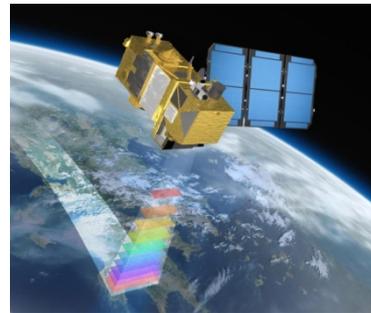


¿Qué hay de nuevo en la gestión del estado hídrico y el riego del viñedo?



Diego s. Intrigliolo

Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE)

CSIC-UV-GVA

e-mail: diego.intrigliolo@csic.es

Tel: 656682880



Agradecimientos

CIDE: R. Ferrer, I. Buesa, R. López, A. Yeves, F. Visconti, J.M. Ramirez

IVIA y UPV: L. Bonet, F. Sanz, D. Guerra, J.G. Pérez, E. Badal,

UCLM Albacete: J.M. Sanchez, M.A. Moreno, R. Ballesteros

Financiación

Agencia Estatal de Investigación

Upgrape, Wanugrape4.0, DiverGrape, E-Stress

Unión Europea

FruitCrews, SusCrop

GVA-AVI

DigitalRiego

Contratos con empresa

DO Utiel-Requena, Bodegas Juan Gil



SusCrop – ERA-NET

Cofund on Sustainable Crop Production

FACCEJPI



**GENERALITAT
VALENCIANA**



utiel-requena
DENOMINACIÓN DE ORIGEN



1. Contextualización del riego

2. Efectos del riego sobre producción y calidad

3. Programación del riego (toma de decisiones)

4. El futuro del riego en la vid



Contextualización del riego

El viticultor toma la 1ª decisión



A qué tipo de vino quiere
destinar la uva a producir



La Denominación de Origen toma la 2ª decisión



Qué nivel de producción
admite



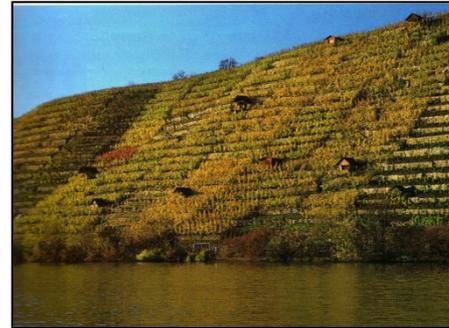
Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) Desertificación (CIDE)

15.000 kg/ha

7.500 kg/ha

Herramientas que tiene a disposición el viticultor para influir sobre el tipo de uva a producir

1. Terroir = (suelo+clima)



2. Material genético = Portainjerto+Variedad

3. Técnicas de cultivo

3.1 Sistema de conducción (vaso, espaldera, lyra, SPRAWL)

3.2 Manejo del suelo (cubiertas vegetales, laboreo)

3.3 Riego/Secano (Riego máximo o deficitario)

3.4 Fertilización (deficitaria, optima, periodo de aplicación)

3.5 Control de la producción (Carga de poda, aclareo deshojado temprano)

3.6 Control de la vegetación y del micro-clima del racimo (deshojado, despuntado ...)

Contextualización del riego



Vaso, sin apoyos



Espaldera



SPRAWL



Viñedos con mucha vegetación

Contextualización del riego



Nelson
Shaulis

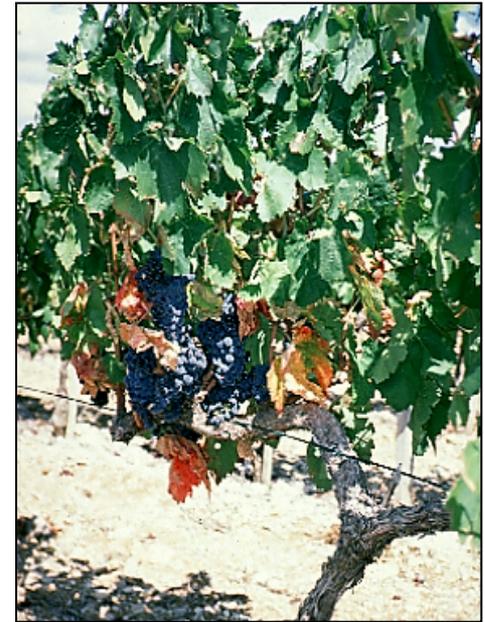
Richard
Smart

Alain
Carbonneau

¿qué determina la respuesta agronómica y la composición final de la uva?



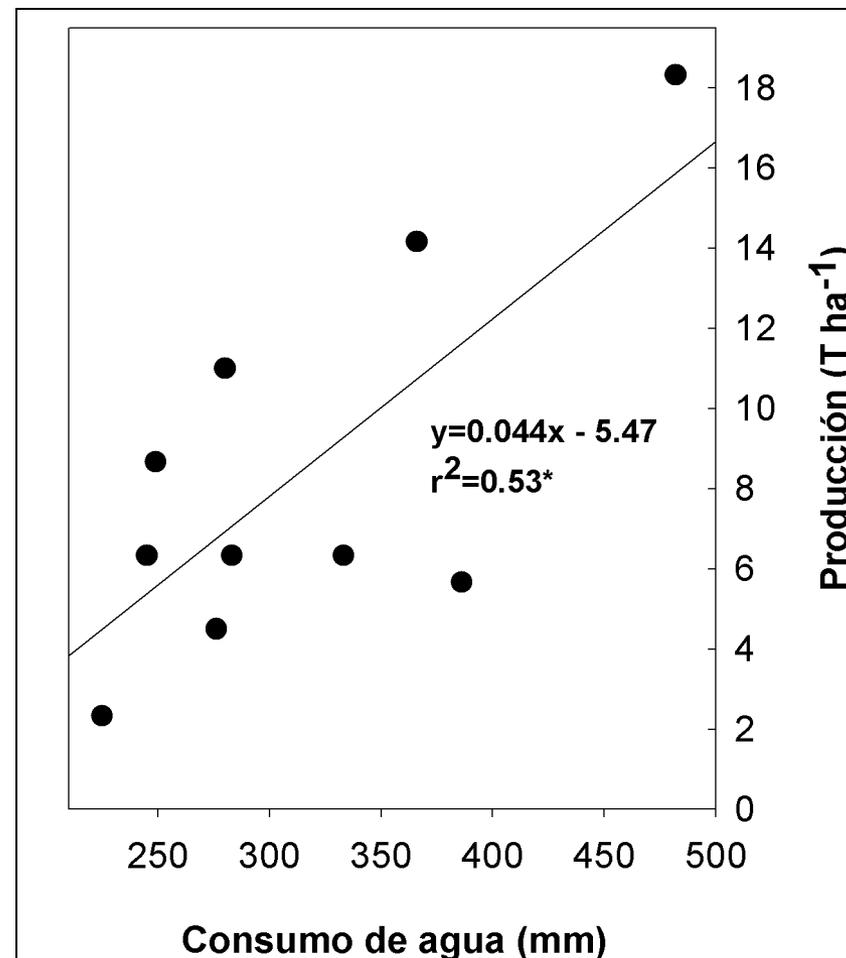
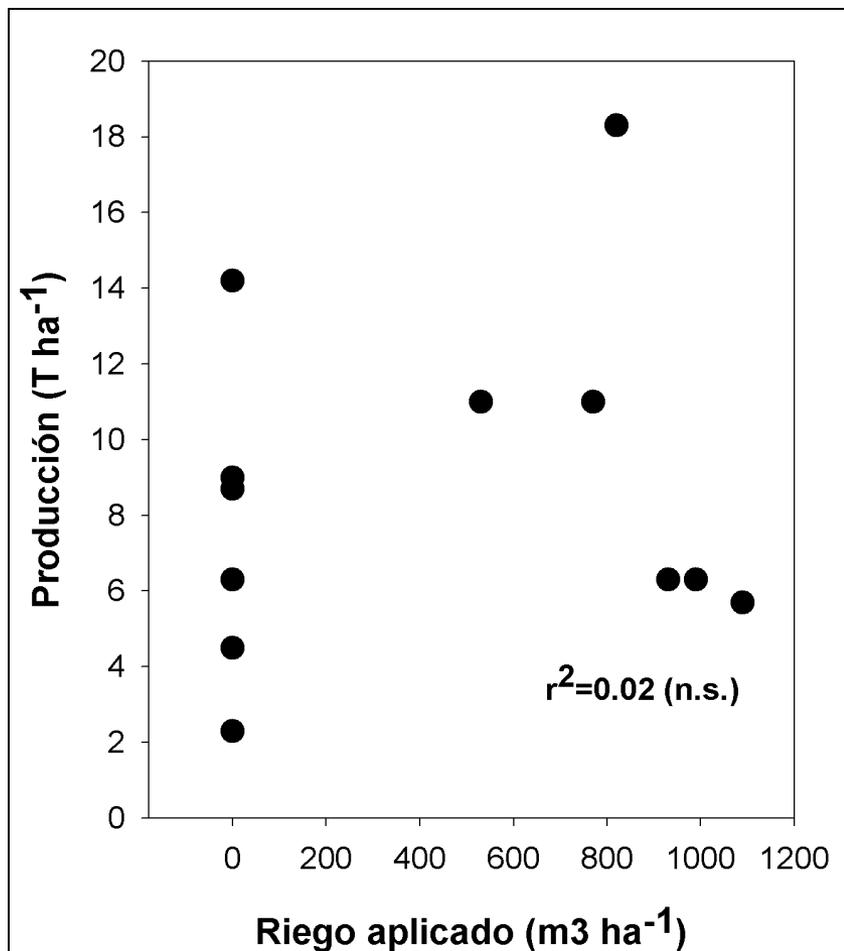
El riego. La práctica de cultivo



El estado hídrico de la planta.

