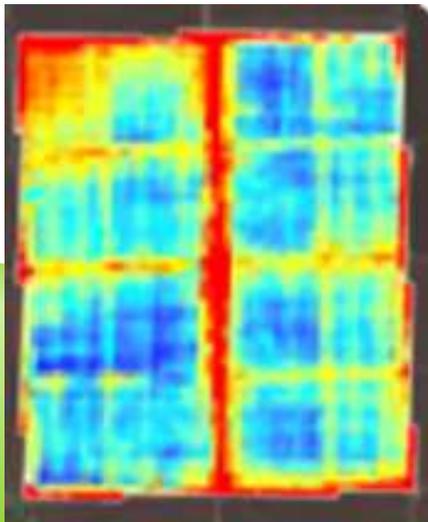
MANNA IRRIGATION



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

NUEVAS TECNOLOGÍAS / AGRICULTURA DE PRECISIÓN

MANNA IRRIGATION



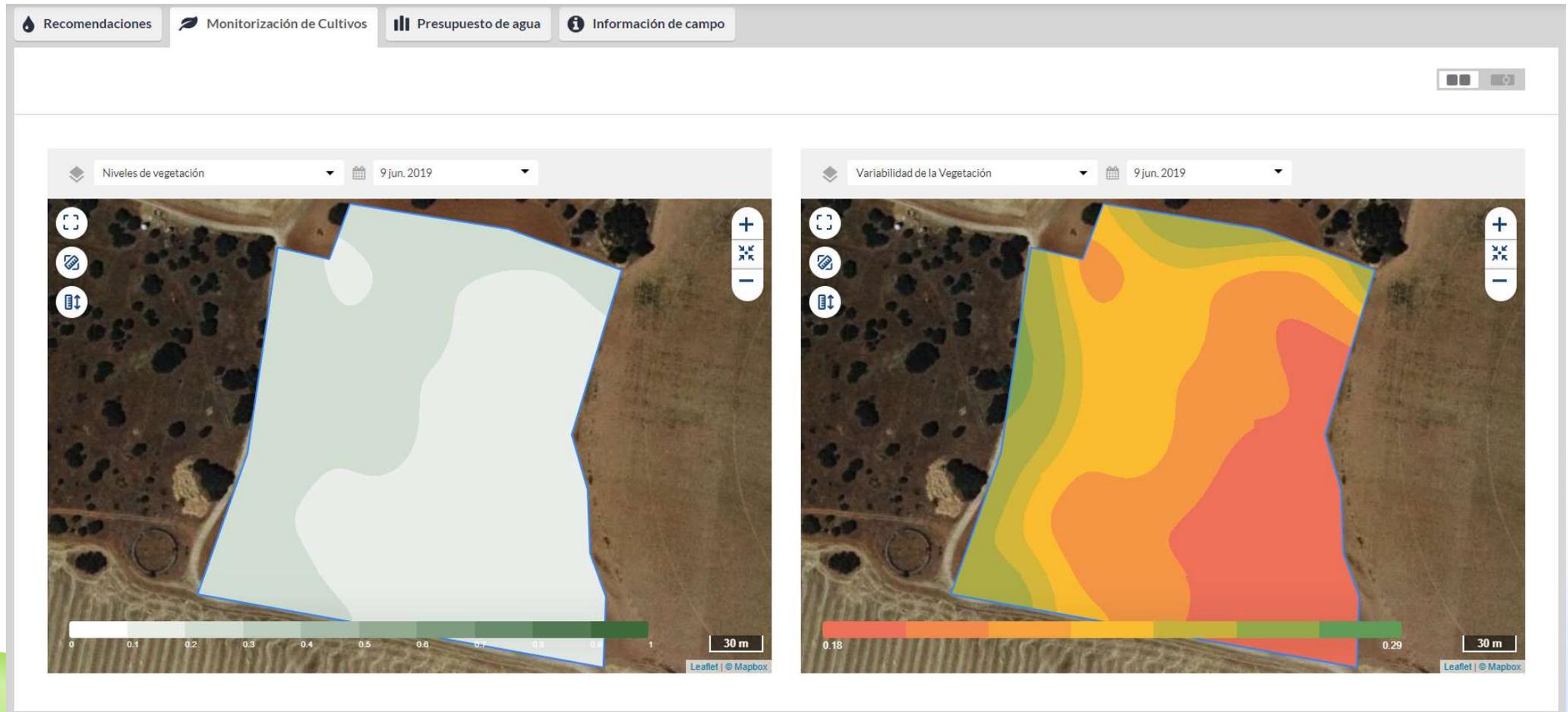
- Mapa de humedad de las plantas
- Permite diferenciar donde tienes el estrés
- Mapas de variabilidad en la vegetación



