

Técnicas de innovación
y optimización del
riego de la vid

#Somos Innovación



PTV
PLATAFORMA
TECNOLÓGICA
DEL VINO



AgroBank



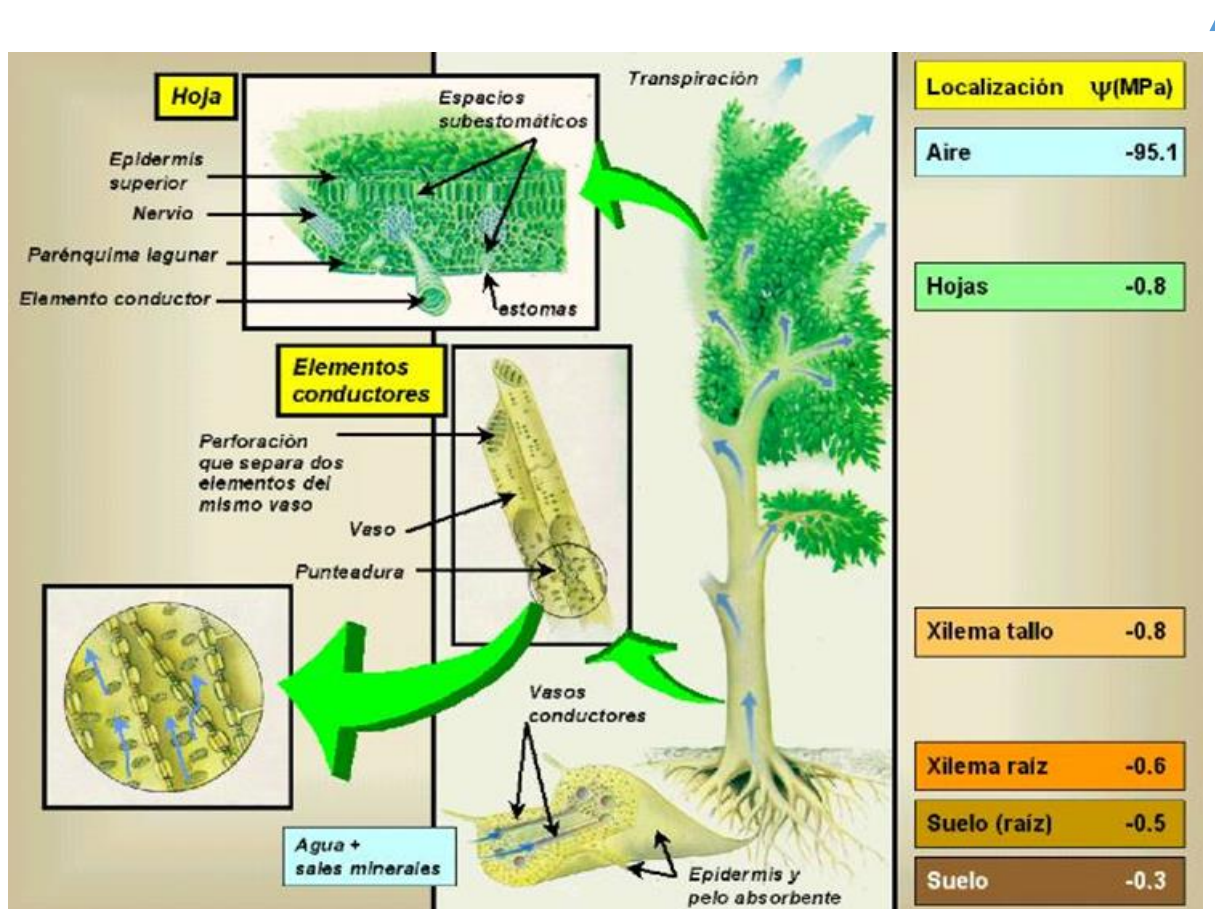
OPTIMIZACION DEL RIEGO EN EL VIÑEDO

- 1. Cómo entender los requerimientos hídricos de un viñedo?***
- 2. Que características agronómicas del viñedo determinan sus requerimeintos hídricos?***
- 3. Cuales son las claves para un uso mas racional del riego?***

1. Cómo entender los requerimientos hídricos de un viñedo?

A/ BASES FISIOLÓGICAS DEL RIEGO

Por qué transpira la planta?

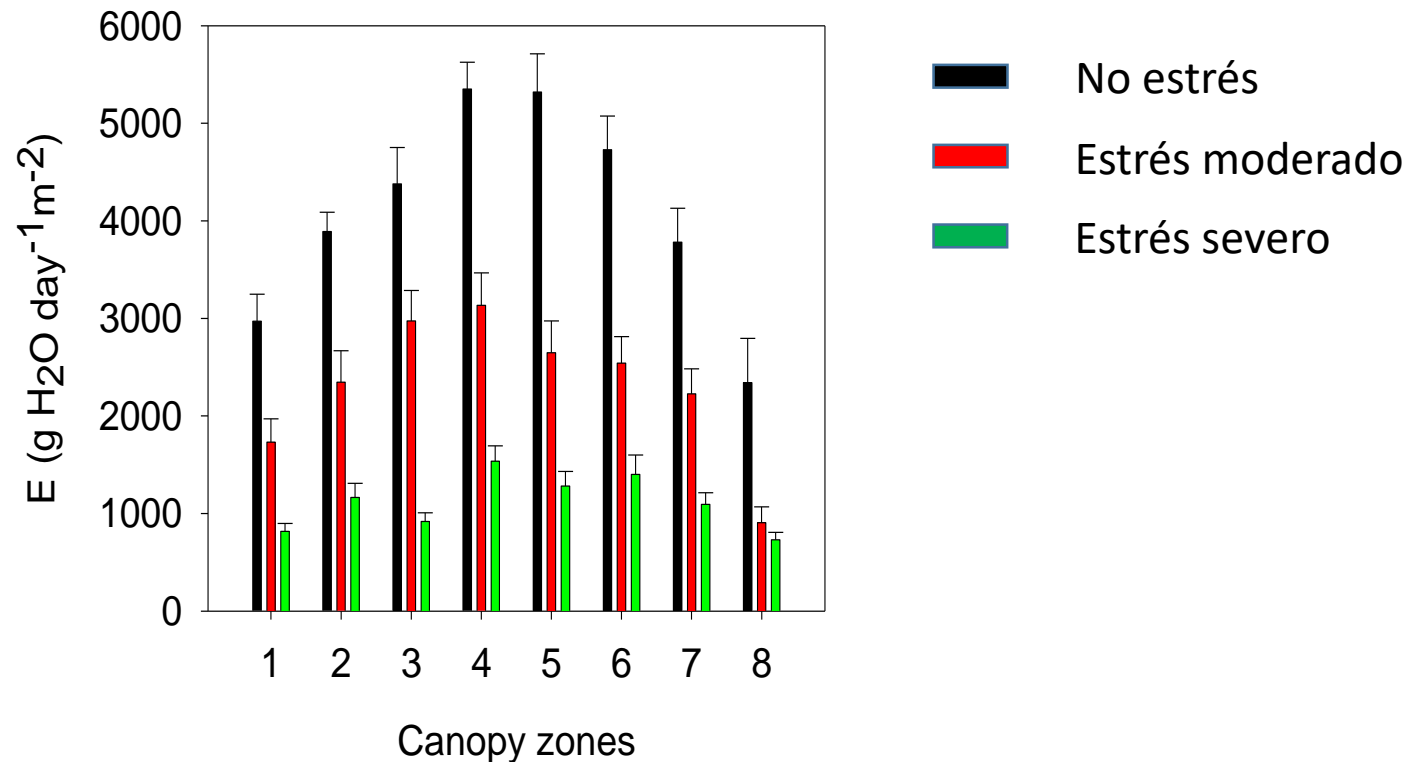
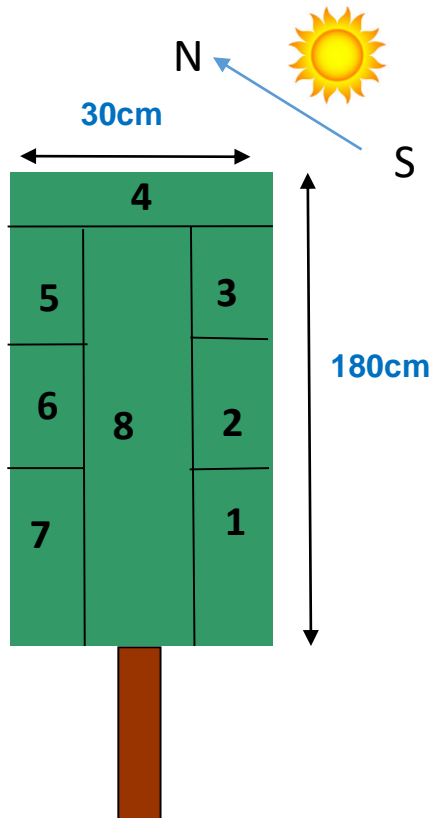