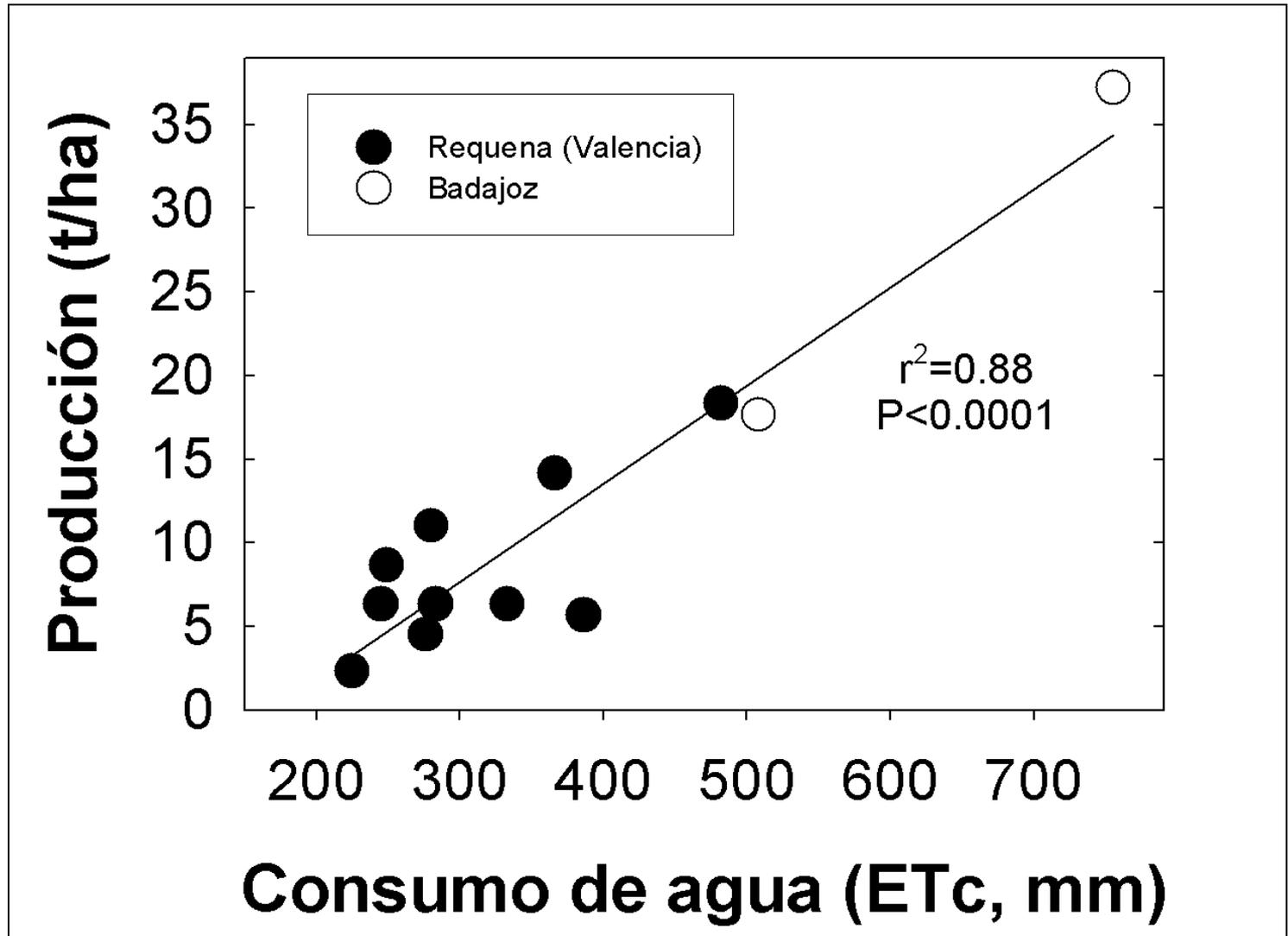
El consumo hídrico

Contextualización del riego



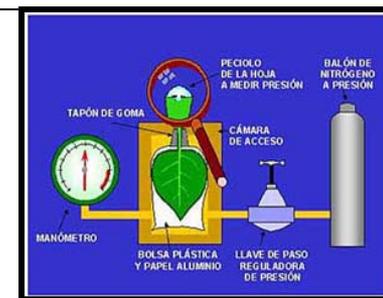
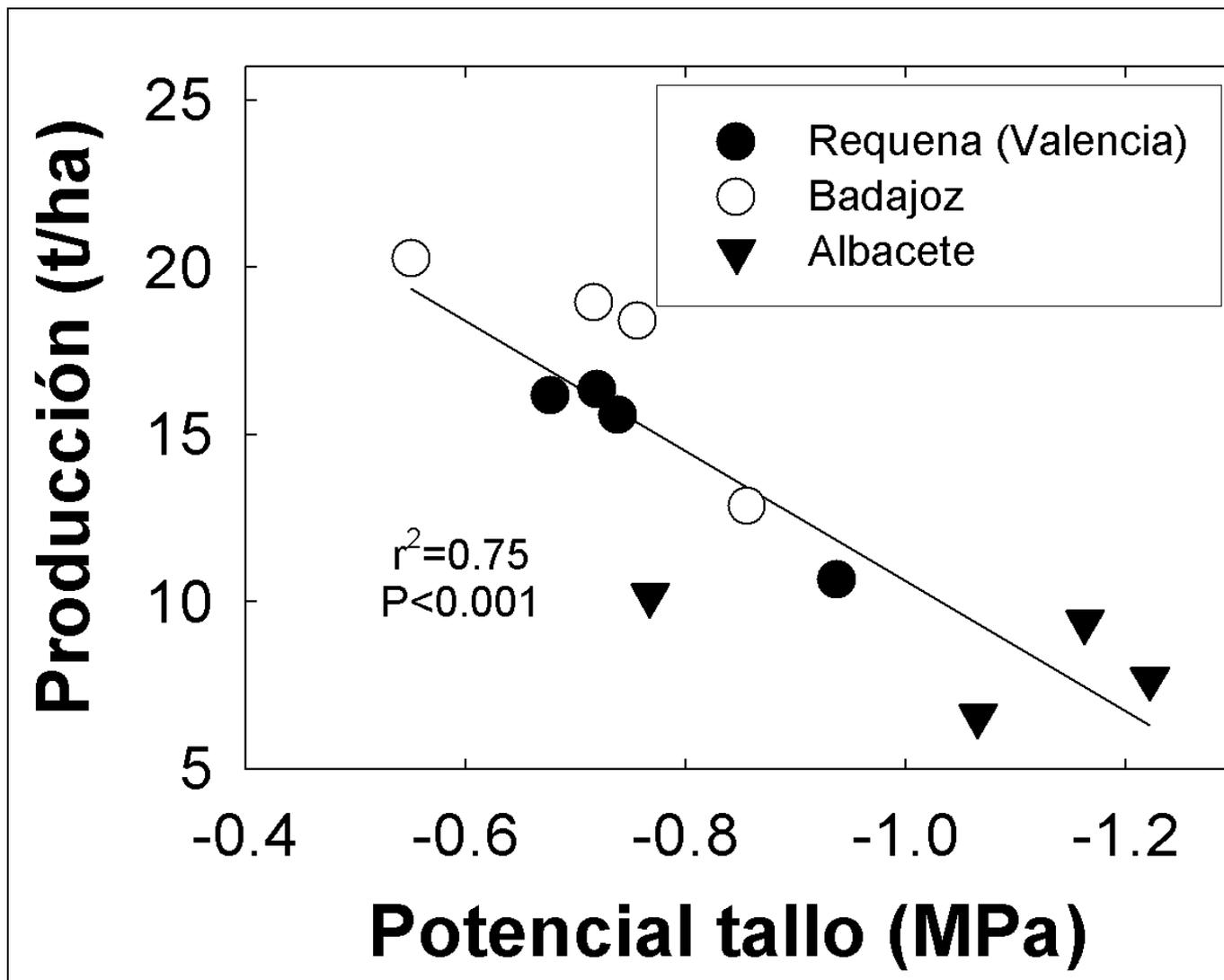
Resultados de un ensayo en la D.O. Utiel-Requena con la variedad Tempranillo
Parcela El Cerrito Fundación Lucio Gil de Fagoaga

Contextualización del riego



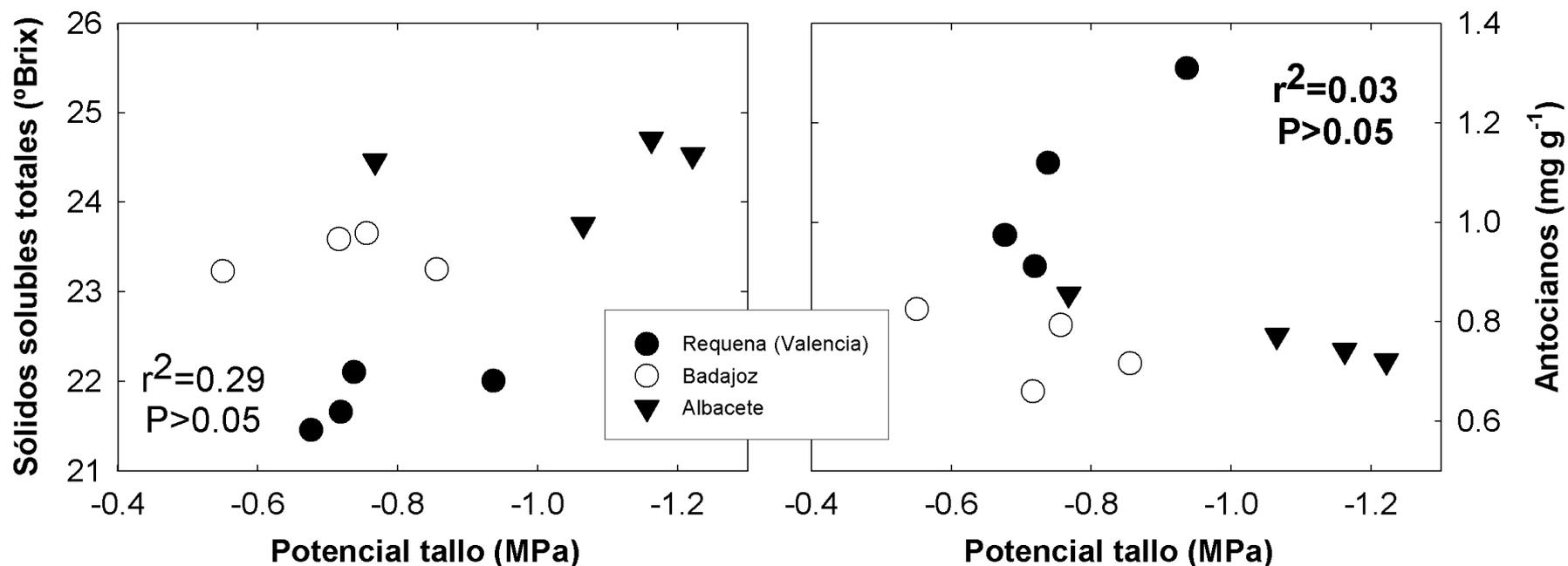
Cepas de Tempranillo en Requena y Badajoz