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

NUEVAS TECNOLOGÍAS / AGRICULTURA DE PRECISIÓN

MANNA IRIGATION



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

NUEVAS TECNOLOGÍAS / AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Pistachos Perdigueras
Pistacho Perdigueras R29
 Pistacho • 4,3 ha • Riego: 1 de abril de 2019 - 2 de septiembre de 2019

MANNA IRIGATION

Lluvia efectiva semanal: 0 mm

Recomendaciones | Monitorización de Cultivos | Presupuesto de agua | Información de campo

TEMPORADA AGREGADA HASTA LA FECHA - SEMANA 24



Planificado	Real	Balance
89.5 mm	0 mm	89.5 mm
21%	0%	21%

TEMPORADA AGREGADA HASTA LA FECHA

Completo | Básico

TABLA | GRÁFICO

Semana	Planificado				Real			
	Riego mm/Sem.	Acumulado mm	Propuesto %		Recomendada mm/Sem.	Irigado mm/Sem.	Acumulado mm	Propuesto %
14	18r.2019	0	0	0%		3	0	0%
15	68r.2019	0	0	0%		0	0	0%
16	158r.2019	0	0	0%		1.2	0	0%
17	228r.2019	2	2	0%		0.9	0	0%
18	298r.2019	2.5	4.6	1%		2.6	0	0%
19	6máy.2019	2.3	6.8	2%		0	0	0%
20	13máy.2019	14.3	21.1	5%		7	0	0%
21	20máy.2019	4.7	25.8	6%		0	0	0%
22	27máy.2019	21.3	47.1	11%		19.6	0	0%
23	3jun.2019	23.2	70.2	16%		21.1	0	0%
24	10jun.2019	19.3	89.5	21%		20.3	0	0%
25	17jun.2019	26.1	115.6	27%				0%
26	24jun.2019	41.8	157.3	37%				0%
27	1jul.2019	37.9	195.2	46%				0%
28	8jul.2019	44	239.2	56%				0%
29	15jul.2019	42.3	281.5	66%				0%

VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

NUEVAS TECNOLOGÍAS / AGRICULTURA DE PRECISIÓN

MANNA IRRIGATION

Pistachos Perdigueras
Pistacho Perdigueras R29
Pistacho • 4,3 ha • Riego: 1 de abril de 2019 - 2 de septiembre de 2019

Recomendaciones | Monitorización de Cultivos | Presupuesto de agua | Información de campo

0 Litros efectivos semanales

INFORMACIÓN DEL CAMPO | GEOMETRÍA DEL CAMPO

Nombre: Pistacho Perdigueras R29

CULTIVO

Tipo: Pistacho
Tamaño del área del campo: 4,3 ha
Inicio de Temporada: 01/04/2019
Inicio del Riego: 01/04/2019
Final de Riego: 02/09/2019
Fin de temporada: 02/09/2019
Tabla Kc: FAO_PIS_W22
Males Herbales: Bajo

[Editar estado de crecimiento](#)

SISTEMA DE RIEGO

Tipo: Goteo
Eficiencia: 95 %
Tasa efectiva: 0,6 mm/h
Factor operativo: 100 %

SUELO

Textura: Arena arcillosa
Salinidad (dS/m): Bajo (0-2)
Materia orgánica (%): Bajo (0-3)

NOTAS
Año plantación, consorcio/injerto Marco de plantación 7 m entre líneas, 5 m entre árboles (7x5); 2 gerosos por árbol de 1,5 l/h (cada 5 m) Programación de riego: 8 horas a la semana Se desconoce si los gerosos son turbulentes o autocompensante y la presión de trabajo de la instalación. Restar esta información!!

