



**Comunidad
de Madrid**



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

CURSO DE CAPACITACIÓN EN SISTEMAS DE RIEGO EN LA COMUNIDAD DE MADRID

RIEGO DEL VIÑEDO EN LA COMUNIDAD DE MADRID



Pedro Junquera González
pjunquera@giviti.com
www.giviti.com

ÍNDICE GENERAL

- Necesidades hídricas del viñedo. Estacionalidad.
- Balance de agua en un viñedo.
 - Disponibilidad de agua. Suelo y precipitación.
 - Estimación del consumo. ETc.
- Riego deficitario.
- Medidas complementarias en caso de escasez de agua.
- Indicadores del estado hídrico. Suelo y Planta.

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO

200 – 800 (1.100) mm / año → 250 – 300 mm / año

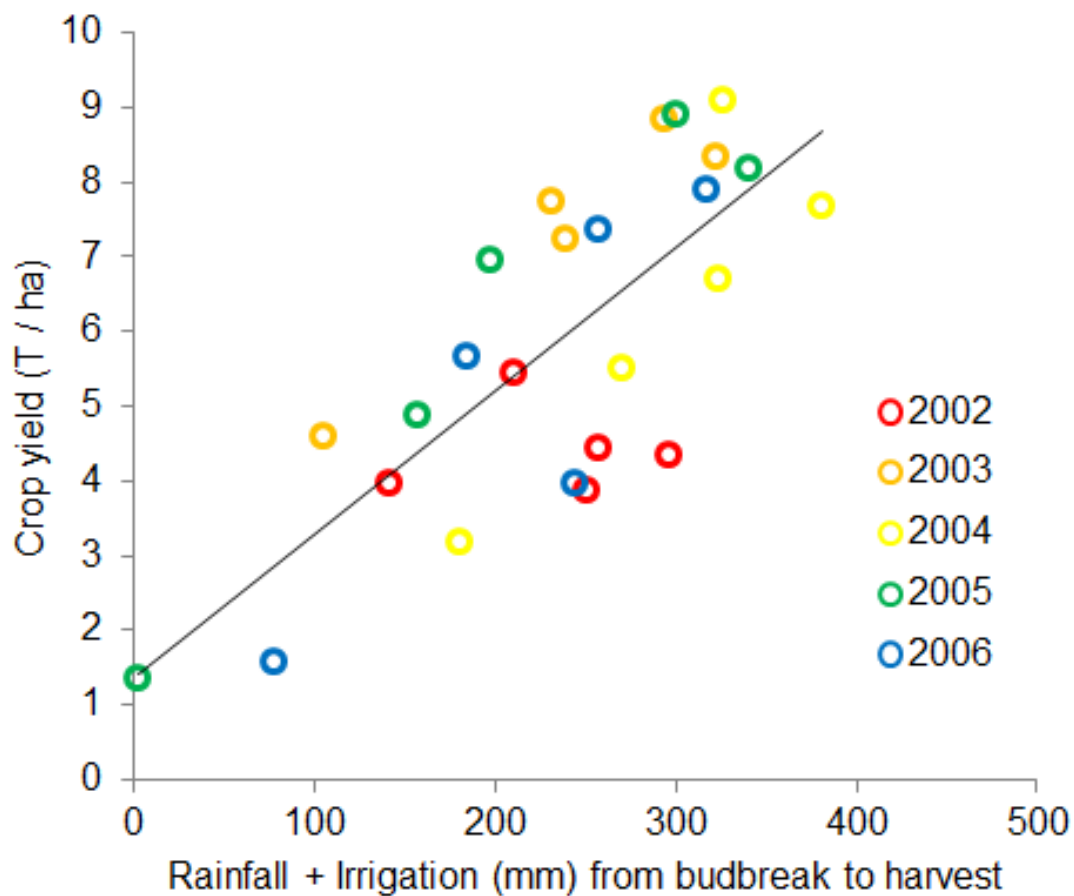
EJEMPLO: Rendimiento = 8.000 kg/ha uva

	Kg MS / ha·año	Reparto (%)
Racimos	2.000	50 %
Hojas + Tallos	1.600	40 %
Raíces + Partes permanentes	400	10 %
TOTAL	4.000	100 %

WUE = 400-600 L agua transpirada / kg MS

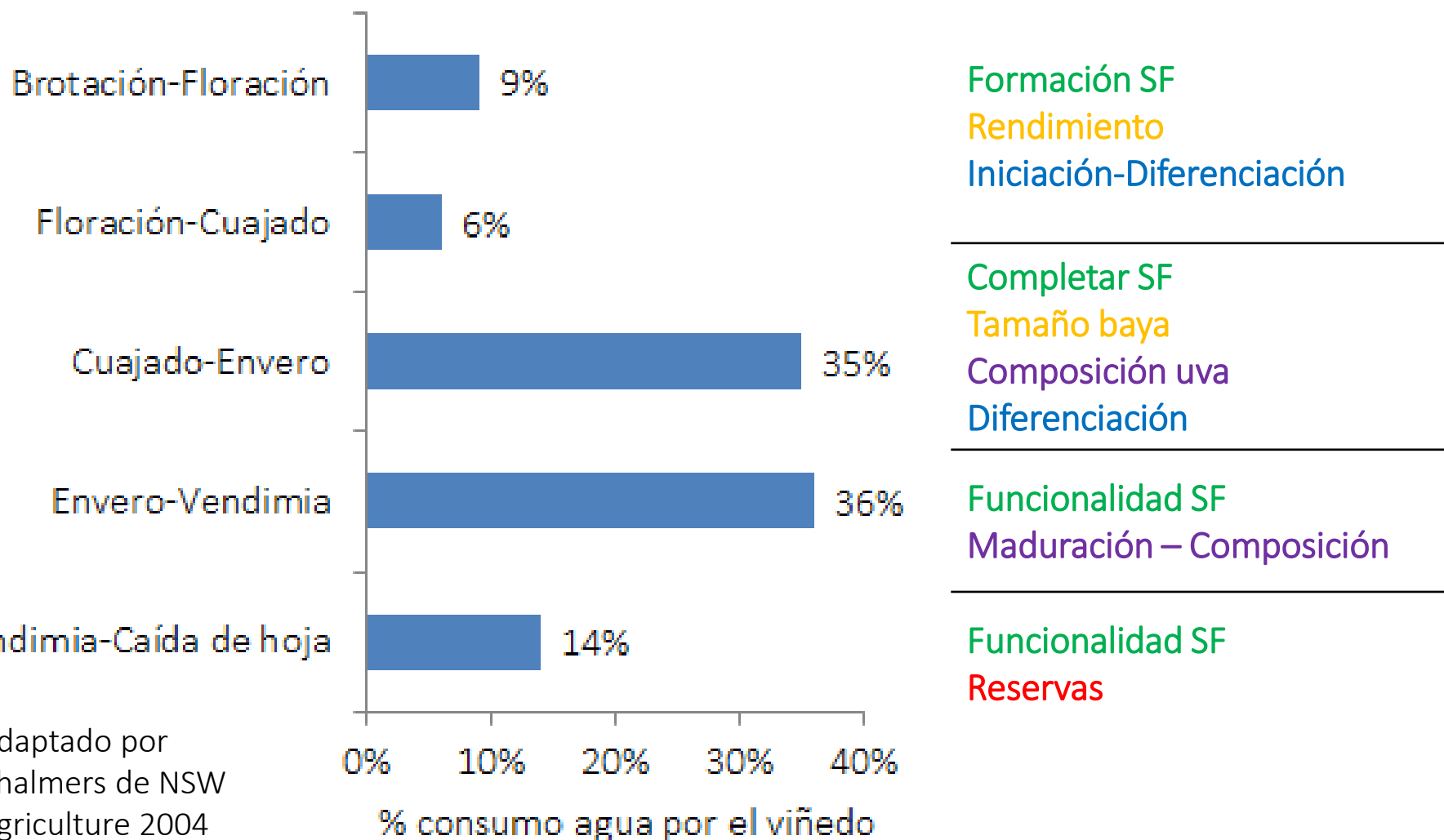
1.600-2.400 m³/ha = **160-240 mm**

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO



Cabernet Sauvignon / SO4. Finca "El Socorro", Colmenar de Oreja, Madrid

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO



BALANCE DE AGUA EN EL VIÑEDO

+

Reserva suelo

Precipitaciones

Riego

Capilaridad

-

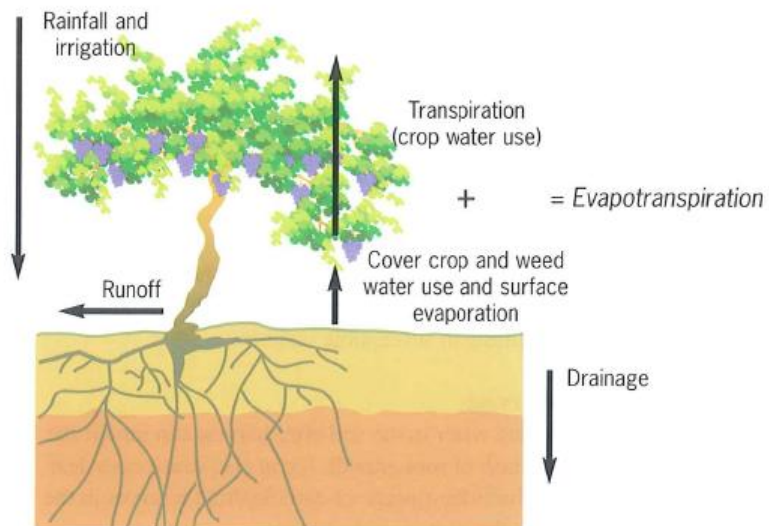
Transpiración viñedo

Evaporación suelo (+10-15%)