Contextualización del riego



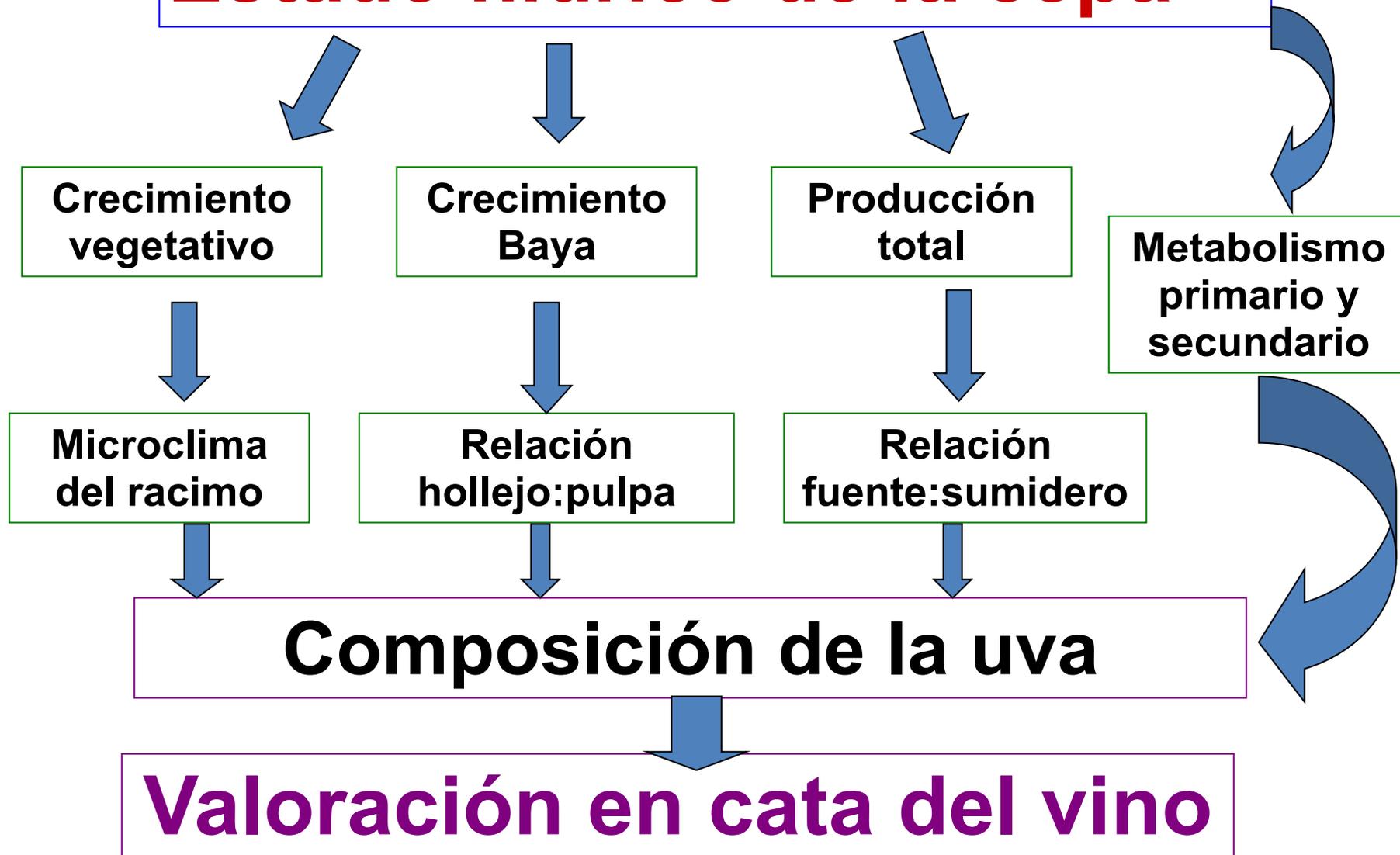
Cepas de Tempranillo en Requena, Badajoz y Albacete

Efectos del riego sobre la calidad de la uva/vino



Cepas de Tempranillo en Requena, Badajoz y Albacete

Estado hídrico de la cepa



1. Contextualización del riego

2. Efectos del riego sobre producción y calidad

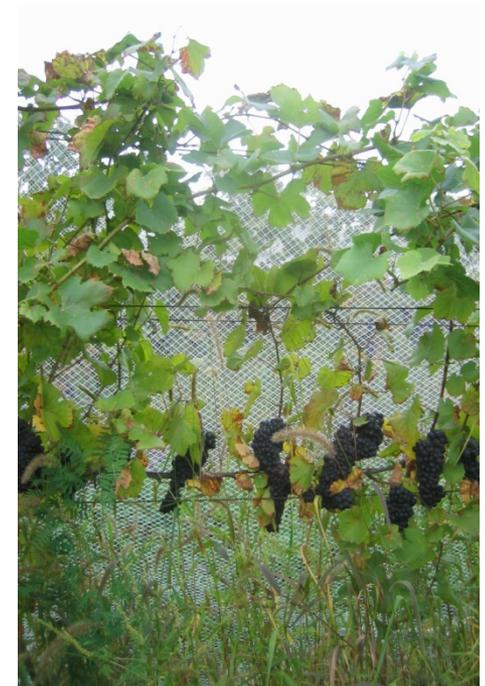
3. Programación del riego (toma de decisiones)

4. El futuro del riego en la vid



Estrés hídrico entre brotación y cuajado

- Difícilmente ocurre en un clima mediterráneo (¿este año?)
- Importante reducción del crecimiento vegetativo
→ cubierta incompleta
- Reducción de la capacidad de la cepa para cuajar frutos



Debería evitarse

- Eliminar uveros o cargadores
- Eliminación de malas hierbas
- Poda en verde más severa (menos sarmientos)
- Aclareo de racimos
- Riego de apoyo mediante cuba (15 mm = 15 Litros/m² antes de floración)

Estrés hídrico entre cuajado y envero

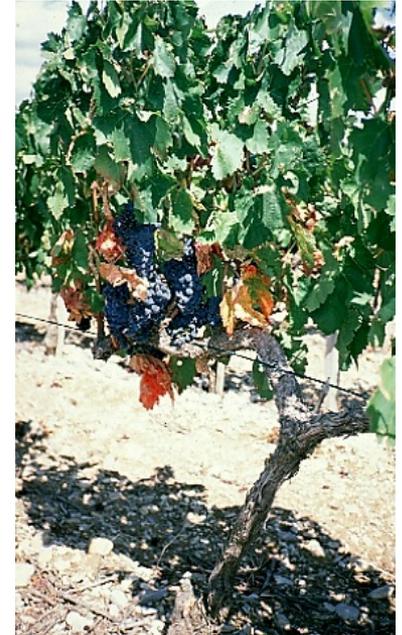
- Puede ocurrir/inducirse incluso en suelos profundos si se emplean cubiertas vegetales
- Es una buena herramienta para controlar el vigor de las cepas y reducir el tamaño de la baya → mayor proporción de hollejo frente a la pulpa
- Ayuda a controlar la producción y la demanda de fotoasimilados durante la maduración
- Puede incrementar la síntesis de antocianos durante la posterior maduración de la uva



Un estrés hídrico moderado es beneficioso
Debe evitarse un estrés demasiado severo

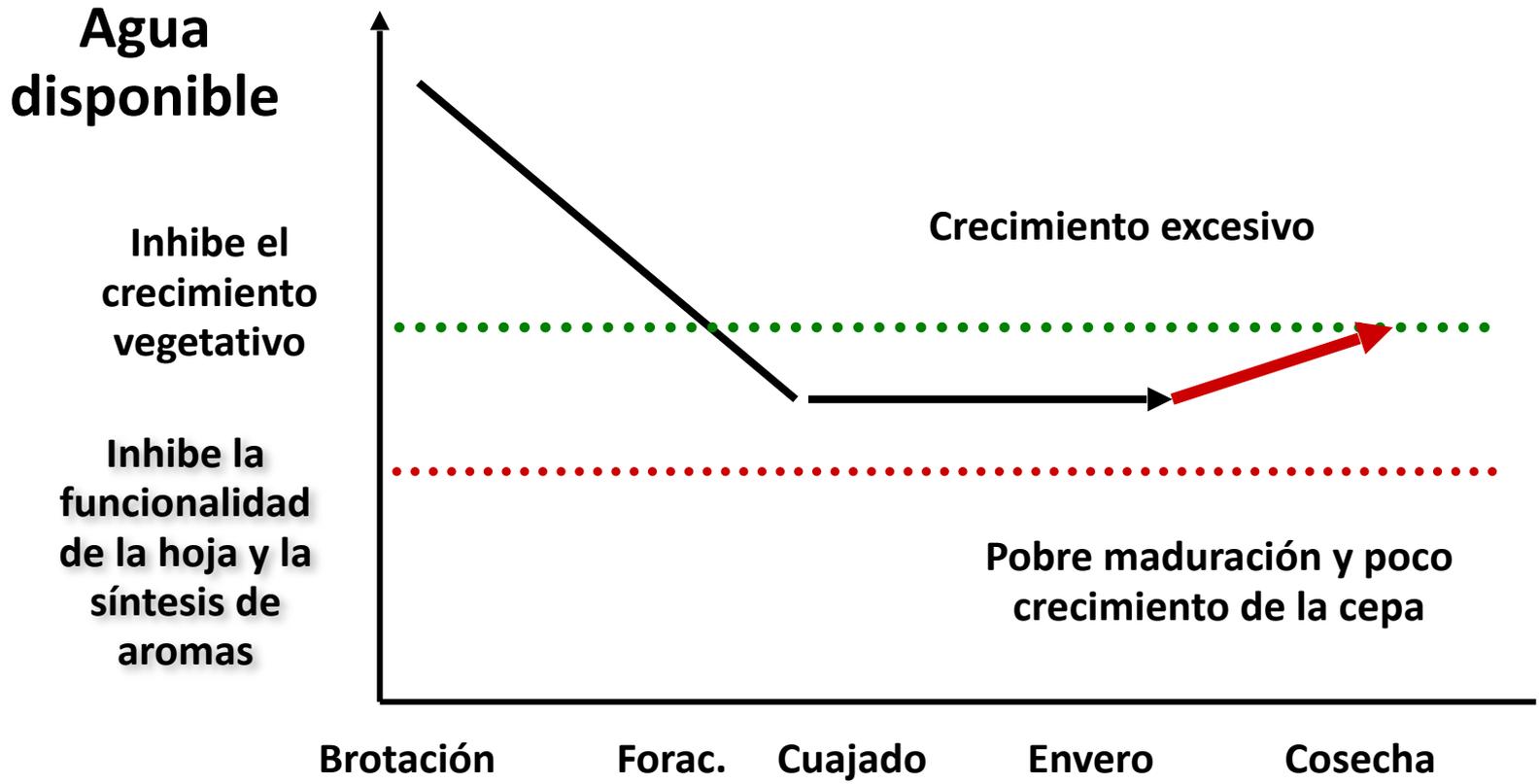
Estrés hídrico entre envero y maduración

- Anteriormente se recomendaba no regar tras el envero para evitar el efecto dilución.
- No ayuda a controlar el vigor de las cepas.
- Es menos efectivo que el estrés de primavera para reducir el tamaño de la baya.
- La fotosíntesis decrece y no se producen azúcares para la maduración. Pérdida de hoja basales.
- Puede retrasar la síntesis de aromas. Puede incrementar/disminuir el $^{\circ}$ Alcohólico en función del nivel de cosecha.
- En variedades para vino blanco puede conducir a aromas no deseados, menor sensación de frescura.