Gradiente de Potencial hídrico

1. *Cómo entender los requerimientos hídricos de un viñedo?*

A/ BASES FISIOLÓGICAS DEL RIEGO

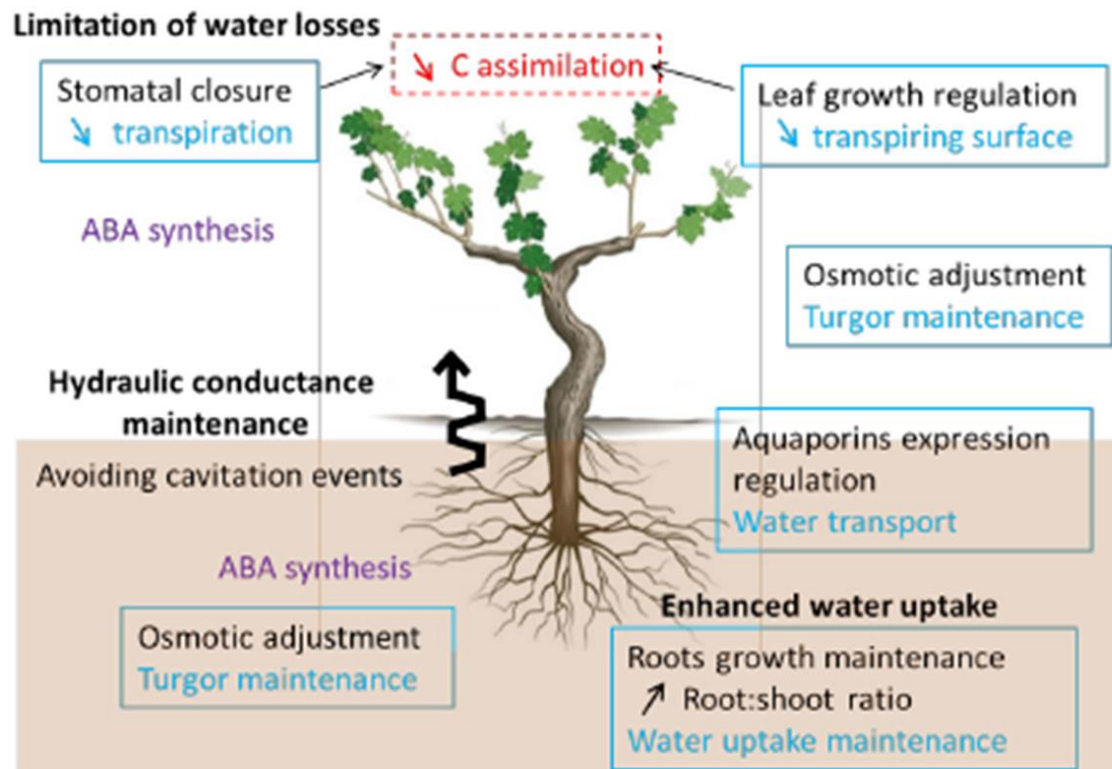
Como le afecta el estrés hídrico a la transpiración foliar



1. *Cómo entender los requerimientos hídricos de un viñedo?*

A/ BASES FISIOLÓGICAS DEL RIEGO

La capacidad de adaptación al estrés hídrico de un genotipo depende de la eficiencia de sus mecanismos de respuesta



Para conocer el estado hídrico de la planta es necesario considerar parámetros fisiológicos ampliamente aceptados

potencial hídrico foliar

Que indica? → **Depende del momento de medida**



**Al amanecer
(Hoja)**

**Potencial del
suelo**

A mediodía

Hoja

**Tallo
(planta)**

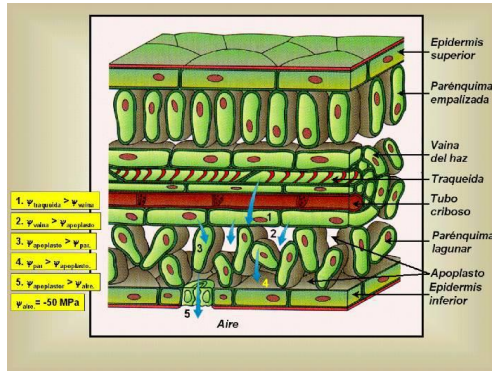


Se establecen diferentes rangos de potencial para diferentes grados de estrés

Potencial hídrico de base (amanecer)	Estatus hídrico de la vid	Potencial de tallo (mediodía)
$0.0 > \Psi_{PD} > -0.2$	Ausencia	$-0.5 > \Psi_{stem} > -0.8$
$-0.2 > \Psi_{PD} > -0.4$	Déficit moderado	$-0.8 > \Psi_{stem} > -1.2$
$-0.4 > \Psi_{PD} > -0.6$	Déficit fuerte	$-1.2 > \Psi_{stem} > -1.4$
$-0.6 > \Psi_{PD} > -0.8$	Déficit severo	$-1.4 > \Psi_{stem} > -1.8$

También podemos conocer el estado hídrico de la planta a partir de otros parámetros fisiológicos

Conductancia estomática (g_s)

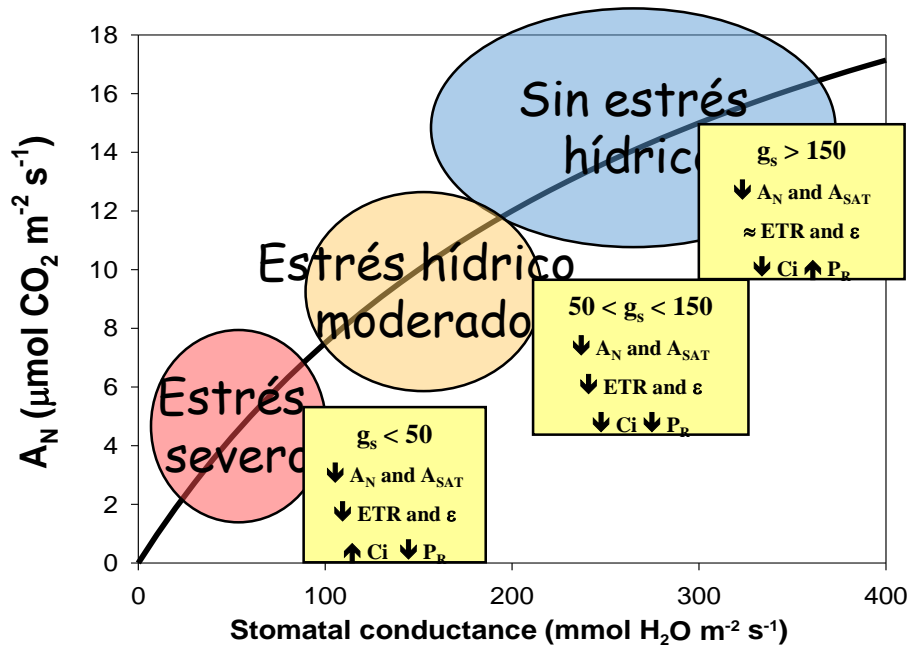


$$T = g_s * VPD$$



IRGA Licor 6400

Porómetro



Medrano et al. 2002 An.Bot. 89, 895-905

Dendrometría

Soportes de Al y INVAR (aleación de Ni y Fe, con una mínima expansión térmica)