Consumo enyerbado

Drenaje

Escorrentía



$$R_n = ET_c \times K_d - P_e - A_{fu}$$

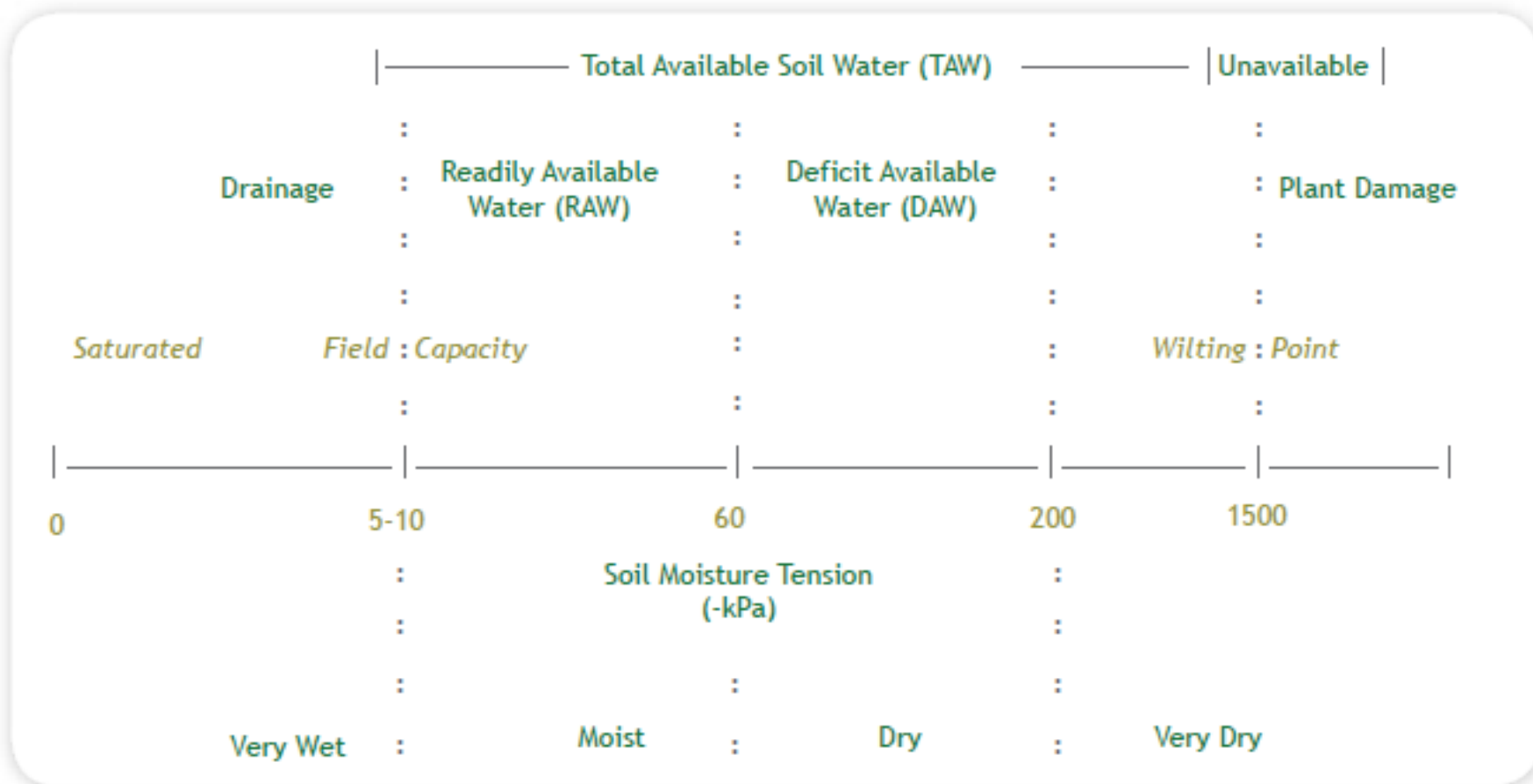
$$R_b = R_n / E_r$$

DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO

- Profundidad efectiva
 - Horizontes limitantes por causas físicas o químicas
 - Nivel freático
 - Profundidad enraizamiento
- Elementos gruesos (> 2 mm)
- Textura
- Materia orgánica
- Estructura



DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO



Goodwin 1995

DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO

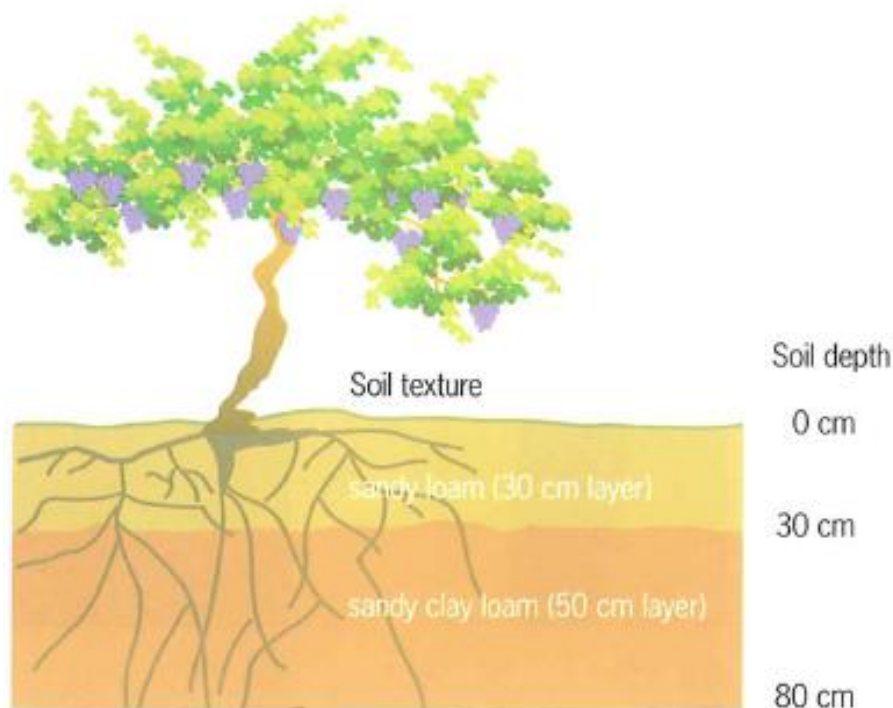
Volumen de agua disponible en el suelo (mm/cm)
entre capacidad de campo y diferentes tensiones

TEXTURE	SOIL MOISTURE TENSION (KPA)				
	-8 TO -40	-8 TO -60	-8 TO -200	-8 TO -400	-8 TO -1500 ¹
Sand (S)	0.36	0.37	0.46	0.49	0.62
Loamy sand (LS)	0.52	0.55	0.65	0.70	0.86
Clayey sand ² (CS)	0.55	0.60	0.74	0.80	1.01
Sandy loam (SL)	0.59	0.64	0.84	0.92	1.15
Light sandy clay loam (LSCL)	0.65	0.74	1.03	1.11	1.37
Loam (L)	0.69	0.84	1.00	1.11	2.34
Sandy clay loam (SCL)	0.61	0.71	1.01	1.13	1.43
Clay loam (CL)	0.53	0.65	1.03	1.16	1.48
Clay (C)	0.46	0.57	0.90	1.09	1.49
Heavy clay (HC)	0.25	0.41	0.49	0.59	1.20