Es recomendable garantizar que la cepa tenga un estado hídrico adecuado

Manejo ideal



Las variedades para vino tinto suelen tolerar/requerir un mayor nivel de estrés que las de vino blanco

1. Contextualización del riego

2. Efectos del riego sobre producción y calidad

3. Programación del riego (toma de decisiones)

4. El futuro del riego en la vid

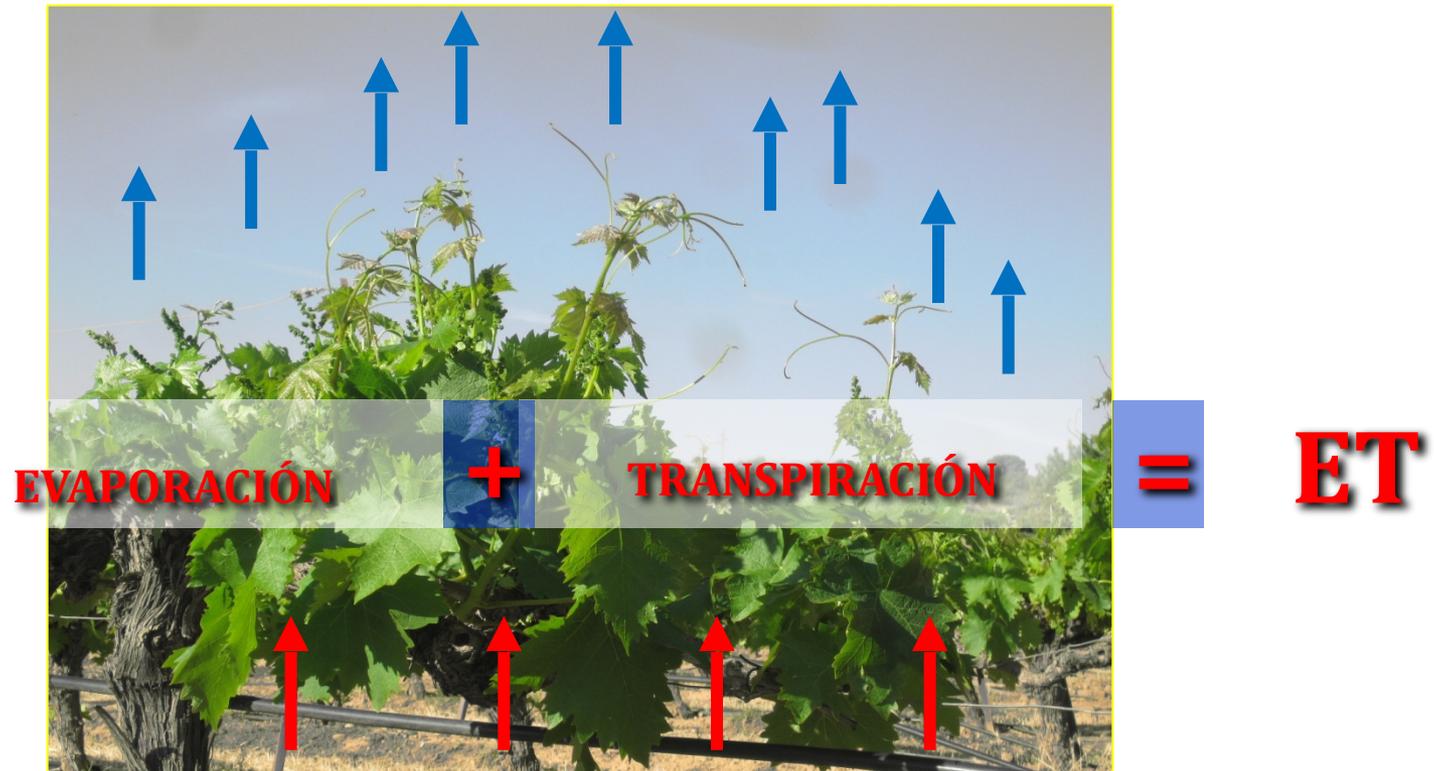


Programación del riego

ATMÓSFERA
(CLIMA)

PLANTA

SUELO



Consumo de agua

1- Clima

- Temperatura
- Radiación
- Humedad del aire
- Viento



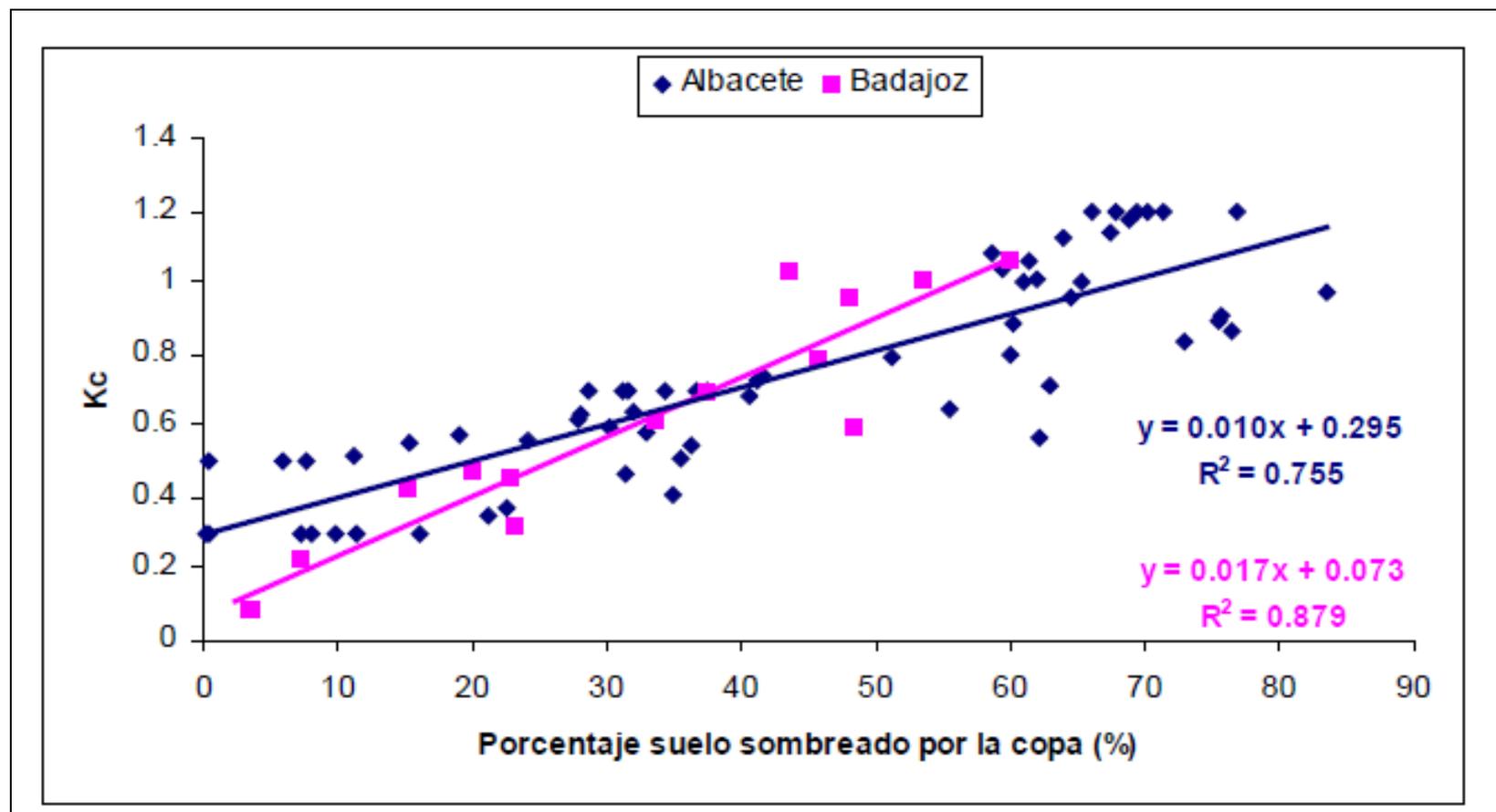
2- Cultivo



Consumo de agua = Efecto clima x Efecto cultivo

$ETo * Kc$

Coeficiente de cultivo de la vid cv. Tempranillo



Resultados de: **Albacete**, López-urea et al. Agric. Water Manage. (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2012.05.009> y **Badajoz**, Picón-Toro et al. (2012) IrrSCI DOI 10.1007/s00271-012-0351-3

Coeficientes de cultivo (K_c) y riego para Tempranillo en Requena

| Mes | ET_o (mm) | K_c | ET_c (mm) | P (mm) | Pe (mm) | $ET_c - Pe$ (mm) | Riego goteo ($m^3 ha^{-1}$) |
|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|------------------|-------------------------------|
| Enero | 29,9 | 0 | 0 | 24,4 | 18,1 | 0 | 0 |
| Febrero | 44,3 | 0 | 0 | 25,9 | 19,4 | 0 | 0 |
| Marzo | 77,4 | 0 | 0 | 42,6 | 30,9 | 0 | 0 |
| Abril | 104,5 | 0 | 0 | 48,9 | 35,4 | 0 | 0 |
| Mayo | 139,0 | 0 | 0 | 45,3 | 32,4 | 0 | 0 |
| Junio | 156,4 | 0 | 0 | 22,7 | 5,6 | 0 | 0 |
| Julio | 175,2 | 0,20 | 35,0 | 10,3 | 2,5 | 32,5 | 325,3 |
| Agosto | 159,0 | 0,40 | 63,6 | 18,9 | 4,7 | 58,9 | 588,8 |
| Septiembre | 102,2 | 0,30 | 30,9 | 49,3 | 12,3 | 18,5 | 185,4 |
| Octubre | 63,4 | 0,30 | 19,0 | 48,1 | 32,9 | 0 | 0 |
| Noviembre | 36,1 | 0 | 0 | 42,3 | 28,1 | 0 | 0 |
| Diciembre | 25,2 | 0 | 0 | 27,9 | 19,6 | 0 | 0 |
| Total | 1.112 | | 158,5 | 406,6 | 241,9 | 120 | 1.100 |

¿Todos los años son iguales?



Balace de
agua en el
suelo de un
viñedo



Cuenta bancaria

- Profundidad del suelo
- Capacidad de retención de agua
- Profundidad radicular

+

Ingresos

- Lluvia
- Riego
- Ascenso capilar

-

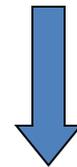
Pérdidas

- Consumo de agua de la vid
- Consumo de agua de las cubiertas
- Evaporación del suelo
- Escorrentía