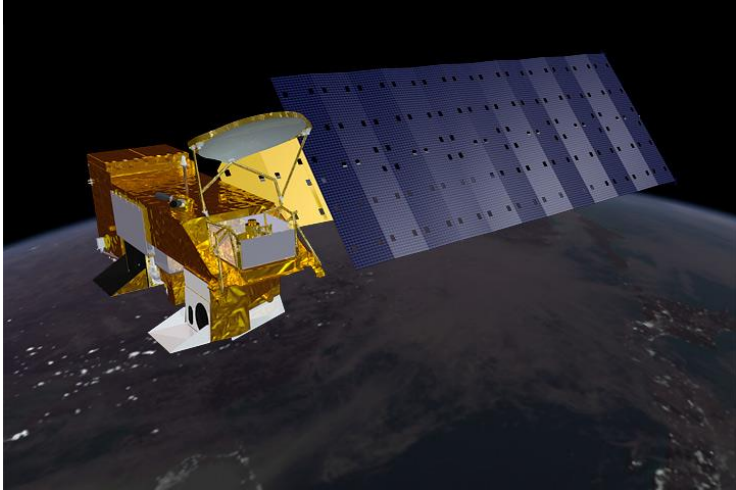
Dendrómetro



Linear Variable Displacement Transducers = sensores LVDT

Nuevas tecnologías remotas para la estimación del estatus hídrico basadas en la fisiología de la vid

Las plataformas para remote sensing:

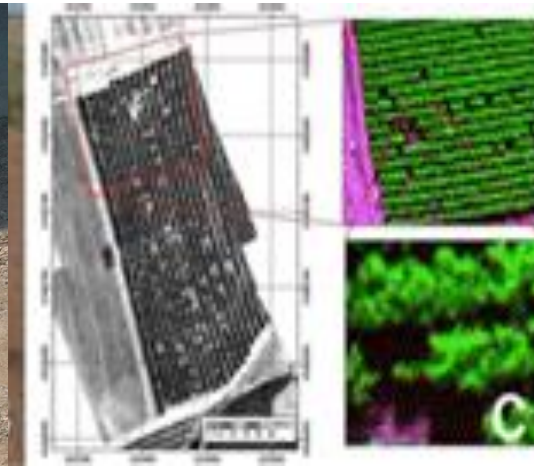


Los índices de vegetación (NDVI) e índices de estrés (CWSI) se calculan a partir de fotografías en visible e IR tomadas desde diferentes dispositivos.

Permiten zonificar por:

- nivel de crecimiento,
- actividad fotosintética y
- estado hídrico

Vehículos no tripulados



Drones



Ventajas

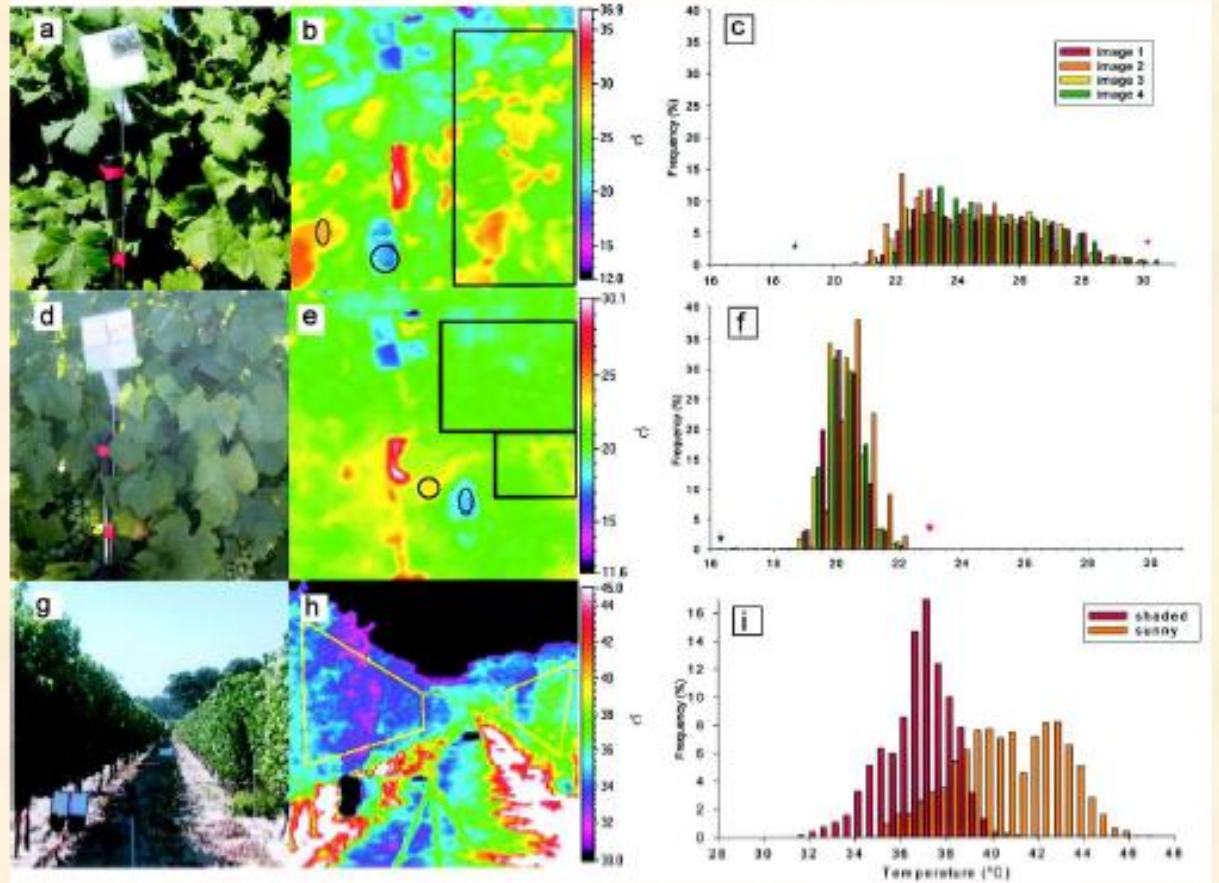
- Maniobrabilidad
- Precisión y estabilidad
- No requiere de pistas de aterrizaje
- Vuelo muy bajo

Limitaciones

- Menor tiempo de vuelo
- Menor capacidad de muestreo

Otros dispositivos a distancia

Termometría de infrarrojos

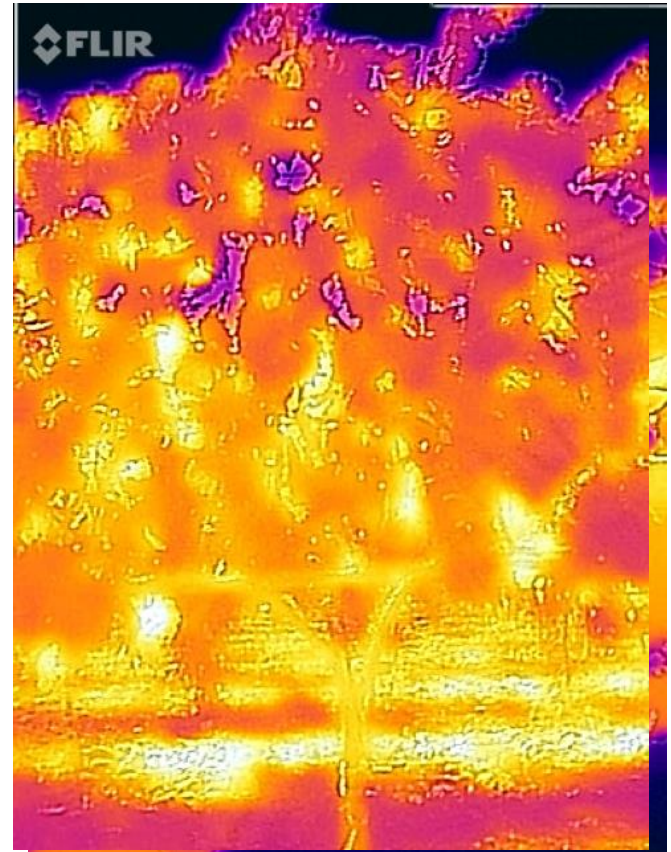


Thoja-Taire como indicativo del grado de estrés. A mayor Δ , mayor estrés

Apps para móvil para conocer el estado hídrico de las plantas:

FlirONE cámara termográfica

- Sensor infrarrojo onda larga
- Cámara VGA (640x480)
- El software calcula el índice de estrés CWSI teniendo en cuenta la T hoja, T aire, T seca, T húmeda



SINTOMAS VISUALES DEL ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA

Sin estrés



Estrés Moderado



Estrés moderado- severo



Estrés severo



1. Como entender los requerimientos hídricos de un viñedo?

B/BASES AGRONÓMICAS DEL RIEGO

El consumo de agua por el viñedo está determinado por:

El agua contenida en el suelo utilizable por las plantas (agua útil)



La demanda evaporativa ambiental



La superficie foliar expuesta



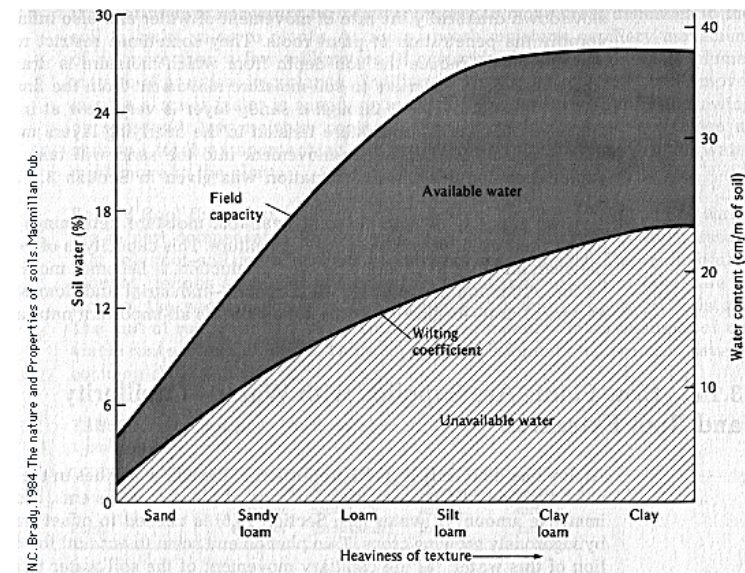
El suelo como almacén de agua

Capacidad de retención de agua del suelo: definida por CC

Agua útil o agua disponible: CC-PMP

Tres factores que condicionan la CRA

- Profundidad útil
 - Textura
 - % elementos gruesos



Como podemos medir/monitorizar el agua en el suelo?

Sondas basadas en la constante dieléctrica del suelo



Delta T devices



Enviroscan

Sondas basadas en la resistividad



Sonda watermark



Sondas ECHO

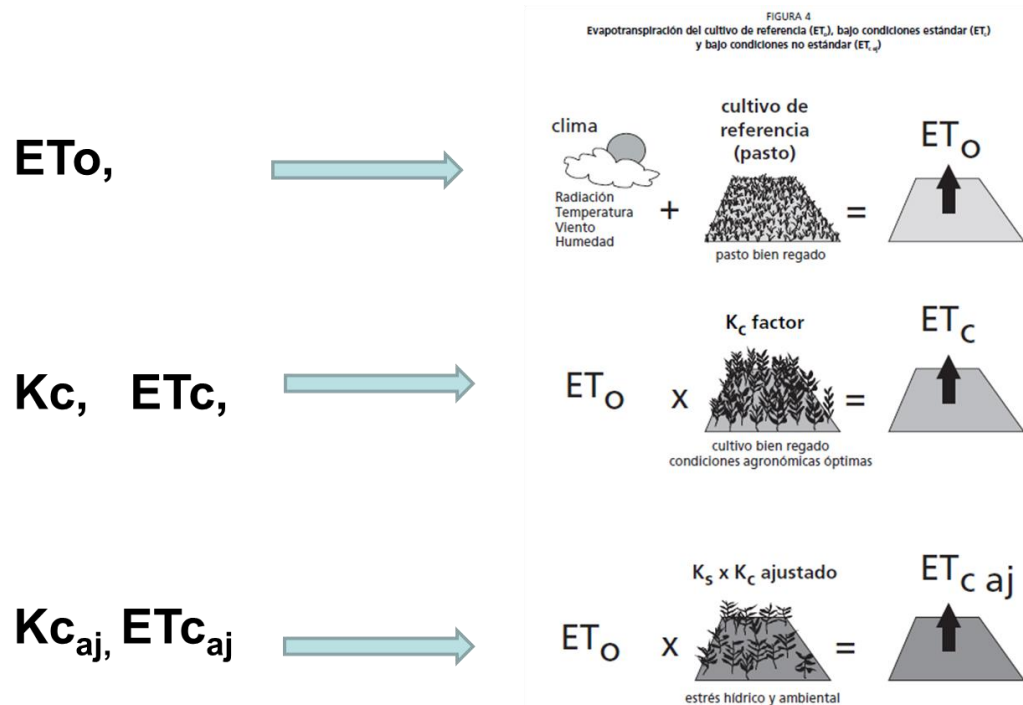
La demanda evaporativa ambiental



Concepto de Evapotranspiración

- Evapotranspiración (ET) = Evaporación directa del suelo + transpiración foliar
- Evapotranspiración potencial (ET_o) = ET en condiciones estandarizadas

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA EVAPOTRANSPIRACION:



La demanda evaporativa ambiental

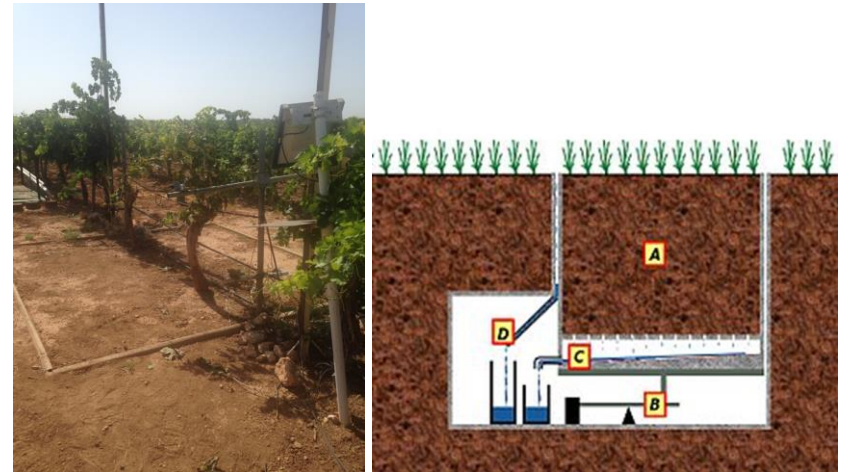
- La ETo se puede medir mediante un tanque evaporimétrico o se puede calcular a partir de parámetros ambientales (Eq Penman-Monteith)



En un día de verano soleado , la ETo ronda los 7 mm

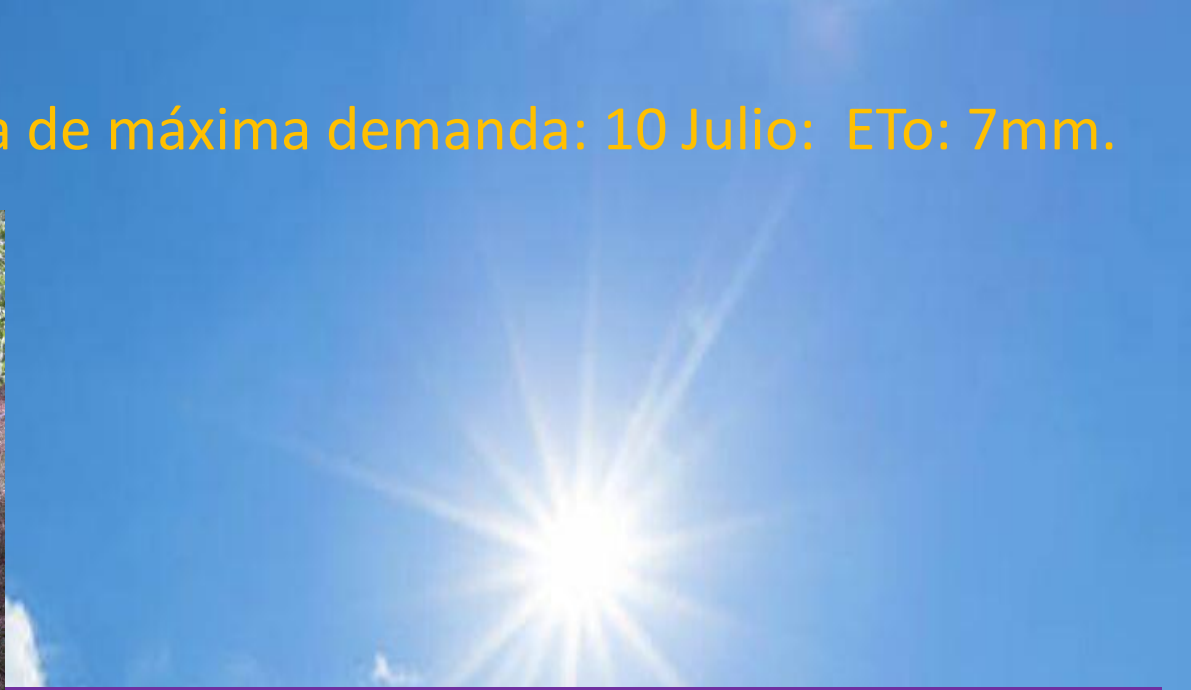
- El coeficiente de cultivo K_c se determina mediante lisimetría.