Nicholas and Wetherby 2004

DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO

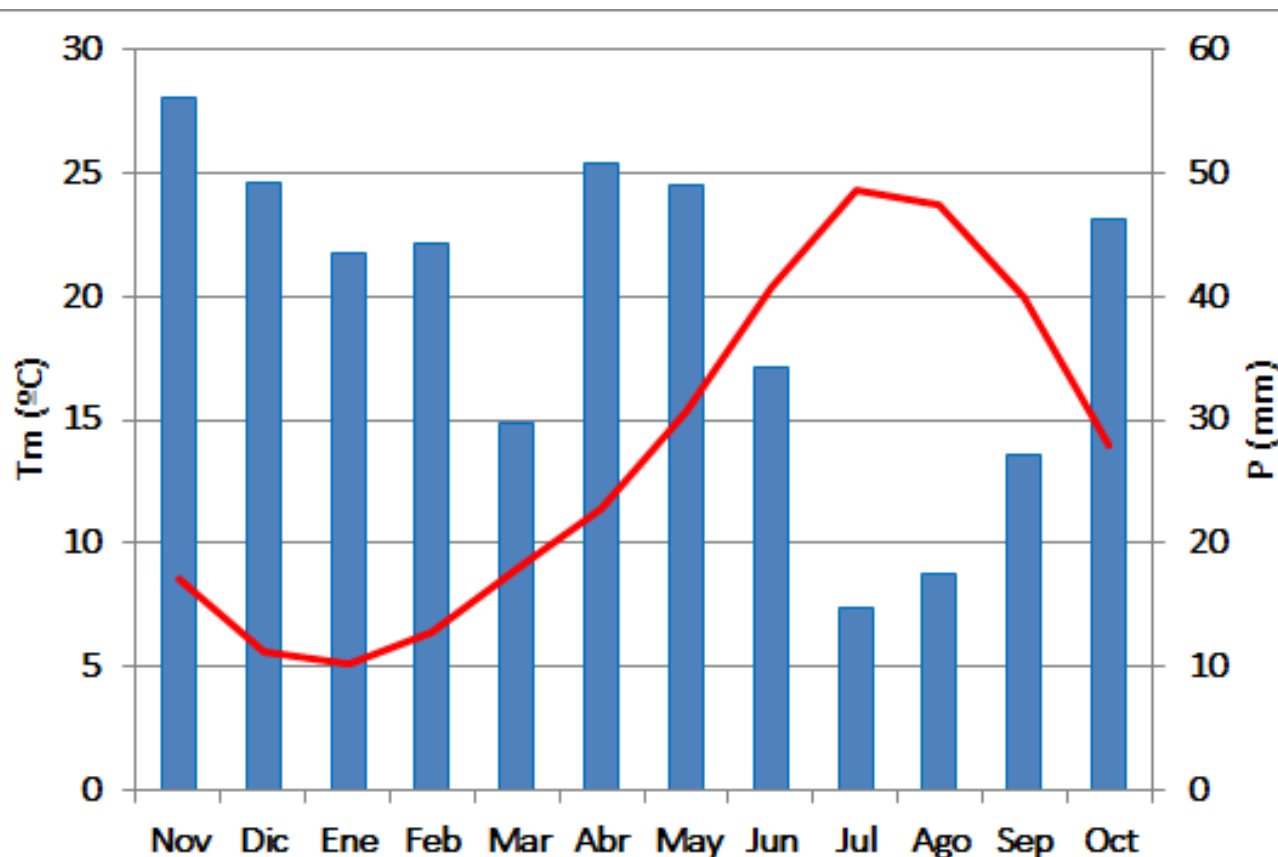
THICKNESS OF LAYER	MM/CM	CALCULATION	RAW (MM)
30cm	0.64	30×0.64	19.2
50cm	0.71	50×0.71	35.5
Total rootzone RAW			54.7



Nicholas and Wetherby 2004

DISPONIBILIDAD DE AGUA. PRECIPITACIONES

Diagrama ombrotérmico comarca “Campiña”



P abr-oct = 240 mm

P_{ef} abr-oct = 120 mm

P abr-sep = 194 mm

P_{ef} abr-sep = 97 mm

(elaborado a partir de
Fernández et al. 2013)

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. ET_o

Consumo de agua por el viñedo (ET_c) depende de:

- Demanda evapotranspirativa (ET_o)
- Superficie foliar del viñedo → K_c
 - ✓ Crecimiento del viñedo ← Acumulación de T^a (IT_e)
 - ✓ Dimensiones del viñedo ← Sistema de conducción
 - ✓ Distancia entre filas
- Cantidad de agua en el suelo
- Diferencias de crecimiento entre variedades y patrones

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. ETo

ETo (Evapotranspiración de referencia), depende de:

- ✓ Radiación solar
- ✓ Déficit de presión de vapor (T^a y HR)
- ✓ Velocidad del viento



CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. ET_o



[Inicio](#) | [Consulta de datos](#) | [Necesidades netas](#) | [Consultas avanzadas](#) | [Mi SiAR](#) | [Descripción Red](#)

Consulta de datos

[AYUDA](#)

Arganda (M02)

Provincia: Madrid
Municipio: Arganda del Rey
Estado: Activa
Fecha instalación: 09/12/2003
Fecha último dato: 16/06/2021



[Seleccionar](#) | [Ver Ficha](#) | [AEMET](#)



<https://eportal.mapa.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=1>

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. Eto

Consulta de datos diarios

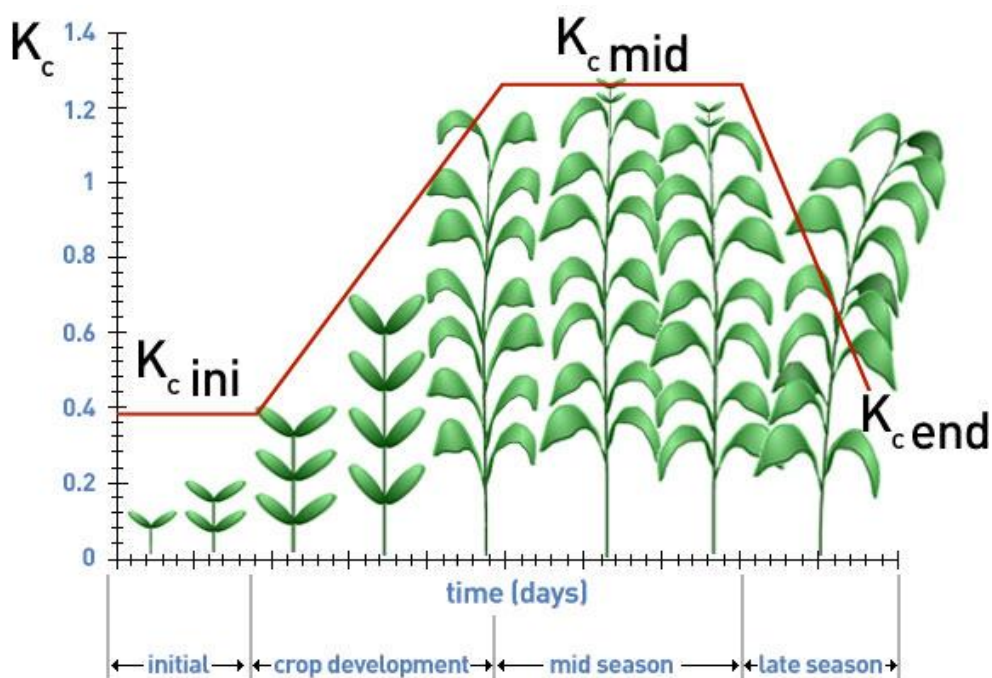
 [Exportar el informe de datos a un archivo CSV](#)