Programación del riego



Demanda
evaporativa



Planta



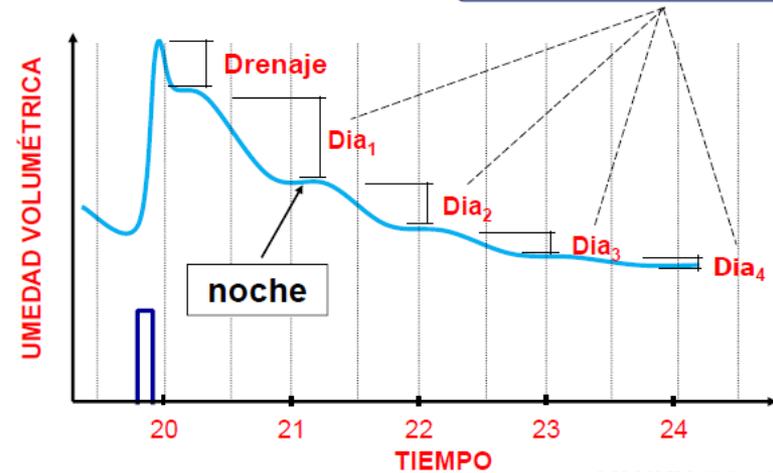
Agua en el
suelo

Programación del riego

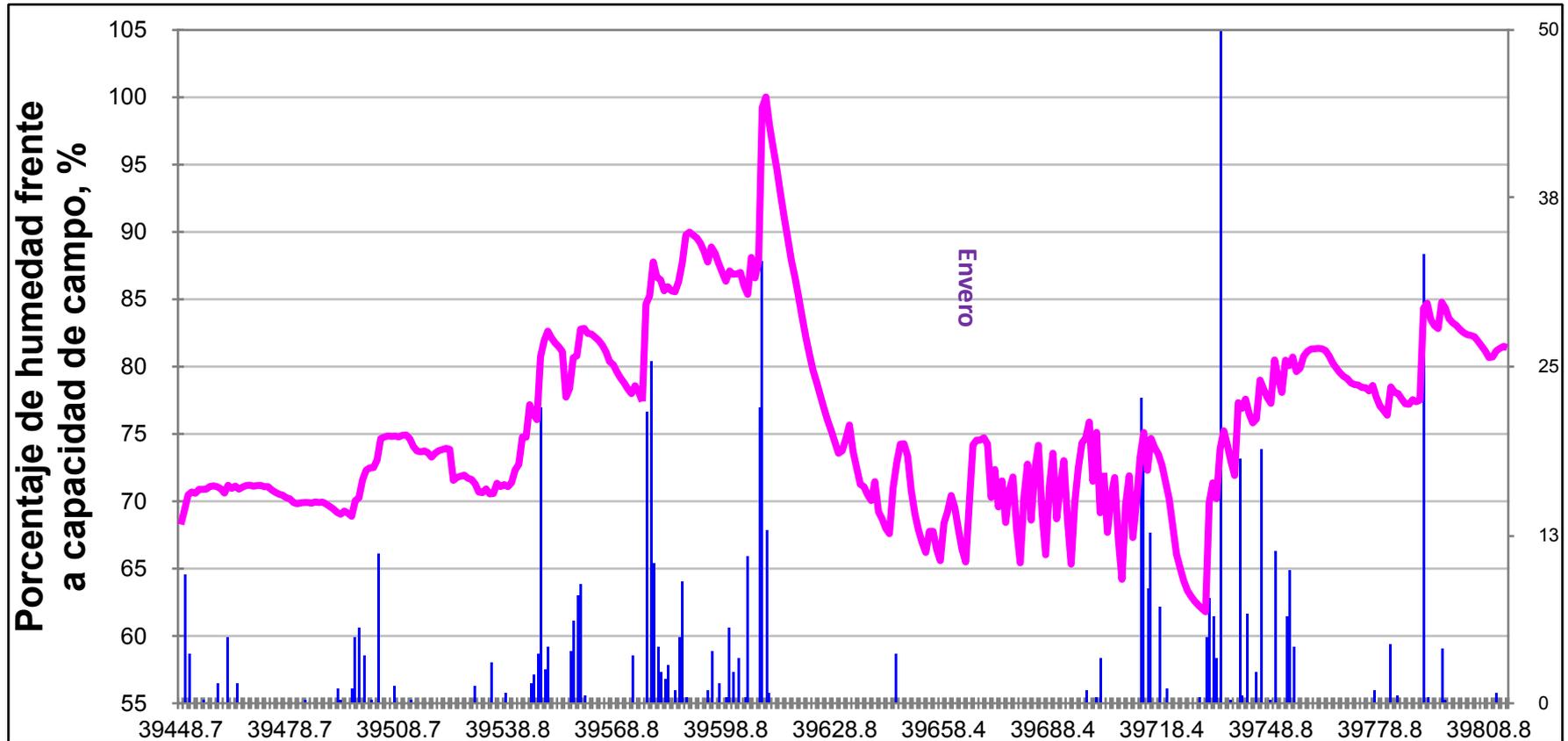
Sondas de humedad



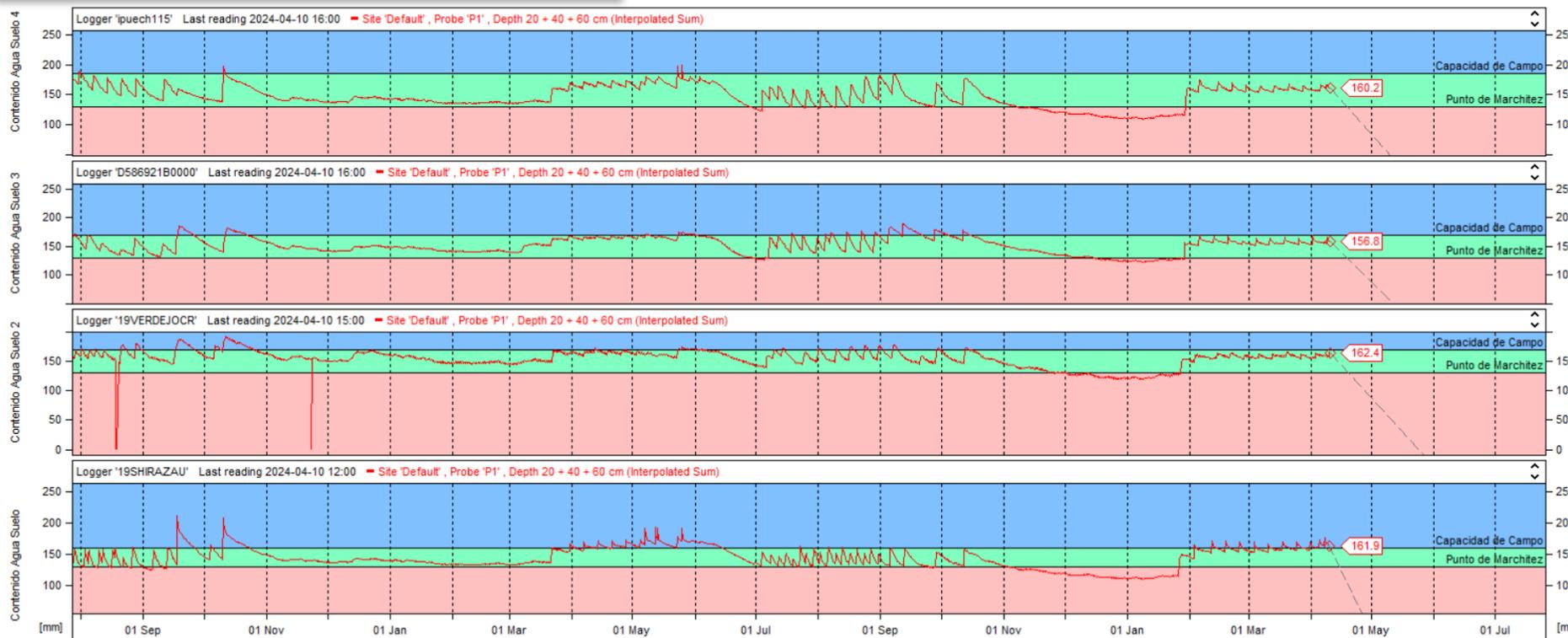
Consumo diario de agua por las raíces



Sondas de humedad



Sondas de humedad

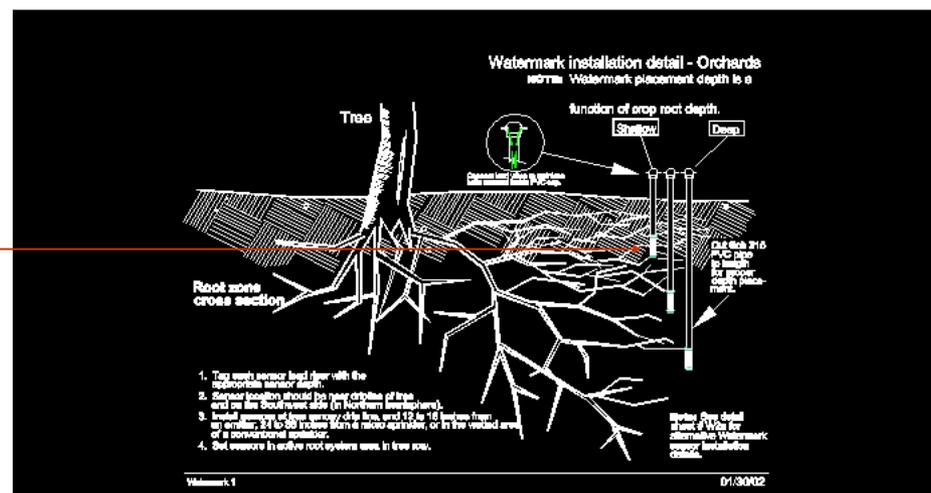


Caso real de su empleo en Bodegas Barahonda (Yecla). Proyecto Vid4Vino

Sondas de humedad

Limitaciones

- El suelo agrícola es un medio muy heterogéneo horizontalmente y verticalmente
- La distribución de las raíces no es homogénea y es difícil de determinar
- Variabilidad añadida en la localización del agua mediante el riego localizado que no moja de manera uniforme el suelo
- Variabilidad intrínseca de cualquier instrumento de medida



Un único punto de medida en toda
la rizosfera de una cepa. **Grupo Agua y**

Detección



Sin estrés

Zarcillo turgente que se extiende sobre las hojas



Estrés

Zarcillos no turgentes que se caen

Hay que tener en cuenta que el crecimiento vegetativo se detiene independientemente del estado hídrico hacia finales del ciclo de la vid.

Detección

Cuando el estrés hídrico es demasiado severo, las hojas más basales se enrollan y pueden secarse