En vid en espaldera, el K_c puede variar entre 0.3 y 0.9



- El coeficiente ajustado está asociado a estrategias de riego deficitario y a condiciones específicas del viñedo.
- *puede variar a lo largo del ciclo entre 1 y 0.25*

Un ejemplo: Día de máxima demanda: 10 Julio: ETo: 7mm.



El Kc por lisimetría es de 0.65

$$ETc \text{ (mm/día)} = 7\text{mm} * 0.65 = 4.55 \text{ mm}$$

$$ETcaj \text{ (mm/día)} = 4.55\text{mm} * 0.3 = 1.37\text{mm}$$

(0.3 depende de la superficie de suelo sombreada y del nivel de estrés hídrico a imponer)

$$\text{Aporte } m^3/\text{ha} * \text{día} = 1,37 \text{ mm/día} \times 10000 m^2/\text{ha} + 1 m^3/1000L = 13,7 m^3/\text{ha} * \text{día}$$

La superficie foliar expuesta

- Ligada al sistema de conducción y al marco de plantación
- Condicionada por la disponibilidad de agua y nutrientes (fertilidad y profundidad del perfil)
- Asociada a los genotipos (portainjertos-viníferas)



Como podemos medirla?

Método del poit quadrat :basada en la arquitectura foliar de cada sistema de conducción.

Superficie de suelo sombreada por la vegetación

Sistema de formación	Cálculo de la Superficie externa	Observaciones
A. Vaso con forma de semiesfera	$SA = \frac{2 \cdot R^2}{(D-A)}$	SA: Superficie externa (m ² /m ²) D: Distancia entre cepas en la línea (m) A: Anchura de calle (m) R: Radio de la esfera (m)
B. Vaso con forma de casquete de esfera	$SA = \frac{2 \cdot R \cdot H}{(D-A)}$	SA: Superficie externa (m ² /m ²) D: Distancia entre cepas en la fila (m) A: Anchura de calle (m) R: Radio de la esfera H: Altura de la semiesfera (m)
C. Vaso con forma de cono invertido	$SA = \frac{(R^2 + R \cdot g)}{(D-A)}$	SA: Superficie externa (m ² /m ²) D: Distancia entre cepas a lo largo de la fila (m) A: Anchura de calle (m) R: Radio de la base del cono g: Línea generatriz, que es la longitud entre el vértice (tronco a ras de suelo) y un punto del perímetro de la circunferencia de la base (m)
D. Espaldera con forma de paralelepípedo	$SA = \frac{(D - G) \cdot (2H + W \cdot G)}{(D \cdot A)}$	SA: Superficie externa (m ² /m ²) D: Distancia entre plantas a lo largo de la fila (m) A: Anchura de calle (m) G: Longitud de los huecos entre plantas a lo largo de la fila (m) H: Altura media del plano de vegetación (m) W: Anchura media de la espaldera en su parte superior (m)
E. Sistema en cortina vaso alineado también denominado <i>sprazi</i>	$SA = \frac{(D - G) \cdot H}{(D \cdot A)}$	SA: Superficie externa (m ² /m ²) D: Distancia entre cepas a lo largo de la fila (m) A: Anchura de calle (m) G: Longitud media de los huecos entre cepas a lo largo de la fila (m) H: Longitud media del contorno (m)



3.1. Método de Point Quadrat

En 10 plantas representativas del viñedo se inserta en la zona de racimos, un varilla rígida perpendicularmente a la cubierta vegetal de modo que la atraviese de lado a lado; se anotan los órganos que tocan la varilla a lo largo de su recorrido (L= hoja, R= racimo, O= hueco). Se realizarán las inserciones cada 15 cm. Como ejemplo se presenta la Tabla 2.

Foto: VIViticultura - UPM

Como podemos medirla?

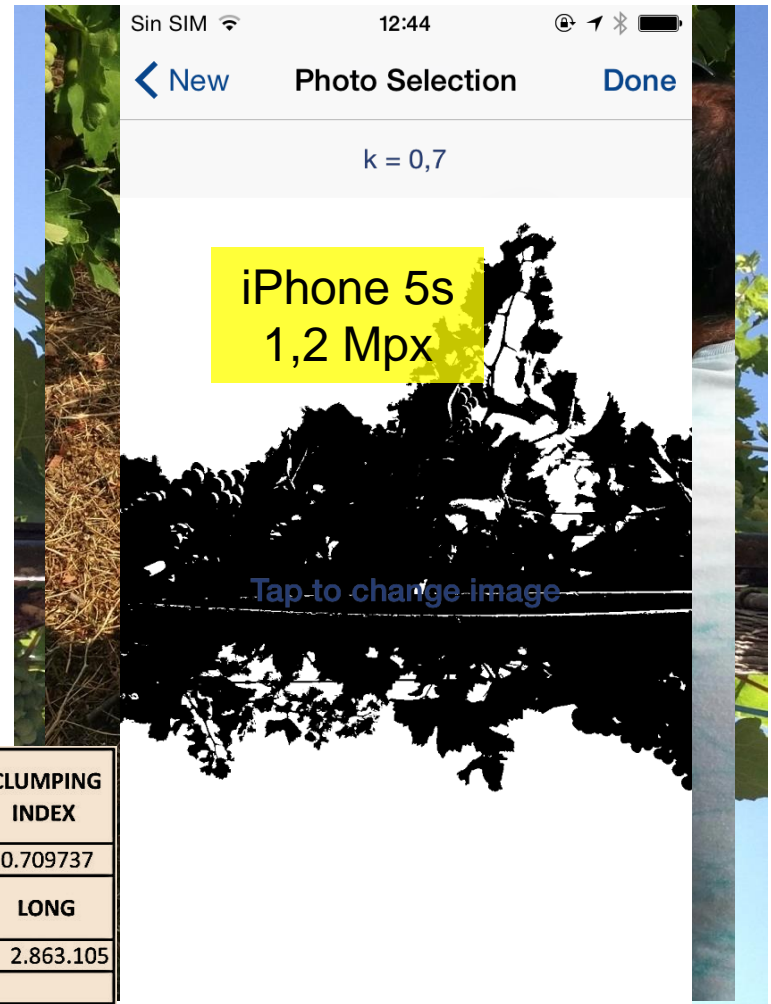
LAI (índice de área foliar : Sup foliar/Sup suelo.

Viti Canopy app



Procesado de imagen en MATLAB
(Fuentes *et al.* 2008)

- Algoritmos de cálculo
(Mcfarlane *et al.* 2007)



FILE	LAIE	LAIM	CANOPY COVER	CROWN POROSITY	CLUMPING INDEX
2015-08-13 at 09:55	0.792617	1.116.775	0.571152	0.254435	0.709737
EXTINCTION COEFF	NUM DIV	TOTAL PIXELS	TIME	LAT	LONG
0.700000	625	1228800	9:55	396.939	2.863.105
DATE	BIG GAPS	GAP THRES	TOTAL GAPS		
13/8/15	526.968.375.000	0.740000	705.538.625.000		

Un ejemplo:

Día de máxima demanda: 10 Julio: ETo: 6mm. Si aplicáramos un Kc de 0.4, el aporte diario sería de 21 m³/ha

Una espaldera vertical de una altura de vegetación de 2m y una porosidad del 5% de un viñedo de marco 2,5m entre calles:

El área foliar expuesta es de unos 4,5 m² por metro lineal de espaldera.