Arganda

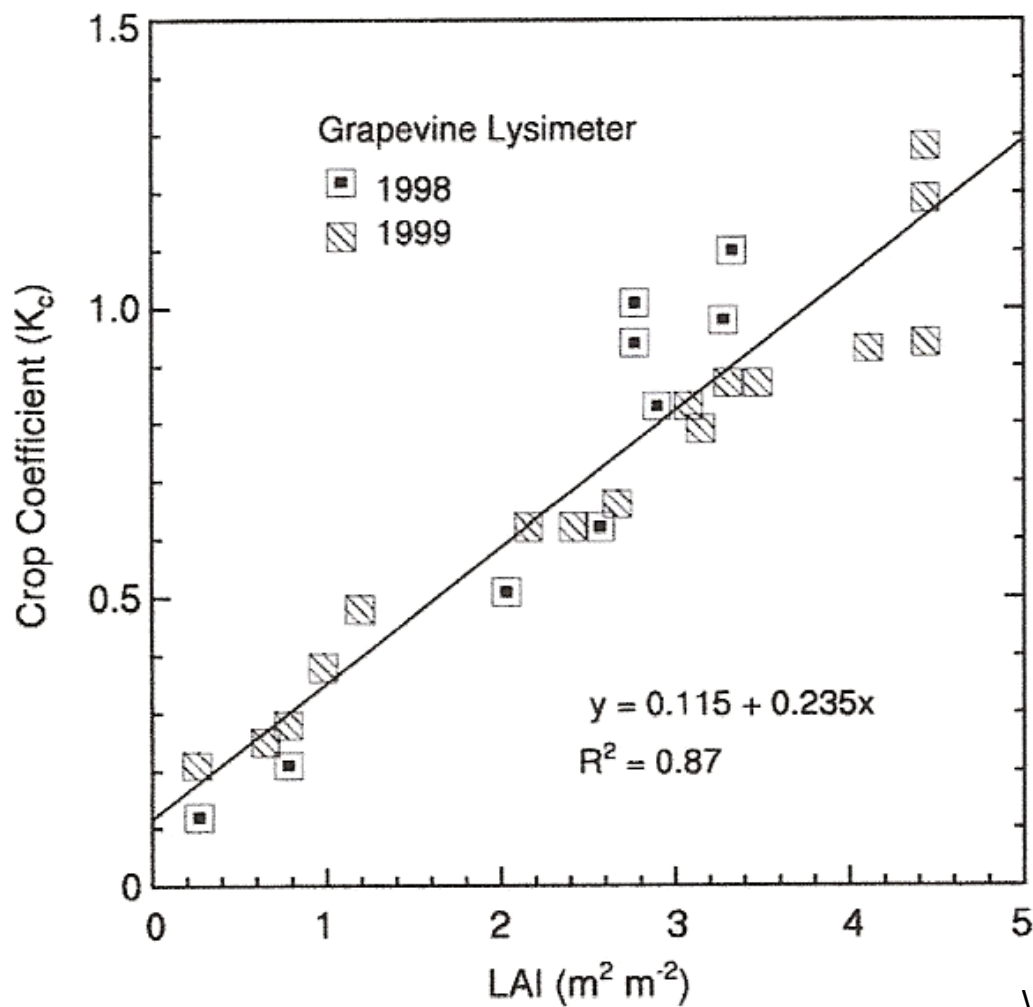
Fecha	Temp Media (°C)	Temp Max (°C)	Temp Mín (°C)	Precip (mm)	P. Efect (mm)	Eto (mm)
11/06/2021	25,45	35,98	17,31	1,03	0,00	7,06
12/06/2021	25,09	34,06	15,87	0,00	0,00	7,27
13/06/2021	26,62	35,32	17,65	0,00	0,00	7,01
14/06/2021	27,79	35,57	19,37	0,00	0,00	7,14
15/06/2021	27,79	36,25	18,72	0,00	0,00	7,01
16/06/2021	25,85	33,73	18,51	6,97	3,43	6,16
17/06/2021	18,09	23,92	14,72	19,47	12,01	3,14