SISTEMA DE RIEGO

Tipo	Goteo
Eficiencia	95 %
Tasa efectiva	0,6 mm/h
Factor operativo	100 %

SUELO

Textura	Arena arcillosa
Salinidad (dS/m)	Bajo (0-2)
Materia orgánica (%)	Bajo (0-3)



VI. SISTEMAS DE RIEGO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

NUEVAS TECNOLOGÍAS / AGRICULTURA DE PRECISIÓN

MANNA IRRIGATION



Enrique Punzón Fernández
Responsable de Agricultura de Precisión en RIEGOS TDJ
a.precisión@riegostdj.com



Mario González-Mohino Palacios
Manager support Iberica
Gonzalez.mario@manna-irrigation.com



Universidad
Internacional
de Riego

WWW.UNIVERSIDADDERIEGO.COM

INFO@UNIVESIDADDELRIEGO.COM



VII. ULTIMAS CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

- Muy importante conocer bien el sistema de riego:
 - ✓ Tipo de gotero
 - ✓ Punto de trabajo de los goteros (presión, caudal)
 - ✓ Uniformidad de los goteros
 - ✓ Diseño hidráulico adecuado de la instalación
 - ✓ Componentes del sistema de riego necesarios (tipo de gotero, filtro,...)
 - ✓ Manejo y mantenimiento
- Todos los sistemas de riego son válidos, lo importante es aplicar la cantidad de agua que necesita el cultivo en el momento adecuado de la forma mas eficiente.
- Existen sistemas de riego mas eficientes que otros. Hoy en día el más eficiente es el goteo.
- La tecnología nos proporciona información útil sobre la cantidad de agua a aplicar. Requieren de una inversión anual y de un tiempo de adaptación a la explotación, pero son un gran apoyo para la gestión del agua disponible.



VIII. FUENTES CONSULTADAS

- Calera. A., (2019). **Determinación de las necesidades de agua y de riego mediante estaciones meteorológicas y series temporales de imágenes multispectrales.** Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), sección de teledetección y SIG.
- Couceiro. J. F., Guerrero. J., Gijón. M. C., Moriana. A., Rodríguez. M., (2017). **El cultivo del pistacho, segunda edición.** Editorial Mundiprensa, Capítulo 18, el riego.
- Lopez. R., (2019). **Resultados de riego deficitario controlado en leñosos.** Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP), Sección Investigación Manejo del Agua.
- Matinez. F. J., (2018). **15 años de riego por goteo subterráneo: tecnología, experiencia y conocimiento.** Riegos AZUD.
- Perez. D., Memmi., H., (2018). **Ponencia “El riego del pistachero”.**
- Villalobos et al., (2009). **Fitotécnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola.** Editorial Mundiprensa.



VIII. FUENTES CONSULTADAS

Páginas web / instituciones y empresas consultadas:

- Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (**CENTER**)
- Centro Regional de Estudios del Agua (**CREA**)
- Iberopistacho S.L., (<https://iberopistacho.com>)
- Instituto Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha, “El Chaparrillo” (**IRIAF**)
- Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete (**ITAP**)
- Manna Irrigation Intelligence, (<https://es.manna-irrigation.com>)
- Rivulis Irrigation, (<https://rivulis.com>)
- Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha (**SIAR**)
- TDJ Riegos, (<http://www.riegostdj.com>)
- Universidad de Castilla-La Mancha (**UCLM**)
- Universidad Internacional de Riego, (<https://www.universidadderiego.com/>)



CURSOS MONOGRÁFICOS «EL CHAPARRILLO (IRIAF)»

“EL RIEGO EN EL CULTIVO DEL PISTACHERO”

En Ciudad Real:
Junio, Julio y Agosto de 2019

JAVIER SALVADOR RUIZ GARCÍA

Ingeniero Agrónomo

javier.saruga@gmail.com

HELENA CUARTERO ABENGOZAR

Ingeniero Agrónomo

Helena.cuartero@universidadderiego.com