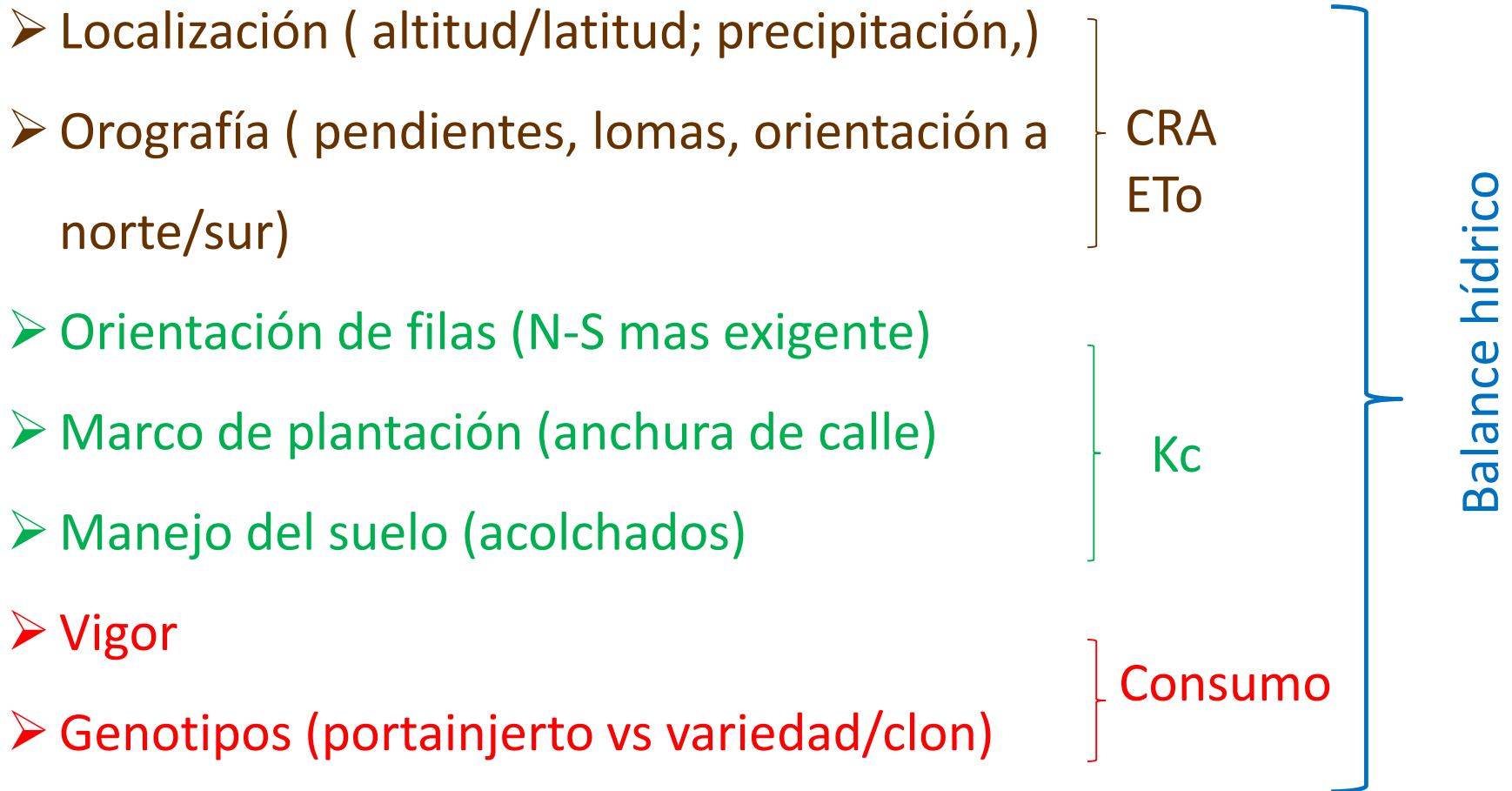
35.000m² hoja expuesta /ha

La transpiración potencial de agua es de 0.6L/día y m² de hoja

Una ha de este viñedo tiene un potencial transpiratorio de unos 21m³/día



2. Que características agronómicas del viñedo determinan los requerimientos hídricos?



3. CLAVES PARA UN USO MAS RACIONAL DEL RIEGO

- 1. Definir las características edafoclimáticas de la parcel y su grado de variabilidad: estudio de zonificación*
- 2. Selección de genotipos menos exigentes en agua y mejor adaptados a la sequía y de mayor eficacia en el uso del agua (EUA)*
- 3. Acciones de manejo del viñedo que permitan reducir los consumos hídricos*
- 4. Plantear estrategias de riego deficitario*

1. Definir las características edafoclimáticas de la parcel y su grado de variabilidad: estudio de zonificación: el clima

El clima determinará la demanda evaporativa, la duración del ciclo y por tanto los requerimientos hídricos del viñedo

ÍNDICE WINKLER

Área	$I_{Te} [^{\circ}C] = \sum_{1 \text{ abril}}^{31 \text{ octubre}} (temperatura \text{ media} - 10)$
I	< 1370
II	1370 – 1650
III	1650 – 1930
IV	1930 – 2200
V	> 2200

ÍNDICE HELIOTÉRMICO (IH °C)

IH+3 < 3000 Muy caluroso
2400 < IH+2 < 300 Caluroso
100 < IH+1 < 2400 Templado-caluroso
1800 < IH-1 < 2100 Templado
1500 < IH-2 < 1800 Frio
IH-3 < 1500 Muy frio

$$\text{Índice de Huglin } (^{\circ}C) = \sum_{1 \text{ abril}}^{30 \text{ septiembre}} \frac{(t_m - 10) + (T - 10)}{2} \cdot K$$

Donde:

t_m es la temperatura media diaria

T es la temperatura máxima diaria

K es un factor que depende de la latitud cuyo rango va desde 1.02 – 1.06 para 40°N y 50°N respectivamente

1. Definir las características edafoclimáticas de la parcel y su grado de variabilidad: estudio de zonificación: el suelo

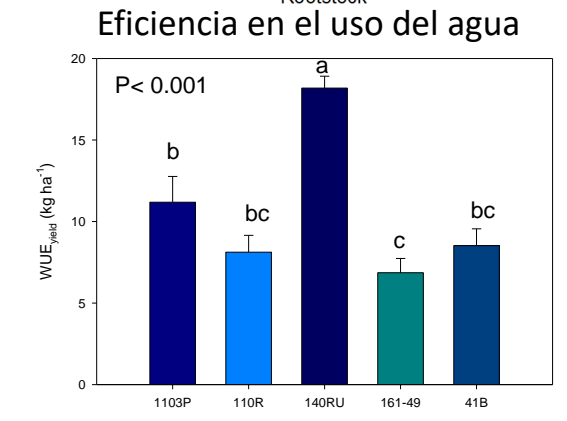
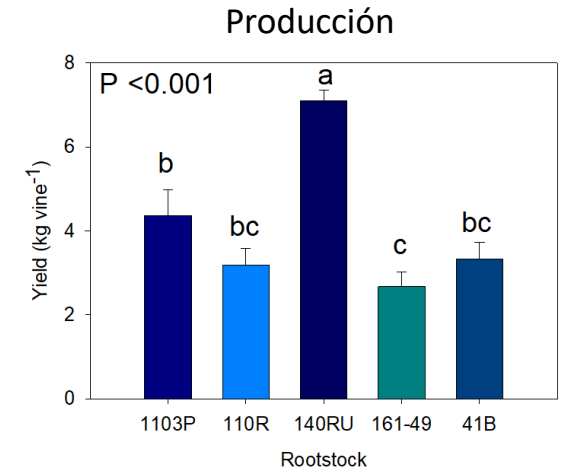
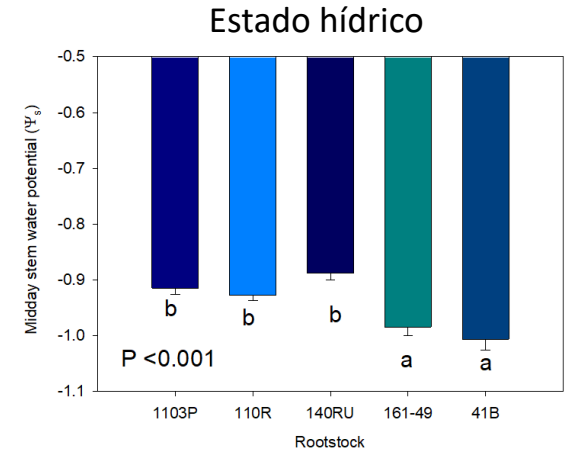
Los estudios de zonificación de la parcela basados en parámetros orográficos (pendientes y orientaciones), profundidad útil del perfil y textura y parámetros de fertilidad (CE, MO, CIC, CO₃Ca...) permiten establecer diferentes unidades o subparcelas que permite una mayor sectorización del sistema de riego