<https://eportal.mapa.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=1>

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c

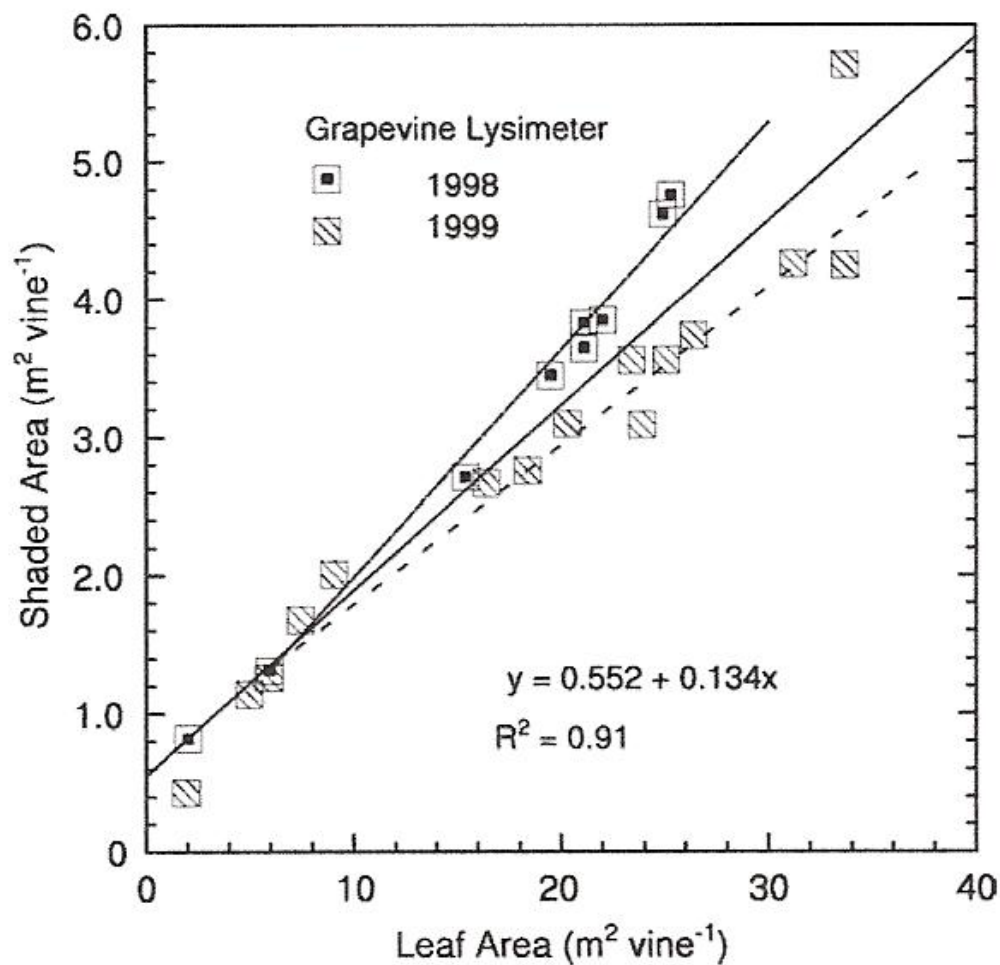


CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c



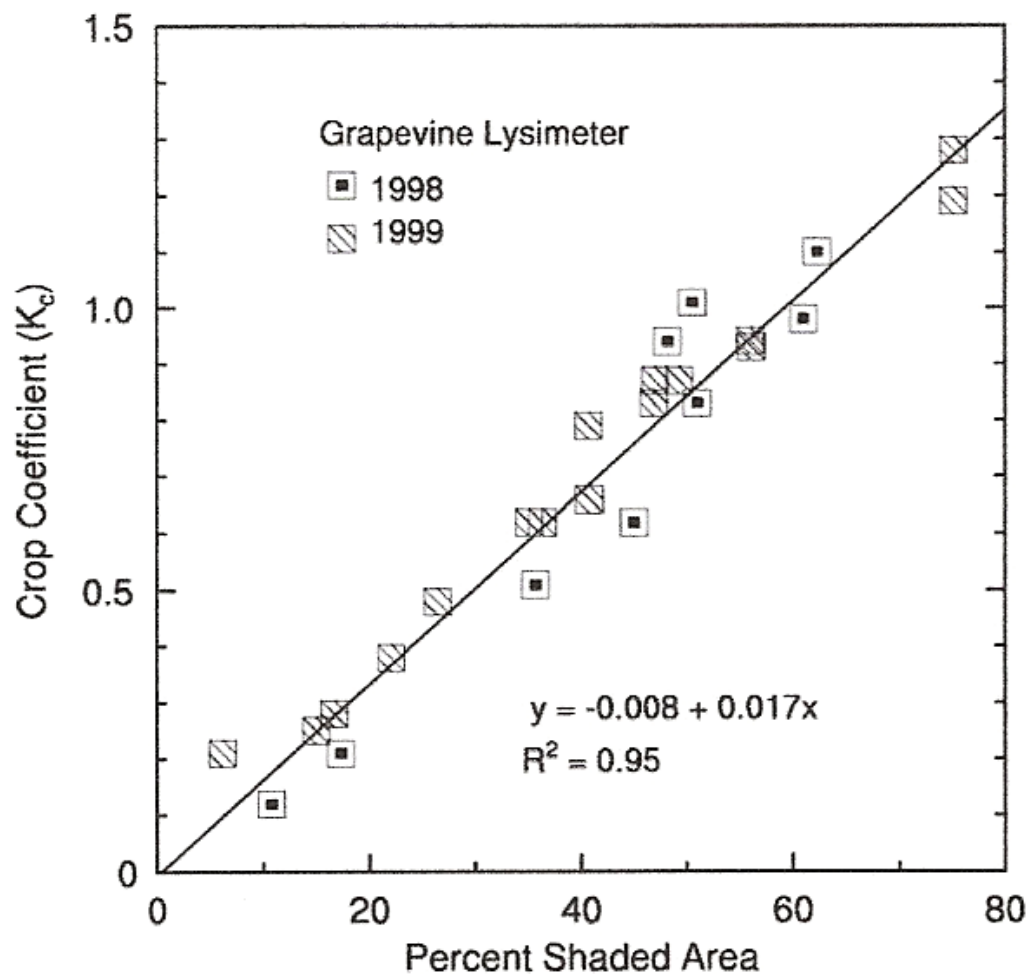
Williams y Ayars 2005

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c



Williams y Ayars 2005

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c



Williams y Ayars 2005

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c



CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c

Estimación de K_c en función de I_{Te} (°C) para espaldera y sprawl

Trellis/ Canopy type	Row Spacing (m)	Crop coefficient equation
VSP	1.83 (6 ft.)	$K_c = 0.87 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$
	2.13 (7 ft.)	$K_c = 0.74 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$
	2.44 (8 ft.)	$K_c = 0.65 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$
	2.74 (9 ft.)	$K_c = 0.58 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$
	3.05 (10 ft.)	$K_c = 0.52 / (1 + e^{-(x - 525)/301})$
CA Sprawl	3.05 (10 ft.)	$K_c = 0.84 / (1 + e^{-(x - 325)/105})$
	3.35 (11 ft.)	$K_c = 0.76 / (1 + e^{-(x - 325)/105})$
	3.66 (12 ft.)	$K_c = 0.70 / (1 + e^{-(x - 325)/105})$

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c

		K_c (espaldera, según ancho calle)		
MES	ITe ($^{\circ}\text{C}$)	2 m	2,5 m	3 m
abr	20	0,13	0,10	0,08
may	120	0,17	0,14	0,11
jun	360	0,29	0,24	0,19
jul	740	0,54	0,45	0,35
ago	1170	0,72	0,60	0,47
sep	1540	0,78	0,64	0,51
oct	1750	0,79	0,65	0,52

Adaptado de Williams 2017

ITe (media del mes) comarca “Campiña”, elaborado a partir de Fernández et al. 2013

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c

Estimación de IAF (LAI) mediante imágenes y app



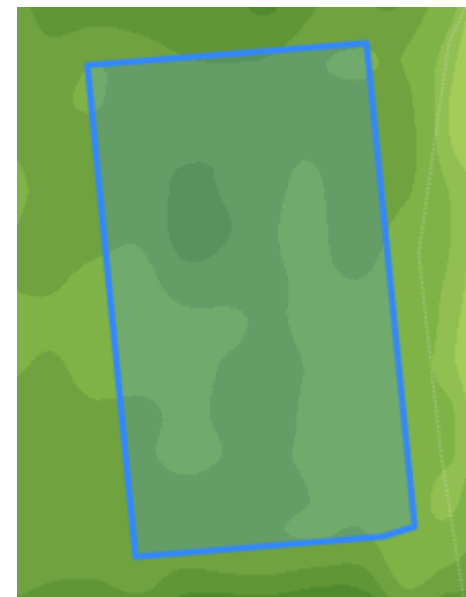
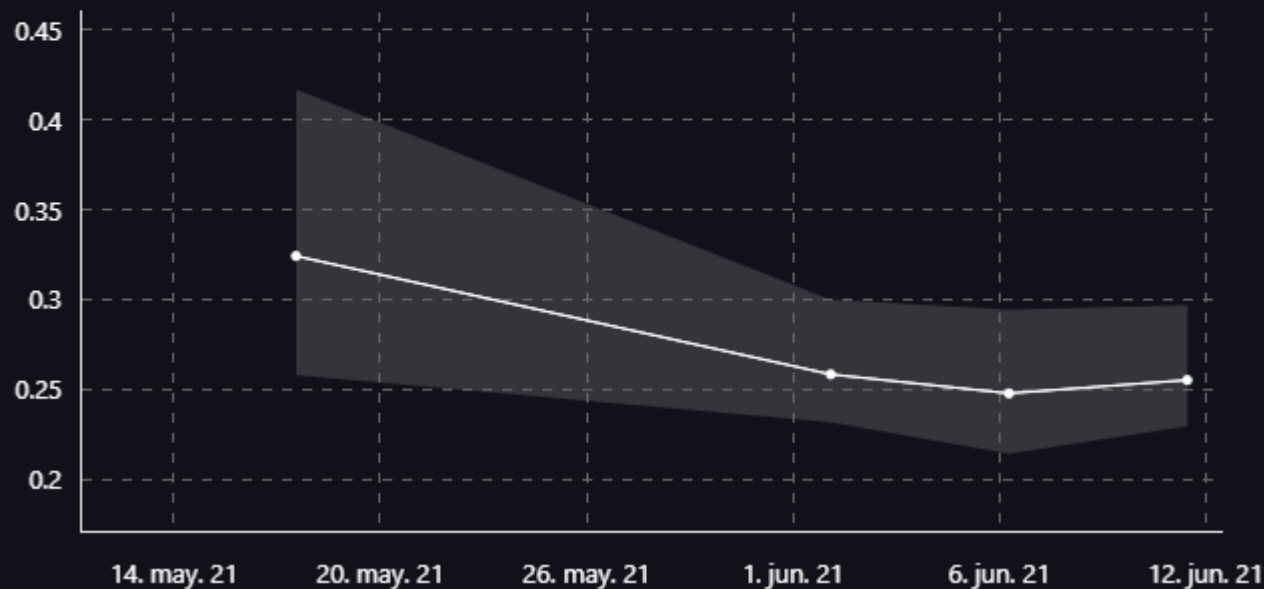
CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c

Estimación de K_c mediante NDVI

Sentinel-2 L2A - 3_NDVI



Tempranillo, Espaldera 2,5 m x 1,2 m, Colmenar de Oreja



sáb., 12. jun. 2021

- media: 0.26
- $P_{10} - P_{90}$: 0.23 - 0.30

- mediana: 0.26
- desv. est.: 0.02
- mín / máx: 0.20 - 0.32

CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c

- Tempranillo, Espaldera 2,5 m x 1,2 m
- Colmenar de Oreja, 12-jun-2021

Estimación de K_c mediante NDVI

$$\text{NDVI} = 0,26$$

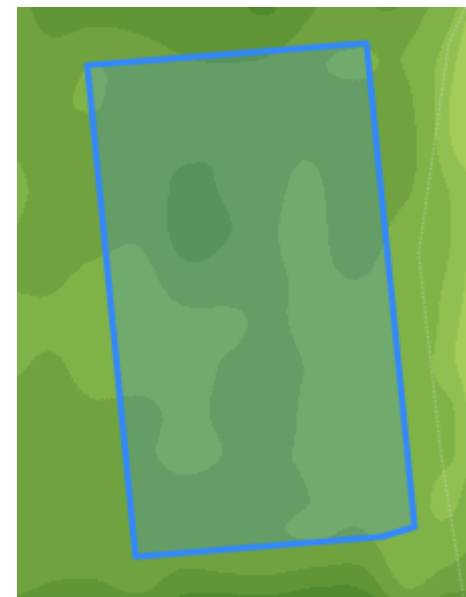
$$K_c = 1,44 \times \text{NDVI} - 0,1 \text{ (Campos et al. 2010)}$$

$$K_c = 0,27$$

Estimación de K_c mediante I_{Te}

$$I_{Te} = 504 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$K_c = 0,31 \text{ (según Williams 2017)}$$