En particular durante el periodo de envero a maduración esto debería evitarse

Programación del riego

Detección mediante cámara de presión

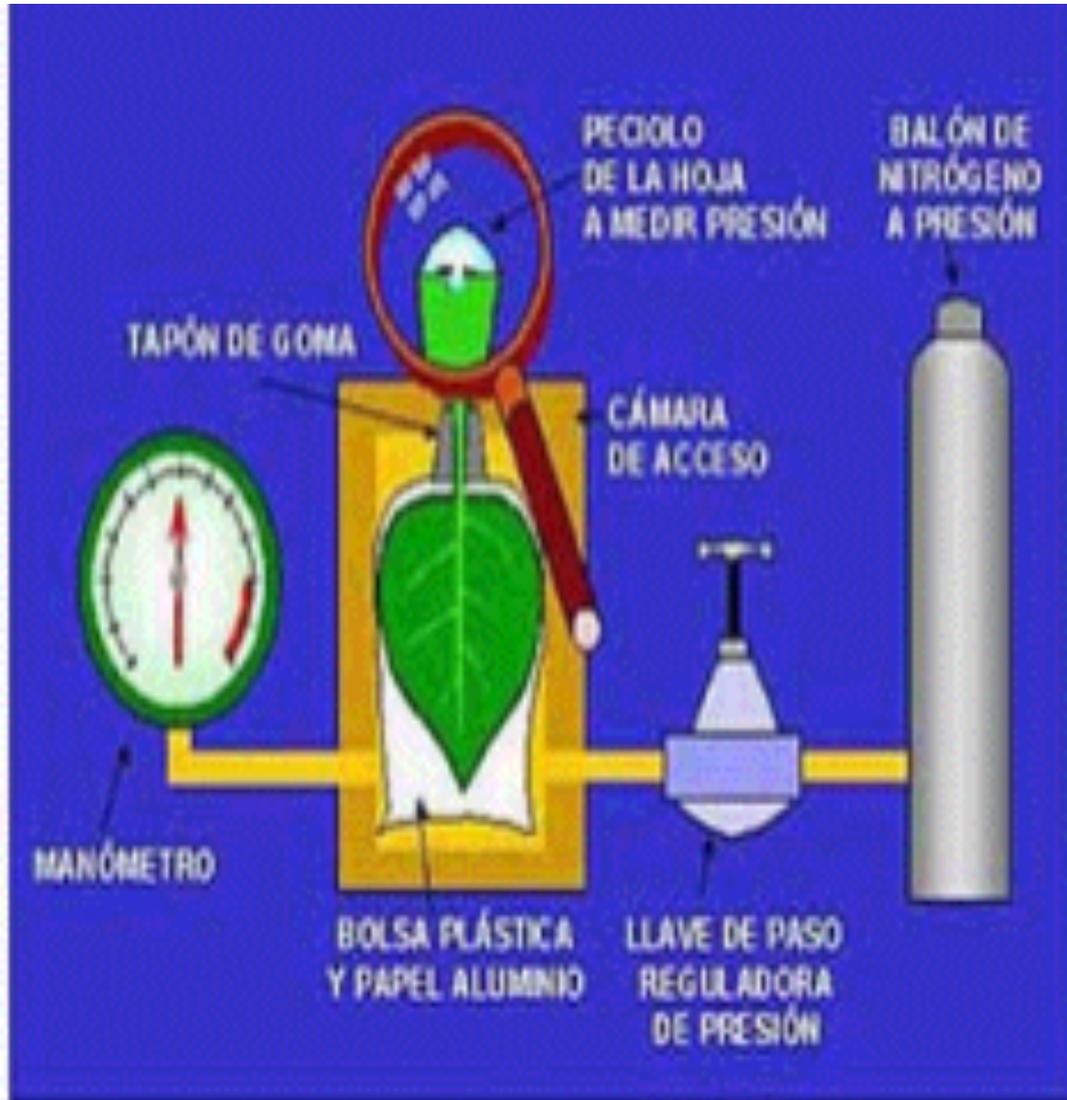


Mejor herramienta para determinar el estado hídrico de la cepa

Técnica engorrosa aunque relativamente fácil de usar



Detección mediante cámara de presión



Programación del riego

Detección mediante cámara de presión



Potencial al alba. Sólo depende del agua en el suelo disponible para la cepa



Potencial al mediodía en hoha embolsada o sin embolsar. Depende del agua en el suelo y de las condiciones ambientales. Con hoha embolsada hay menor variabilidad entre

Detección mediante cámara de presión

| Ψ_{alba} , MPa | $\Psi_{\text{hoja}}^{\text{md}}$, MPa | $\Psi_{\text{tallo}}^{\text{md}}$, MPa | Estado hídrico |
|----------------------------|--|---|----------------|
| > -0.15 | > -1.0 | > -0.7 | sin estrés |
| -0.15 a -0.3 | -1.0 a -1.2 | -0.7 a -0.95 | ligero |
| -0.3 a -0.45 | -1.2 a -1.4 | -0.95 a -1.15 | moderado |
| -0.45 a -0.6 | -1.4 a -1.6 | -1.15 a -1.4 | elevado |
| < -0.6 | < -1.6 | < -1.4 | severo |

Agricultural Water Management 221 (2019) 202–210



Contents lists available at ScienceDirect

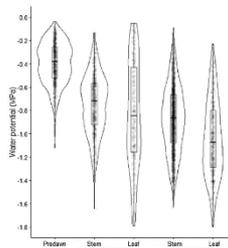
Agricultural Water Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agwat

Discrimination ability of leaf and stem water potential at different times of the day through a meta-analysis in grapevine (*Vitis vinifera* L.)



L.G. Santesteban^{a,*}, C. Miranda^a, D. Marín^a, B. Sesma^a, D.S. Intrigliolo^b, J.M. Mirás-Avalos^{b,k}, J.M. Escalona^c, A. Montoro^d, F. de Herralde^e, P. Baeza^f, P. Romero^g, J. Yuste^h, D. Uriarteⁱ, J. Martínez-Gascuña^j, J.J. Cancela^k, V. Pinillos^l, M. Loidi^l, J. Urrestarazu^l, J.B. Royo^l



IDE

Grupo Agua y

Programación del riego



mi. 10/07/2019 16:51

Antonio Benítez - Señorío de Barahonda <tecnico@barahonda.com>

RV: POTENCIAL HIDRICO DEL TALLO

Para Diego Intrigliolo; Eva Pilar Pérez Álvarez

Respondió a este mensaje el 10/07/2019 17:48.

Caso real de su empleo en Bodegas Barahonda (Yecla). Proyecto Vid4Vino

| FECHA | CRECIMIENTO HERBÁCEO DE LA BAYA | | | | | |
|-------------------|---------------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| | 30-5 | 11-6 | 18-6 | 25-6 | 2-7 | 9-7 |
| MONASTRELL BODEGA | 5,70 | 4,10 | 5,20 | 6,50 | 8,00 | 6,60 |
| CABERNET VIEJO | 6,60 | 4,63 | 5,67 | 7,50 | 9,50 | 11,10 |
| CABERNET NUEVO | 7,30 | 6,26 | 6,30 | 6,23 | 8,50 | 9,20 |
| TINTORERA | 4,96 | 5,85 | 7,90 | 8,60 | 10,25 | 9,50 |
| GARNACHA TINTA | 6,00 | 2,50 | 7,60 | 7,50 | 9,84 | 8,40 |
| SYRAH PADEL | 5,50 | 5,09 | 5,80 | 8,60 | 10,25 | 8,70 |
| SYRAH AUSTRALIANA | 4,63 | 3,60 | 7,00 | 4,30 | 7,50 | 7,00 |
| SYRAH INJERTOS | 6,00 | 5,55 | 7,80 | 8,50 | 11,70 | 12,00 |
| SYRAH CARRETERA | 6,50 | 4,57 | 5,80 | 6,70 | 8,70 | 9,10 |
| VERDEJO CR | 4,00 | 4,62 | 4,60 | 8,40 | 7,40 | 7,00 |
| VERDEJO NUEVO | 7,30 | 4,03 | 9,80 | 10,10 | 8,00 | 7,20 |
| VERDEJO SECANO | 6,40 | 3,68 | 5,50 | 7,20 | 6,50 | 6,00 |
| PETIT VERDOT | 7,80 | 4,35 | 5,50 | 6,60 | 8,40 | 9,80 |

| Estado hídrico | Potencial hídrico foliar antes de amanecer (MPa) | Potencial hídrico foliar a mediodía (MPa) | Potencial del tallo a mediodía (MPa) |
|---|--|---|--------------------------------------|
| No estrés. Crecimiento vegetativo no-limitado. Actividad fotosintética alta. | $\Psi_{so} > -0.2$ | $\Psi_{so} > -0.8$ | $\Psi_s > -0.8$ |
| Deficit moderado. Crecimiento vegetativo lento o casi parado. Actividad fotosintética alta. | $-0.2 > \Psi_{so} > -0.4$ | $-0.8 > \Psi_{so} > -1.2$ | $-0.8 > \Psi_s > -1.0$ |
| Deficit fuerte. Crecimiento vegetativo parado. Actividad fotosintética muy disminuida. | $-0.4 > \Psi_{so} > -0.6$ | $-1.2 > \Psi_{so} > -1.4$ | $-1.0 > \Psi_s > -1.2$ |
| Deficit severo. Si persiste habrá caída de hojas por desecación. Retardación o parada de la maduración. | $-0.6 > \Psi_{so}$ | $-1.4 > \Psi_{so}$ | $-1.2 > \Psi_s$ |

| | | HORAS DE RIEGO JUNIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|
| FECHA | | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | | | | |
| MONASTRELL BODEGA | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CABERNET VIEJO | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CABERNET NUEVO | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TINTORERA | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GARNACHA TINTA | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SYRAH PADEL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SYRAH AUSTRALIANA | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SYRAH INJERTOS | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SYRAH CARRETERA | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERDEJO CR | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERDEJO NUEVO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VERDEJO SECANO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PETIT VERDOT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | HORAS DE RIEGO JULIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|--|
| FECHA | | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 1 | 3 | 5 | 7 | |
| MONASTRELL BODEGA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CABERNET VIEJO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. Contextualización del riego



2. Efectos del riego sobre producción y calidad



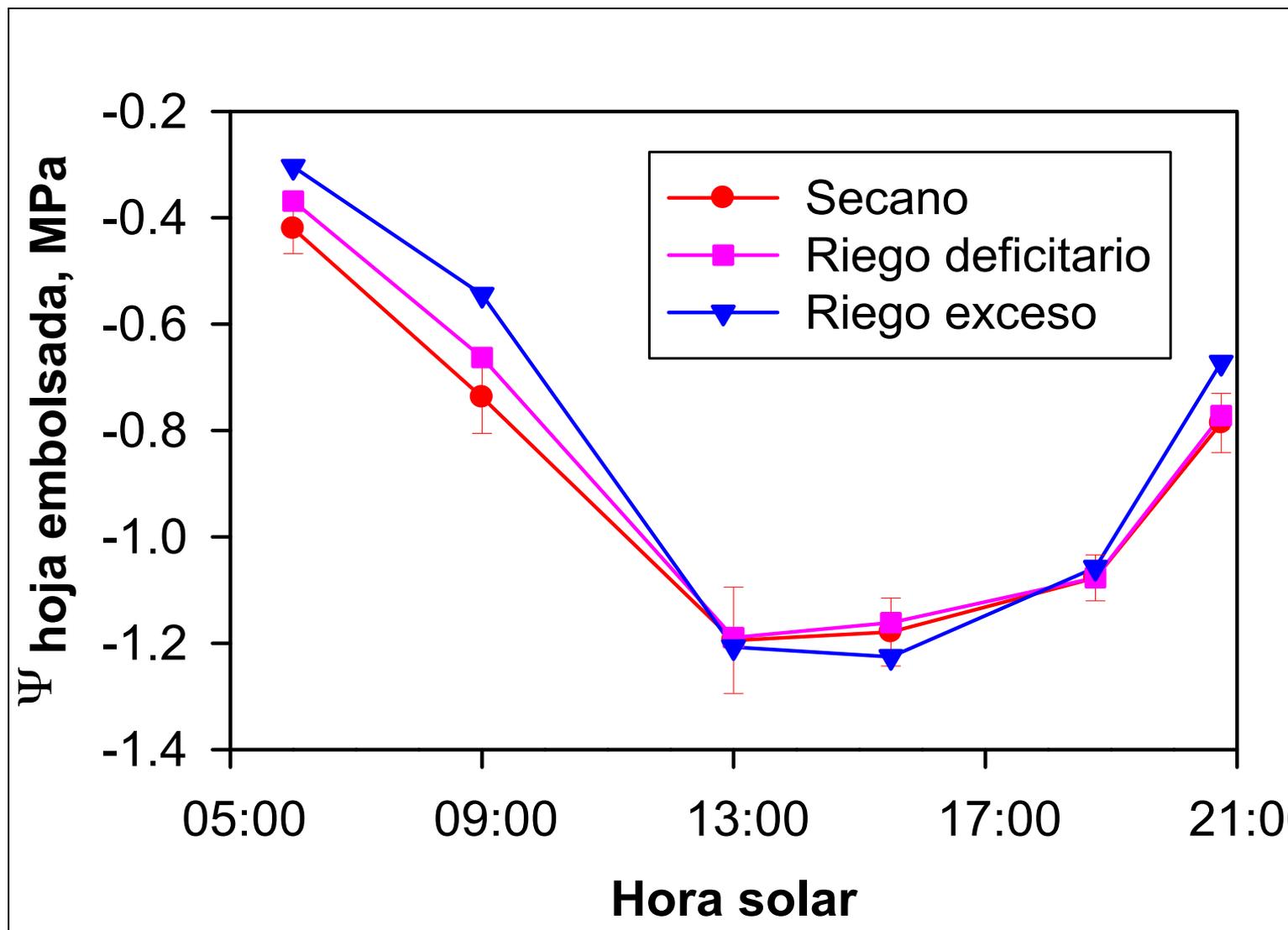
3. Programación del riego (toma de decisiones)