2. Selección de genotipos menos exigentes y mejor adaptados a la sequía y de mayor eficiencia en el uso del agua

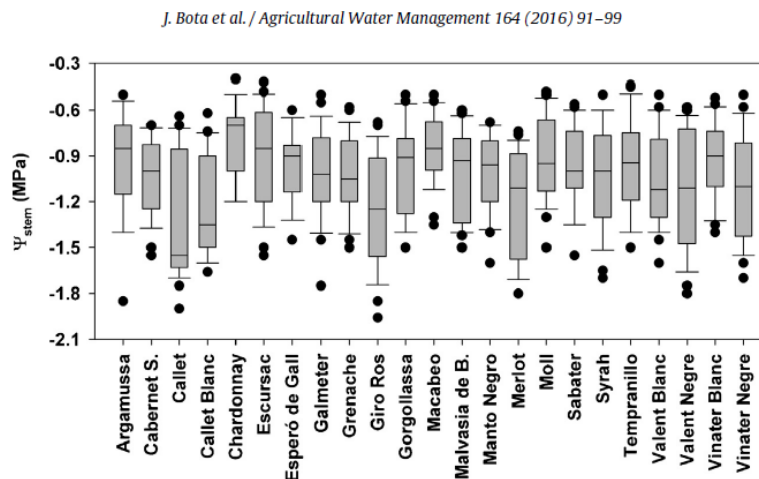
Los portainjertos comerciales y nuevas líneas de portainjertos (serie RG, serie M), presentan variabilidad en la adaptación a terrenos y confieren respuestas diferenciadas a la vinífera

Porta - injerto	Caliza activa	Humedad	Sequía	Salinidad	Vigor
R110	17	0-1	3	1	V
P1103	20	2	3	2-3	V
SO4	17	2-3	1	0-1	M
140 Ru	20-40	0-1	3	1	V
R 99	17	0-1	2	1	D
161-49	25	2	1-2	1	M
41 B	40	0-1	2	1	M
Rupestris de Lot	14	0-1	2	0-1	V



3. Selección de genotipos menos exigentes y mejor adaptados a la sequía...

➤ Estudios recientes avalan una gran variabilidad en la eficiencia en el uso del agua (EUA) entre variedades de vid permitiendo clasificar variedades en ahorradoras y derrochadoras de agua



➤ También se ha verificado una significativa variabilidad en la EUA entre clones de una misma variedad (*Tempranillo*, *Monastrell*, *Garnacha*)

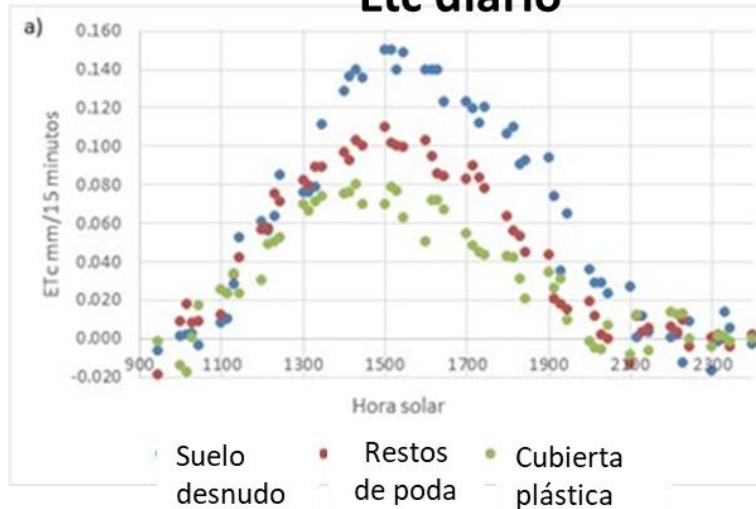
Genotype	WUE _i				WUE _c				δ ¹³ C				Mean ranking
	2018	2019	2020	Average	2018	2019	2020	Average	2018	2019	2020	Average	
136	1	10	2	3		1	10	1	4	9	1	5	2
141	8	13	8	12			3	7	11	10	13	13	13
143	13	12	13	13			4	8		6	12	8	11
435	2	7	1	2	2	7	3		5	2	1	1	1
ARA-2	5	8	6	7	4	8	4	6	11	9	9	9	6
ARA-24	10	9	10	11	6	5	6	7	13	10	12	12	9
ARA-4	3	5	11	4	3	12	2	5	12	6	7	7	3
EV-11	11	6	4	8	9	9	10	1	3	5	3	3	7
EV-13	7	3	3	5	10	11	12	2	4	4	4	4	8
EV-14	12	2	5	6	7	1	9	3	1	3	2	2	4
EV-15	9	4	9	9	8	2	11	10	7	7	10	10	12
RJ-21	6	11	7	10	11	13	13	8	2	8	6	6	10
VN	4	1	12	1	5	6	5	9	8	11	11	11	5

3. Acciones de manejo del viñedo que permitan reducir los consumos hídricos

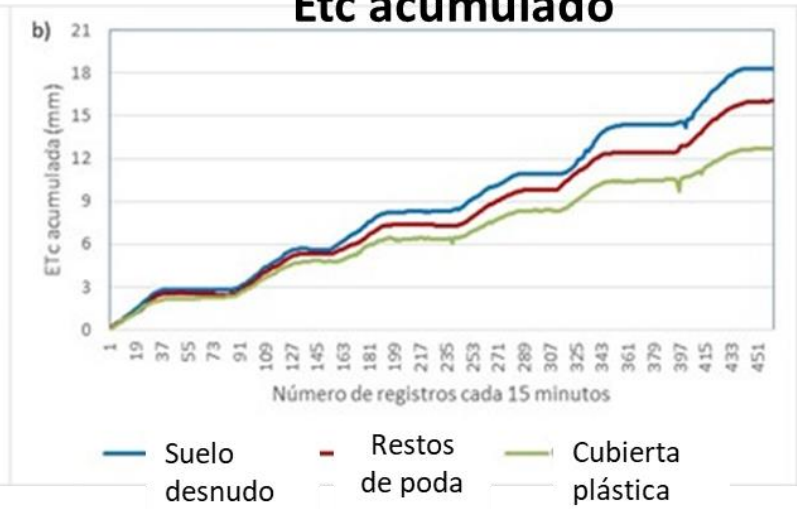
El acolchado permite reducir de manera significativa el componente evaporativo de la Etc



Etc diario



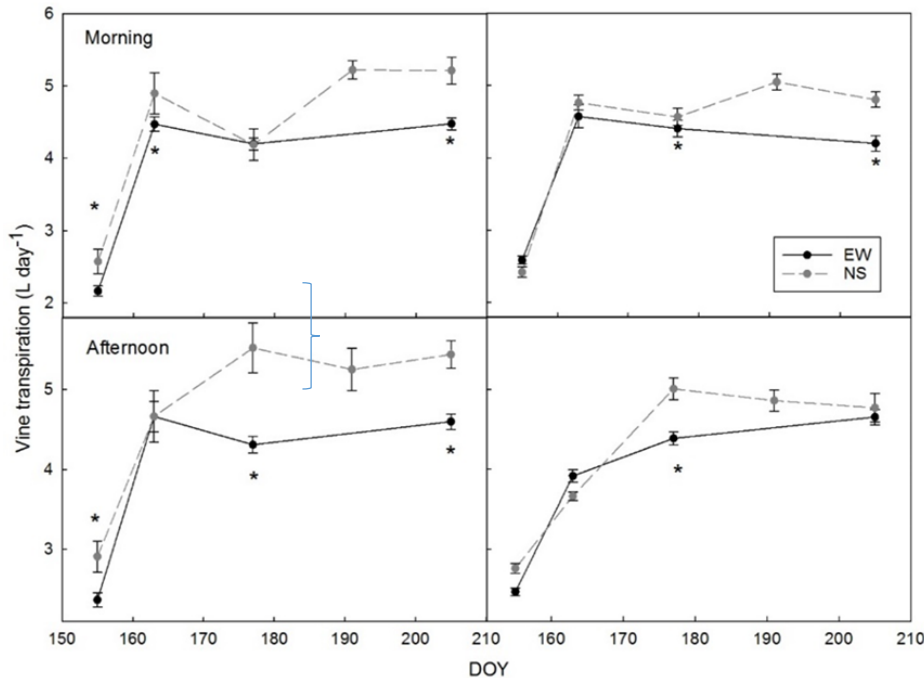
Etc acumulado



3. Acciones de manejo del viñedo que permitan reducir los consumos hídricos

La orientación de las filas permite reducir la transpiración foliar, e incrementar la EUA