sáb., 12. jun. 2021

- media: 0.26
- $P_{10} - P_{90}$: 0.23 - 0.30

- mediana: 0.26
- desv. est.: 0.02
- mín / máx: 0.20 - 0.32

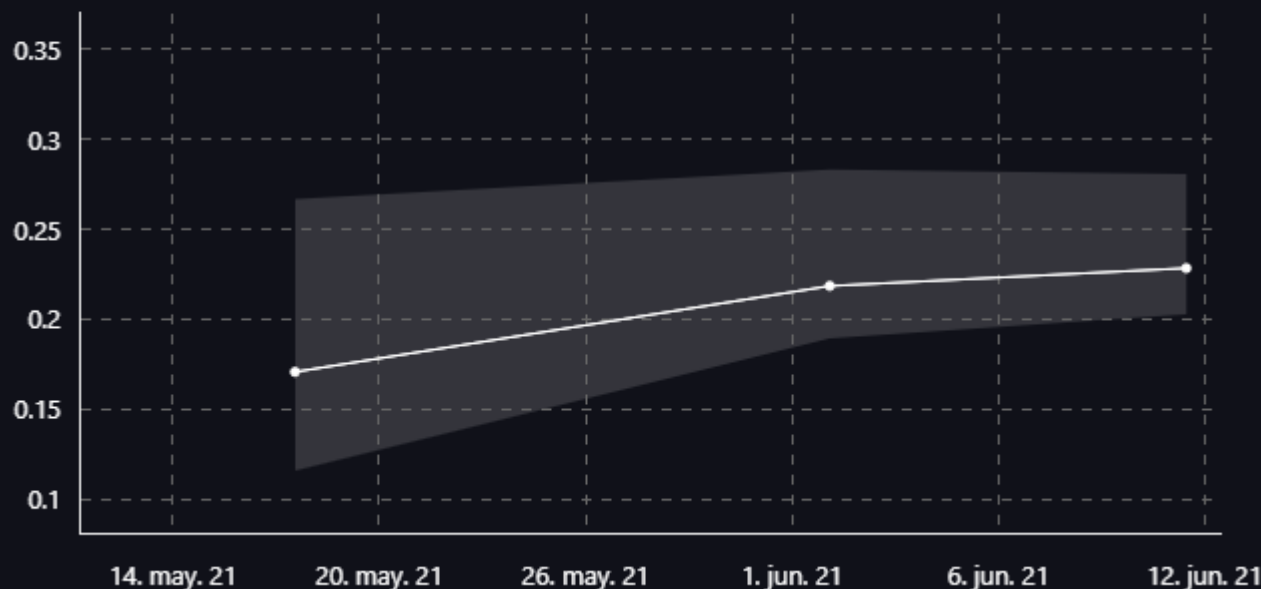
CONSUMO DE AGUA POR EL VIÑEDO. K_c

Estimación de K_c mediante NDVI

Sentinel-2 L2A - 3_NDVI



Malvar, Vaso 3 m x 1,5 m, Colmenar de Oreja



sáb., 12. jun. 2021

- media: 0.23
- $P_{10} - P_{90}$: 0.20 - 0.28

- mediana: 0.22
- desv. est.: 0.03
- mín / máx: 0.18 - 0.37

$K_c = 0,27$

RIEGO DEFICITARIO. K_d

Riego deficitario

K_d : Coeficiente de déficit o de estrés, aplicado a E_{Tc}

$E_{To} \times K_c \times K_d$

- Riego deficitario sostenido: K_d continuo durante el ciclo
- Riego deficitario controlado: K_d variable durante el ciclo

$K_d \approx 50\% - 75\% / 80\%$ (Williams 2001)

RIEGO DEFICITARIO

Consideraciones generales

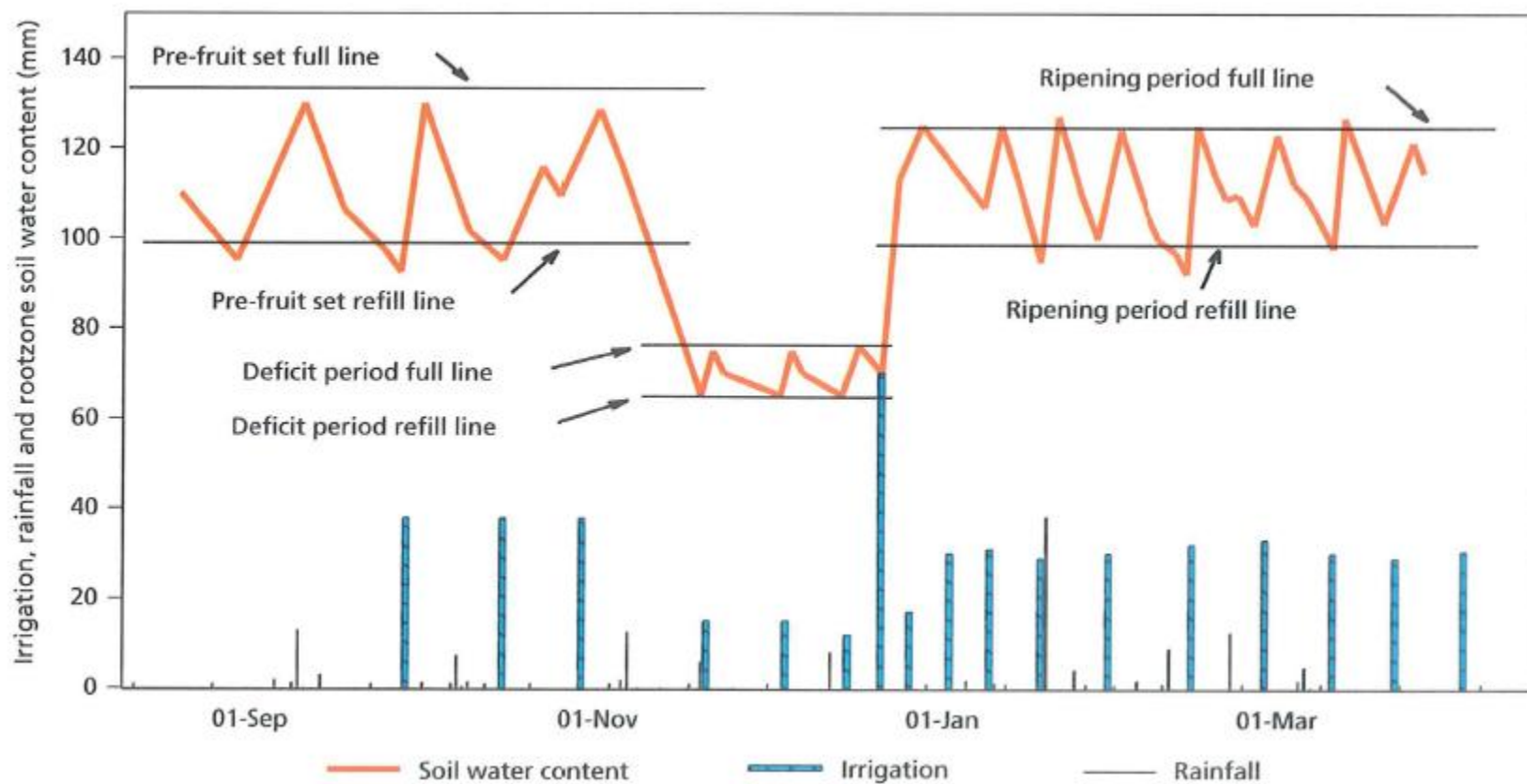
- ✓ Evitar déficit hídrico entre brotación y cuajado.
- ✓ La superficie foliar debe haberse completado en envero. Durante la maduración el crecimiento vegetativo debe ser mínimo o nulo.
- ✓ Evitar estrés hídrico durante la maduración.
- ✓ Asegurar contenido adecuado de agua en el suelo en post-vendimia.

RIEGO DEFICITARIO

Riego deficitario controlado

- ✓ E.g. déficit aplicado después de cuajado, más en variedades tintas que en blancas.
- ✓ Agotar agua fácilmente disponible y entrar de zona de déficit.
- ✓ Aplicar riegos cortos y frecuentes para mantener el déficit en el nivel deseado.
- ✓ Controlar estado hídrico de la planta y el suelo.

RIEGO DEFICITARIO



RIEGO DEFICITARIO

Necesidades de riego, espaldera 2,5 m

Mes	ITe (°C)	ETo (mm)	Kc	Kd	ETc x Kd (mm)	P (mm)	Pe (mm)	Rn (mm)	Rb (mm)
abr	20	44	0,10	1,0	5	52	26	0	0
may	120	76	0,14	1,0	10	50	25	0	0
jun	360	116	0,24	0,8	23	34	17	6	6
jul	740	151	0,45	0,8	54	16	8	46	51
ago	1170	136	0,60	0,8	65	18	9	56	62
sep	1540	94	0,60	0,75	42	28	14	28	31
oct	1750	52	0,60	0,75	23	46	23	0	0
abr-oct	1750	669			222	244	122	136	151

Dosis máximas autorizadas D.O. Vinos de Madrid

SUBZONA	TOTAL	REPOSO	BROTACIÓN CUAJADO	CUAJADO ENVERO	ENVERO VENDIMIA	VENDIMIA CAÍDA HOJA
ARGANDA	140	0	30	70	40	0
NAVALCARNERO S. MARTÍN V.	170	0	40	80	50	0

RIEGO DEFICITARIO

Riesgos en caso de escasez de agua

- ✓ El estrés hídrico sostenido aumenta el riesgo de reducciones de rendimiento y calidad.
- ✓ Suelos con baja humedad en invierno e inicio de primavera pueden suponer problemas de brotación y rendimientos bajos.
- ✓ El déficit hídrico en floración puede llevar a un mal cuajado y pocas bayas por racimo.
- ✓ El déficit hídrico en post-cuajado puede comprometer el tamaño de la baya y el rendimiento.
- ✓ El déficit hídrico durante y al final de maduración puede llevar a pasificaciones y falta de madurez de las uvas.