4. El futuro del riego en la vid



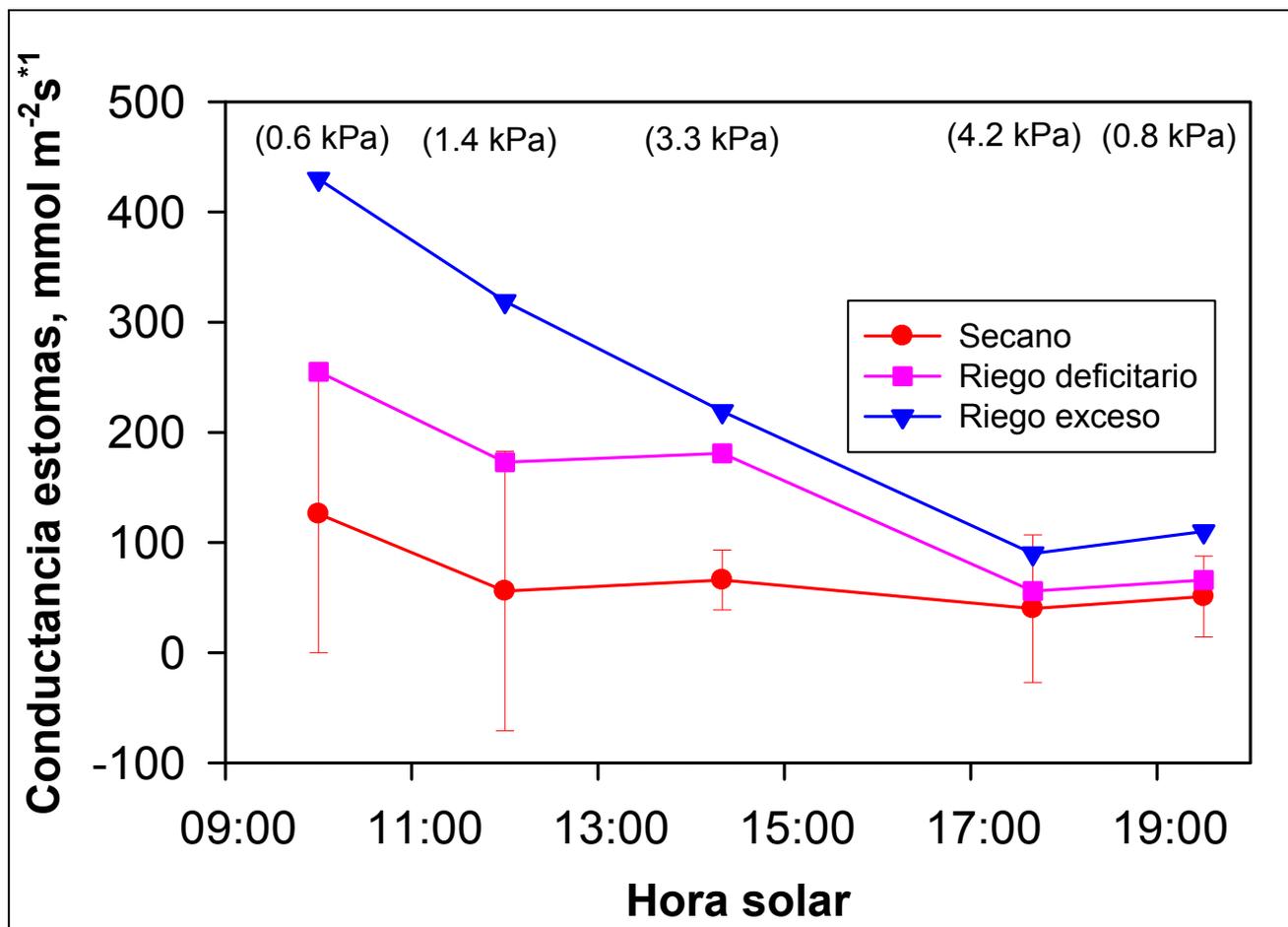
Evolución potencial



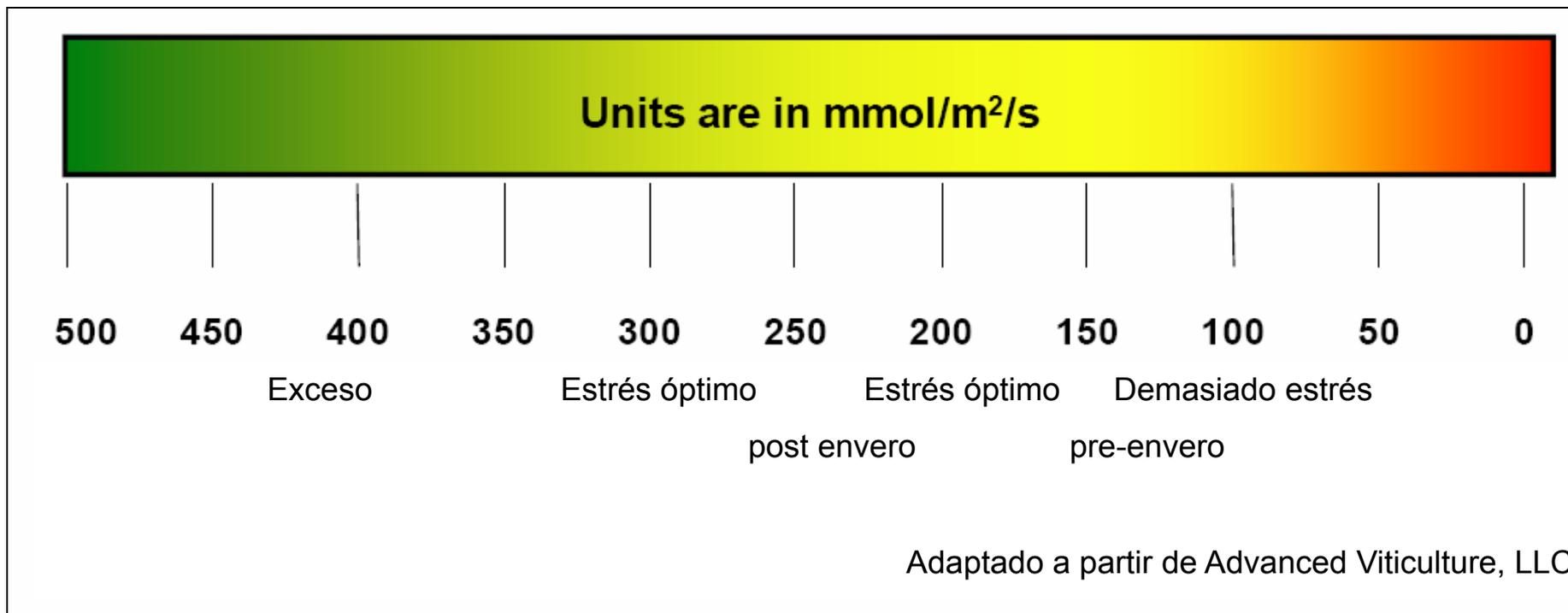
Conductancia estomática



Cerrando los estomas y reduciendo la tasa de transpiración a nivel de la hoja



Umbral conductancia



Porómetro Decagón



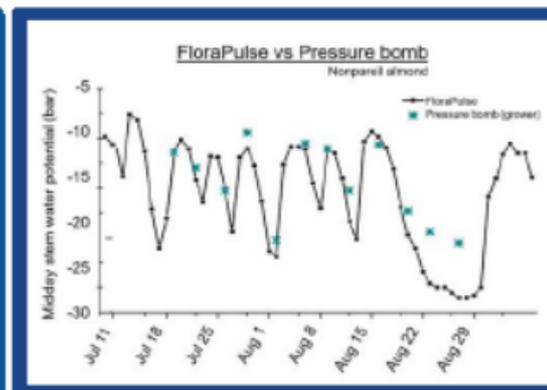
Nueco Porómetro Licor

Programación del riego

Micro-
tensiometros
FloraPulse CO
para la medida
del potencial
hídrico xilemático
en el tronco



DAILY WATER POTENTIAL ON YOUR PHONE



WEEKLY REPORTS & SCIENTIFIC VALIDATION

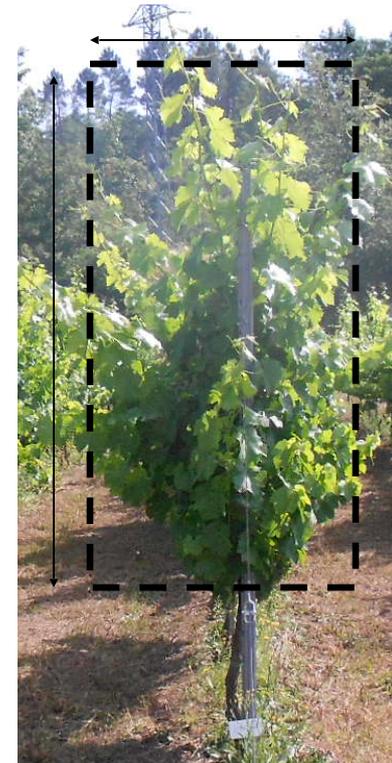
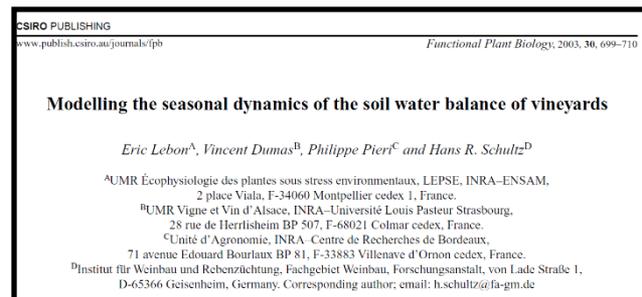
Modelo incorporado en un sistema de ayuda a la toma de decisiones sobre riego

- Balance hídrico del suelo
- Basado en trabajos previos: Lebon et al. (2003), Riou et al. (1989), etc.
- Transpiración viña y evaporación suelo como procesos independientes

$$\text{Ecuación básica: } TSW_d = (TSW_{d-1} + P_d - ES_d - TV_d)$$

$$\text{Ecuación transpiración: } TV = TV_p = ETP \cdot \frac{R_{gv}}{(1 - \alpha) \cdot R_g}$$