Orientación	Área foliar, $m^2 \text{ planta}^{-1}$	Afoliar/cosecha $m^2 \text{ kg}^{-1}$	UA, $L \text{ planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$	EUA, $kg \text{ m}^{-3}$
NS	6.2	1.6	8.9	9.7
EW	5.9	1.4	7.7	12.2



2. CLAVES PARA UN USO MAS RACIONAL DEL RIEGO

- 1. Selección de genotipos menos exigentes en agua y mejor adaptados a la sequía y de mayor eficacia en el uso del agua (EUA)*
- 2. Definir las características edafoclimáticas de la parcel y su grado de variabilidad: estudio de zonificación*
- 3. Acciones de manejo del viñedo que permitan reducir los consumos hídricos*
- 4. Plantear estrategias de riego deficitario*

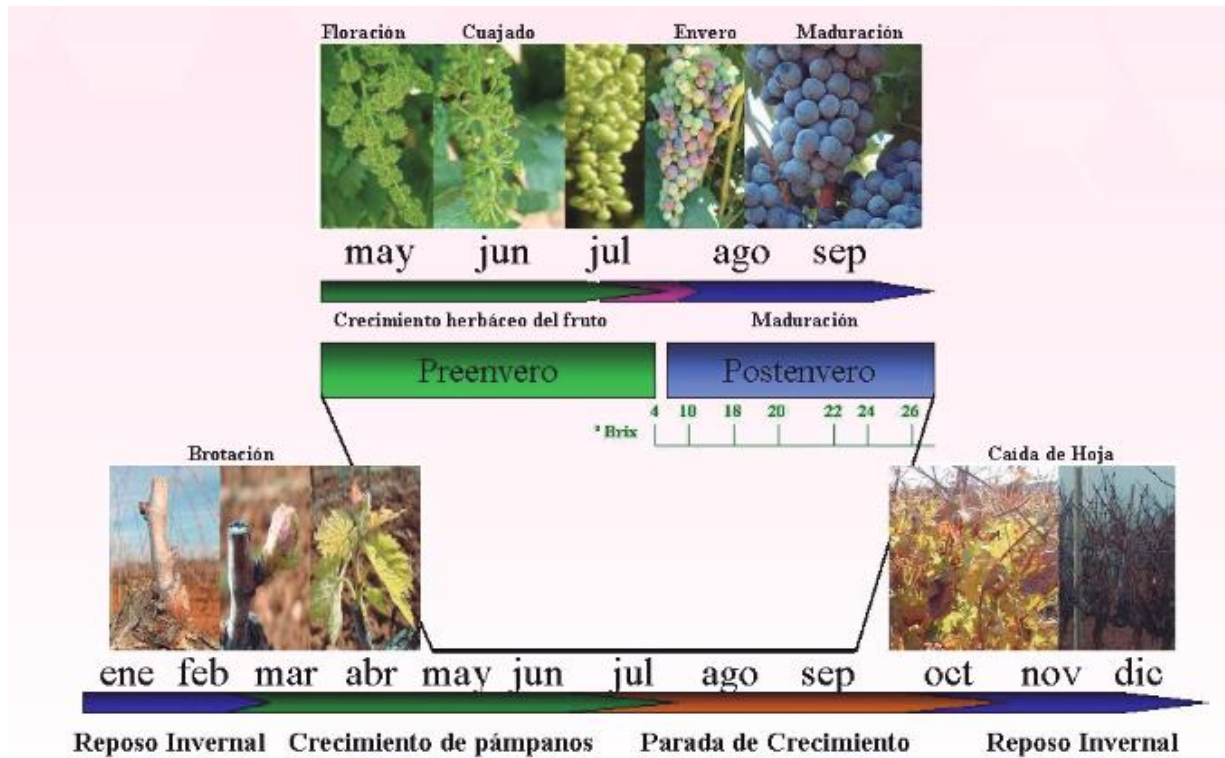
4. Plantear estrategias de riego deficitario

Se trata de modular los aportes de agua con el fin de provocar un estrés progresivo a lo largo del ciclo para la optimización de la calidad de la uva: Riego deficitario (RD), Riego deficitario controlado (RDC) desecación parcial de raíces (DPR)

- Control del tamaño de la baya
- Control del crecimiento vegetativo

OBJETIVOS:

- Control del metabolism de la baya: azúcares/ ácidos; polifenoles; aromas



4. Plantear estrategias de riego deficitario

- Punto de partida: conocer los Kc del viñedo
- Depende de:
 - La zona climática
 - El sistema de producción

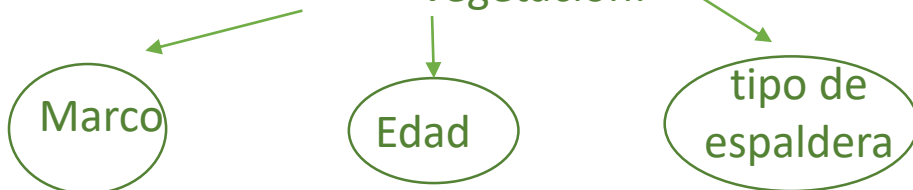


Uriarte et al 2014. Manual práctico de riego para vinificación

Mes	Coefficiente de cultivo (Kc)
Abril	0,25
Mayo	0,55
Junio	0,85
Julio	0,85
Agosto	0,95
Septiembre	0,90
Octubre	0,80

*Finca La orden Badajoz CICYTEX
Tempranillo en espaldera vertical*

2º paso: Considerar el % de suelo ocupado por la vegetación:



% Suelo Sombreado	Coefficiente de cultivo (Kc)
10	0,27
20	0,47
30	0,67
40	0,87
50	1,07
60	1,27

4. Plantear estrategias de riego deficitario

3º paso: establecer la estrategia de riego en función de objetivos:

% de agua a aplicar en base a las necesidades netas del viñedo

Estrategia RDC	Preenvero	Postenvero
Sin limitaciones hídricas	100%	100%
Equilibrio Producción/Agua Aplicada	70%	40%
Calidad	20%	35%

Uriarte et al 2014. Manual práctico de riego para vinificación

Potenciales hídricos de tallo de referencia

Estrategia RDC	Inicio del riego	Preenvero	Postenvero
Sin limitaciones hídricas	-6 Bares	-6 Bares	-6 Bares
Maximizar Producción	-8 Bares	De -9 a -11 Bares	> -12 Bares
Maximizar Calidad	-12 Bares	De -13 a -15 Bares	De -10 a -12 Bares

Uriarte et al 2014. Manual práctico de riego para vinificación

4. Plantear estrategias de riego deficitario

3º paso: establecer la estrategia de riego en función de objetivos:

Kc recomendados en base a objetivos

	Kc	Coeficiente recomendado	
		Producción	Calidad
Abril	0,25	0,20	0
Mayo	0,55	0,40	0
Junio	0,85	0,60	0,15
Julio	0,85	0,60	0,15
Agosto	0,95	0,40	0,30
Septiembre	0,90	0,35	0,30
Octubre	0,80	0,30	0,25

APORTES

3200 m³/ha

1200 m³/ha

Uriarte et al 2014. Manual práctico de riego para vinificación

RESUMEN:

- La optimización del riego en el viñedo pasa por un conocimiento detallado del suelo y el clima de la parcela
- La selección de genotipos menos exigentes en agua y mayor adaptados a condiciones restrictivas juega también un papel esencial en la gestión de los recursos hídricos
- Es fundamental ajustar el manejo del viñedo para reducir los consumos y mejorar la eficiencia en el uso del agua
- Se deben considerar estrategias de riego deficitario adecuadas a los objetivos vitícolas

Muchas gracias por su atención