MEDIDAS COMPLEMENTARIAS EN CASO DE ESCASEZ

- ✓ Monitorización, gestión, instalaciones de riego → Eficiencia
- ✓ Limitación de la competencia por enyerbados.
- ✓ Empleo de acolchados en la línea.
- ✓ Riego subterráneo.
- ✓ Riego nocturno.
- ✓ Diseño del viñedo (material vegetal, localización, exposición, conducción, etc.).
- ✓ Conducción del viñedo que evite excesos de superficie foliar y sobreexposición de hojas y racimos.
- ✓ Ajuste de la carga de brotes y racimos.
- ✓ Instalación de cortavientos.
- ✓ Establecer prioridades entre viñedos.

INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO

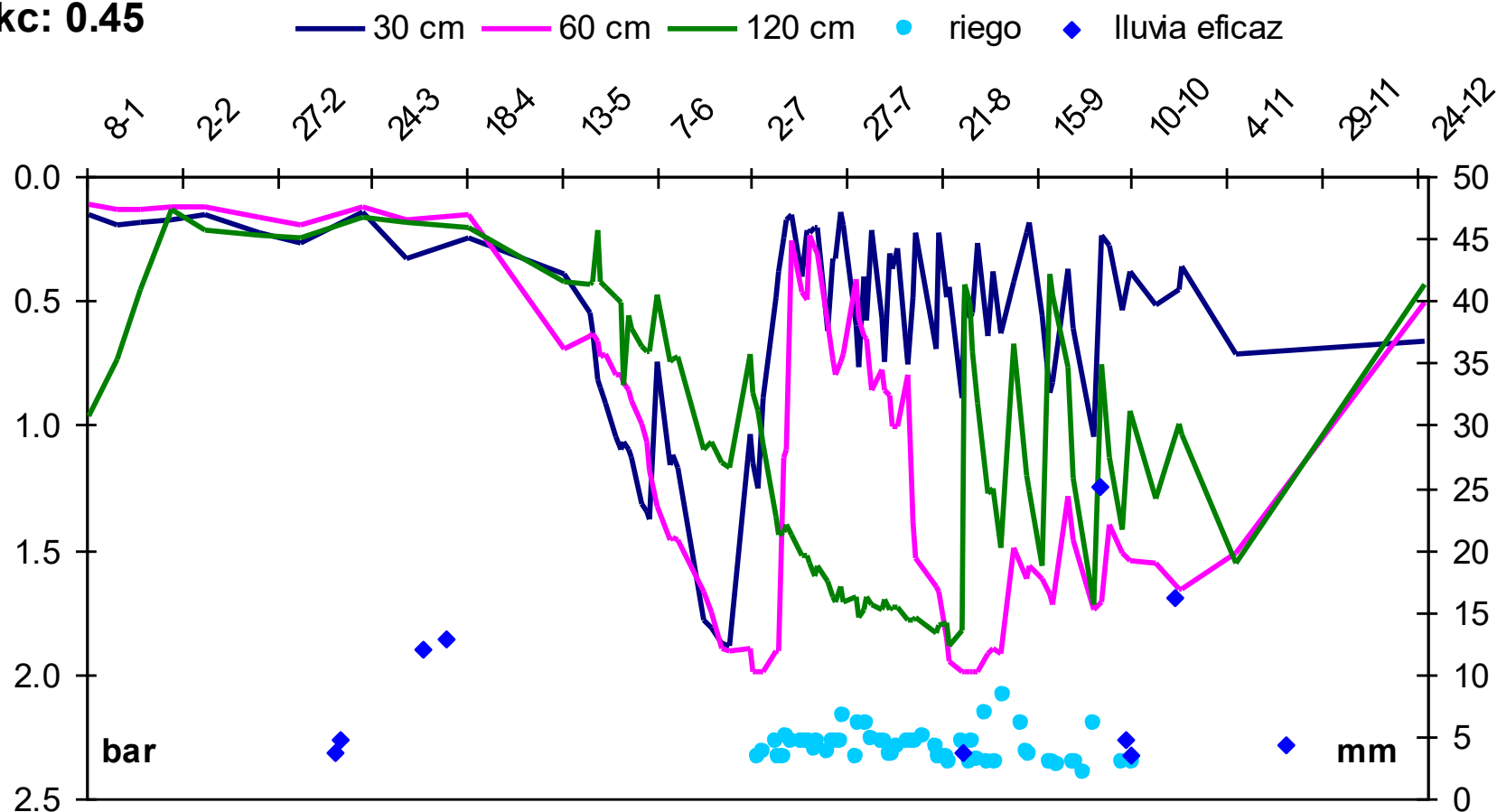
- **SUELO**
 - Humedad (TDR, FDR, etc.)
 - Tensión (tensiómetros, sensores de matriz granular, etc.)
- **PLANTA**
 - Estado ápices
 - Crecimiento del pámpano y la baya
 - Aspecto visual de vegetación y racimos
 - Potencial hídrico foliar / tallo
 - Temperatura foliar / Crop Water Stress Index
 - Teledetección (NDVI, NDWI, CWSI, etc.)
 - Diámetro tronco, conductancia estomática, flujo de savia

INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO

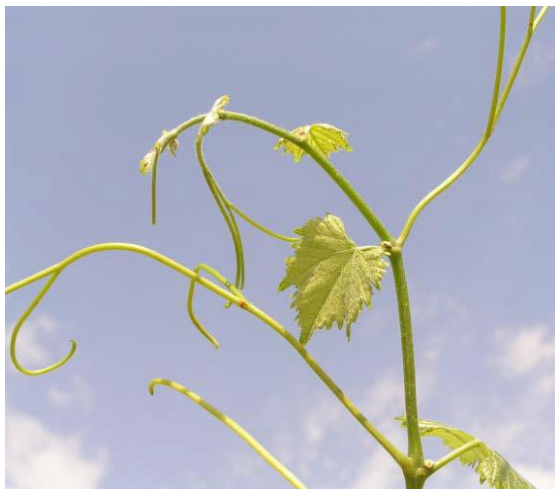


INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO

kc: 0.45



INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO



INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO



INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO



INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO



INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO

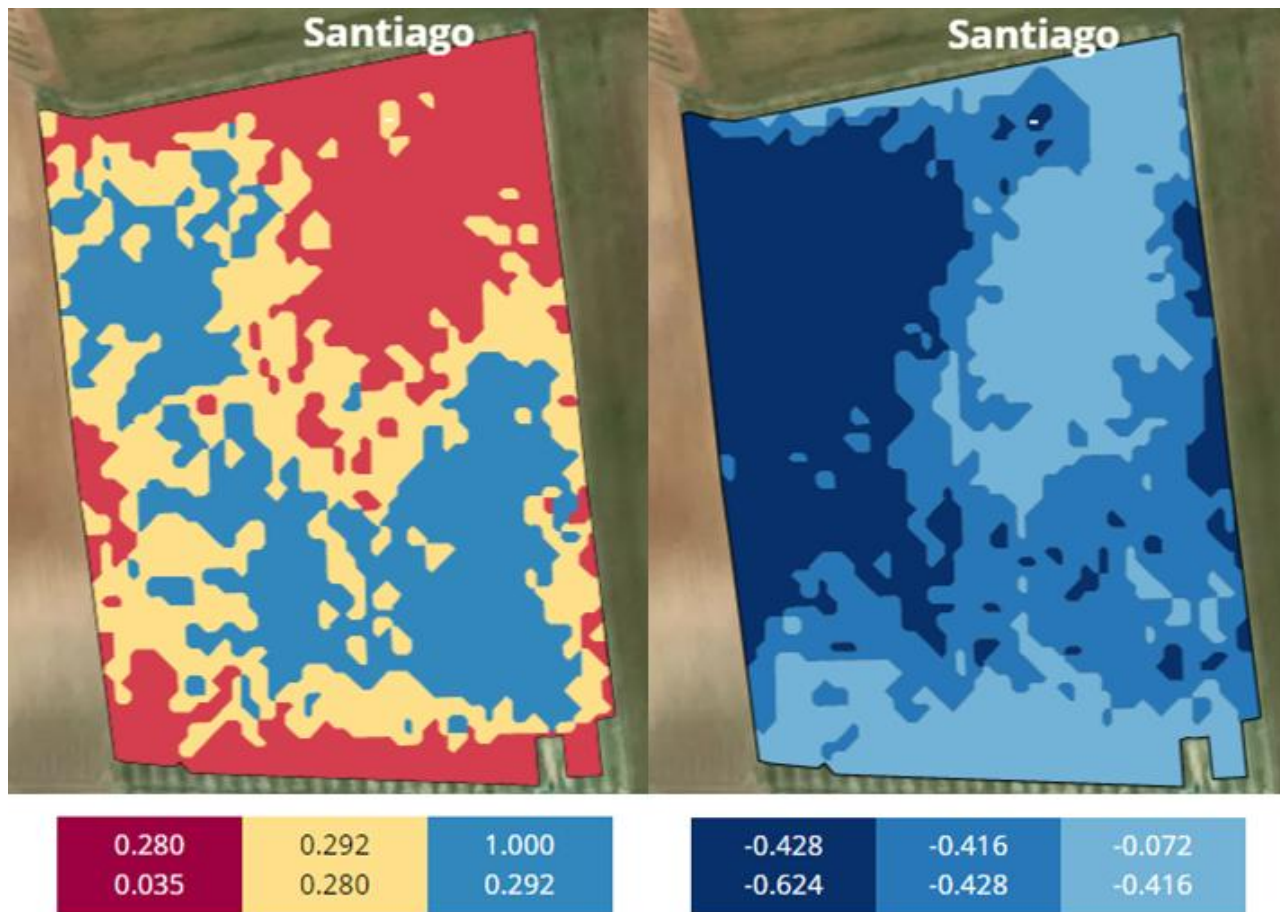


INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO



Nivel de estrés hídrico	Ψ_f aa (MPa)	Ψ_f 12hs (MPa)	Ψ_t 12hs (MPa)
No	$> -0,2$	$> -0,8$	$> -0,8$
Suave a moderado	$-0,2$ a $-0,4$	$-0,8$ a $-1,2$	$-0,8$ a $-1,0$
Moderado a intenso	$-0,4$ a $-0,6$	$-1,2$ a $-1,4$	$-1,0$ a $-1,2$
Intenso	$< -0,6$	$< -1,4$	$< -1,2$

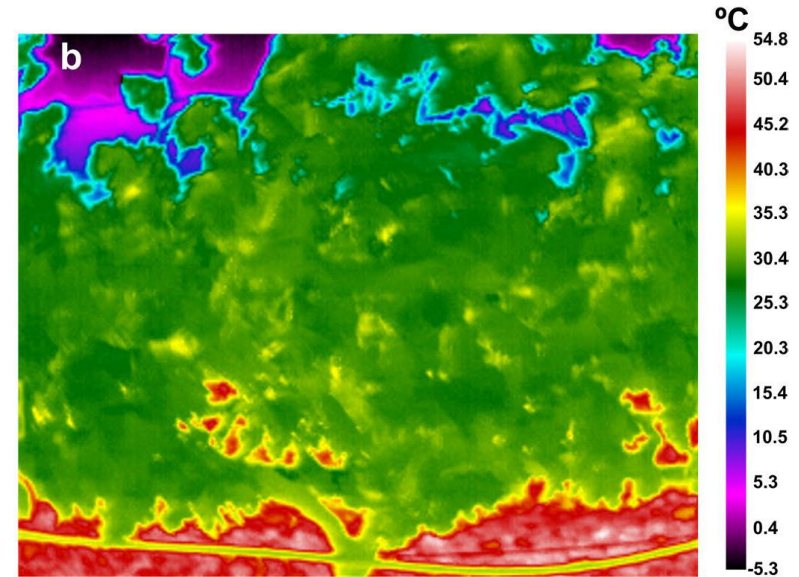
INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO



NDVI

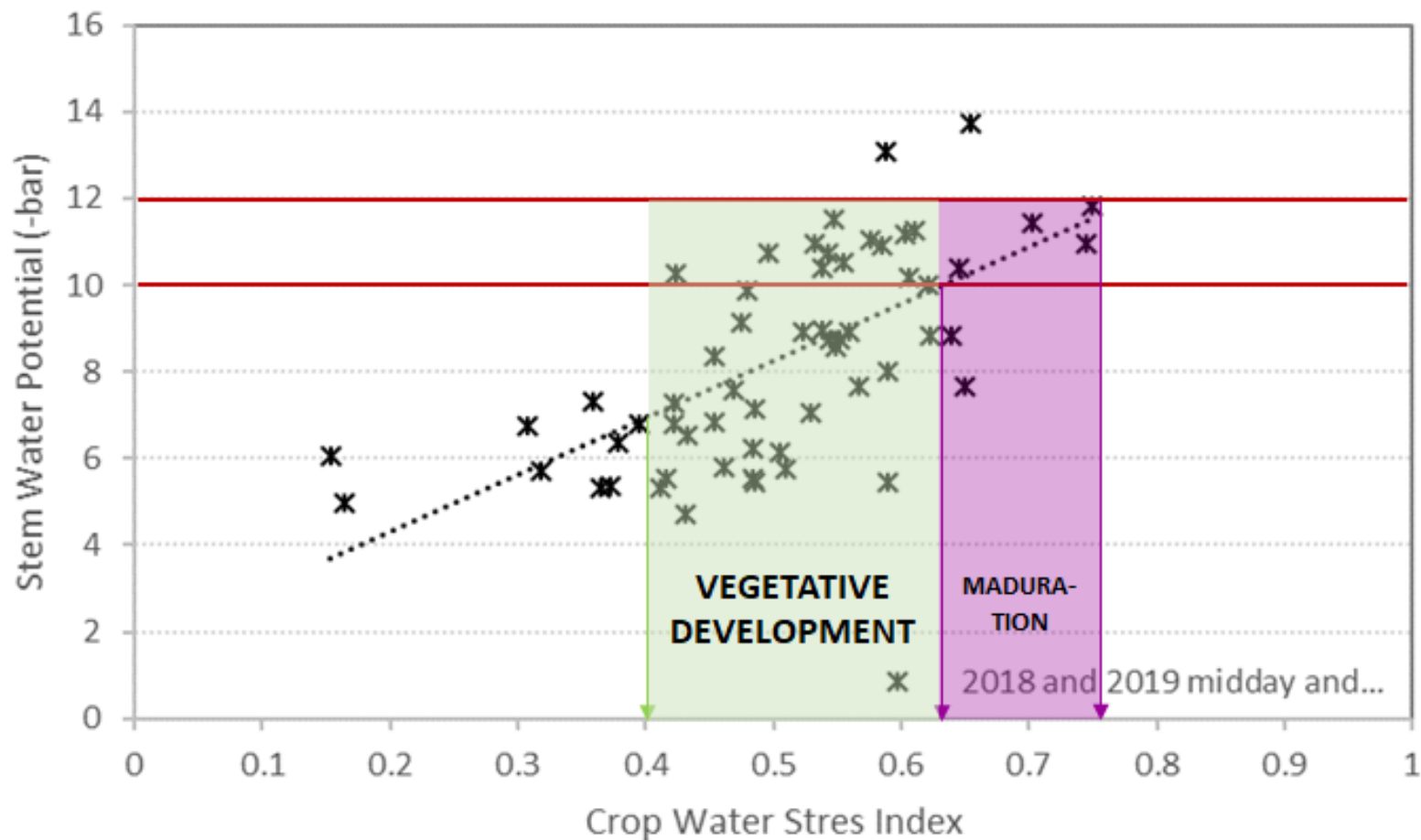
NDWI

INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO



$$CWSI = \frac{T_{\text{canopy}} - T_{\text{wet}}}{T_{\text{dry}} - T_{\text{wet}}}$$

INDICADORES DEL ESTADO HÍDRICO



Camacho-Alonso et al. 2017



PTV
PLATAFORMA
TECNOLÓGICA
DEL VINO

sisviti
mad



**Comunidad
de Madrid**



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Gestión Integral de
Viñedos y Bodegas

Pedro Junquera González
pjunquera@giviti.com
www.giviti.com