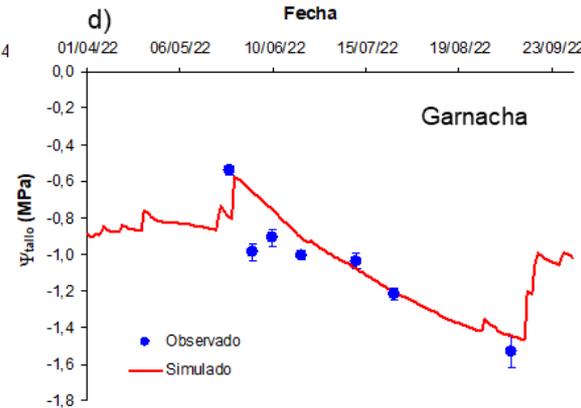
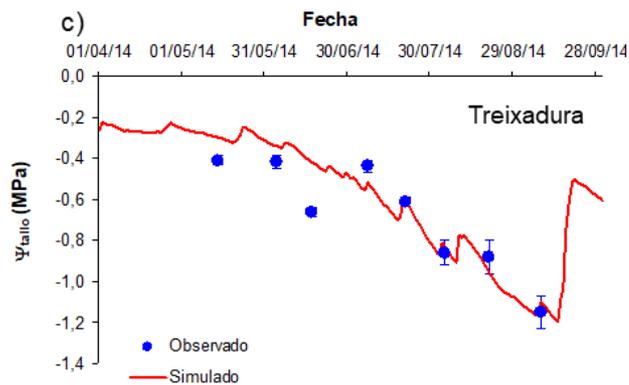
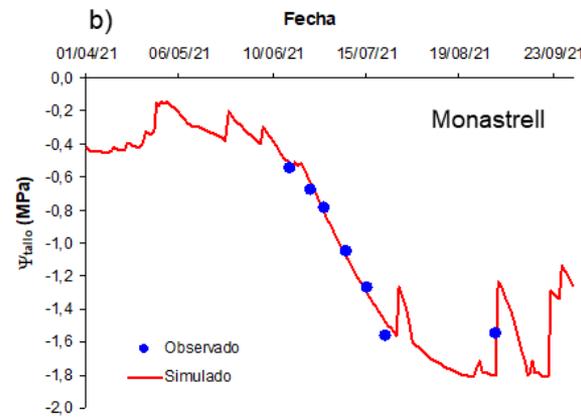
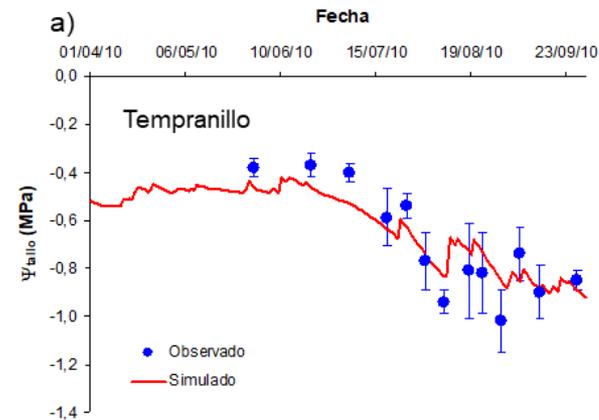
- **Salida original del modelo:**
Proporción de agua disponible
en el suelo a escala diaria



Parámetros de entrada

| Entrada | Abreviatura | Unidades | Valor por defecto | Referencia |
|--|-------------|-------------|-------------------|----------------------------|
| Referidas al suelo | | | | |
| Albedo del suelo | a_s | - | 0,18 | Allen et al. (1998) |
| Parámetro referido al clima | b_1 | - | 16 | Brisson y Perrier (1991) |
| Parámetro referido al suelo | b_2 | - | 0,1 | |
| Umbral de evaporación acumulada | U | mm | 2,7 | Trambouze (1996) |
| Umbral entre transpiración limitada e ilimitada | φ | - | 0,4 | Lebon et al. (2003) |
| Referidas al viñedo | | | | |
| Orientación de las filas | | Radianes | - | Introducida por el usuario |
| Fecha brotación | Brot. | Día del año | 91 | |
| Distancia entre plantas | | m | - | |
| Distancia entre filas | | | - | |
| Altura máxima del dosel vegetal | H | | - | |
| Anchura máxima del dosel vegetal | L | | - | |
| Proporción de huecos en el dosel vegetal | P_o | - | - | |
| Albedo de la viña | a_v | - | 0,2 | Lebon et al. (2003) |
| Integral térmica acumulada a partir del que el dosel vegetal está totalmente formado | THT_{max} | °C | 400 | |
| Integral térmica acumulada a partir del que el dosel vegetal tiene la menor proporción de huecos | THT_{min} | | 900 | |

Parcelas validación modelo



Modelo de balance hídrico

<https://aguaycultivos.csic.es/fertiriego/>

<https://aguaycultivos.csic.es/fertiriego/>



Sistema de ayuda a la decisión para el riego estacional y la fertilización nitrogenada

El sistema de ayuda a la decisión para el riego y la fertilización nitrogenada de la vid se ha diseñado con los siguientes objetivos:

1. Estimar el estado hídrico de las cepas en el viñedo definido por el usuario
2. En caso de querer mejorar dicho estado hídrico, recomendar la dosis estacional de agua de riego, así como de nitrógeno, que son necesarias para conseguirlo

Para alcanzar estos objetivos el sistema le guía a través de una serie de menús que le ayudan a obtener y describir las características del suelo y el cultivo en su viñedo.

Para empezar, sencillamente haga clic con el puntero del ratón sobre el símbolo de ubicación y se abrirá una ventana con un mapa donde podrá seleccionar la localización del viñedo. A continuación, revise los datos de suelo que el sistema estima para la ubicación seleccionada. Si no está de acuerdo con estos datos modifíquelos. Continúe con la selección de una fecha de brotación para su viñedo y defina el resto de características del mismo: marco de plantación, altura del dosel y orientación de las filas de viñas.

Para obtener el estado hídrico promedio del viñedo el año seleccionado haga clic en el botón "Estado hídrico". Se le mostrará una gráfica con la evolución temporal del potencial hídrico de tallo al mediodía y su promedio para toda la temporada de cultivo. Si desea estimar qué riego estacional sería necesario para mejorar el estado hídrico, sencillamente seleccione éste valor en el cuadro de lista desplegable "Potencial hídrico de tallo objetivo" y aparecerá sobrepresionada una nueva gráfica con el riego que debería darse para alcanzar el estado hídrico deseado.

Este sistema de ayuda a la decisión se ha desarrollado en el marco de los proyectos de I+D+i PDC2021-121210-C21 y PDC2021-121210-C21, financiados por MICIN/AEI 10.13039/501100011033 y por la "Unión Europea NextGenerationEU/PTIR".

Entidades participantes en el desarrollo de este selector:



SISTEMA EXPERTO PARA EL DISEÑO Y CONTROL DE UN SISTEMA DE RIEGO A PRESIÓN, PERSONALIZADO Y DE PRECISIÓN PRECIRIEGO. RTC-2017-6365-2

AZUD



nutricontrol

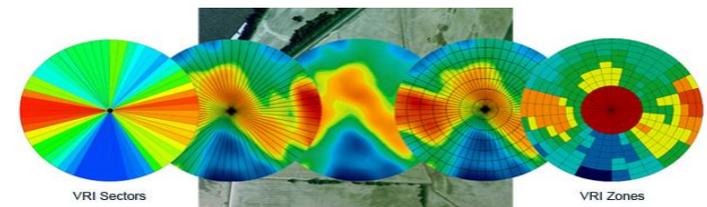
Saleplas

CEBAS-CSIC

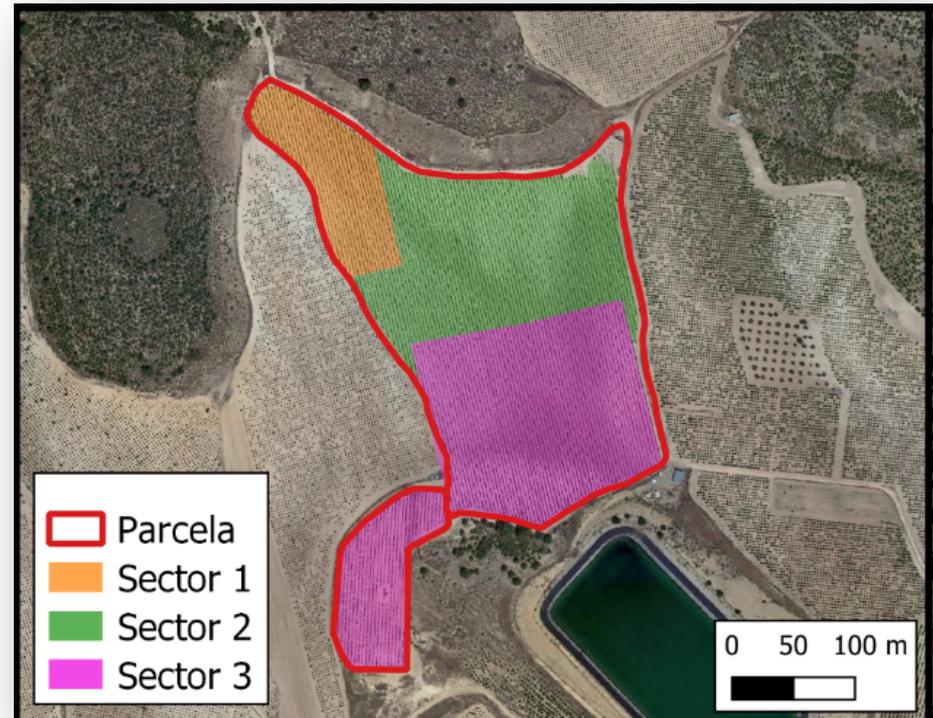
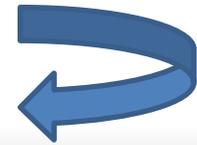
UCLM
UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

¡Riego de precisión!

- ¿de qué sirve cuantificar exactamente las necesidades hídricas de una planta, cuando luego hay mucha variabilidad entre plantas de una parcela?
- Hemos buscado durante decadas optimizar la uniformidad en la aplicación del riego
- ...ahora necesitamos tecnologías para aplicar riegos zonificados



- Viña de riego por goteo en espaldera (Monastrell)
- Fuente-Álamo (Albacete)
- Campaña agrícola 2020
- Ensayo en Sector 1 ($\approx 0,9$ ha)
- 31 líneas o filas de viña
- Variabilidad: máx. cobertura vegetal cultivo, obtenida mediante imagen de dron durante julio del 2019
 - “MS-GEO-LAIC Multiespectral” (PAFyC) (segmentación vegetación y cálculo NDVI)



La programación del riego:

- **Homogénea** para las 3 zonas: mismos tiempos y momentos de riego, variando la dosis aplicada según la separación de los goteros (Goteros semejantes de 3,5 l/h pero con distinta separación).
- Limitada por la dotación hídrica máxima en la parcela $\approx 1000 \text{ m}^3/\text{ha}$.
- **Semanal**: inicio semana del 21 de julio y fin semana del 22 de septiembre.
- Metodología **FAO-56** (Allen et al., 1998):

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

$$NRN = ET_c - P_e$$

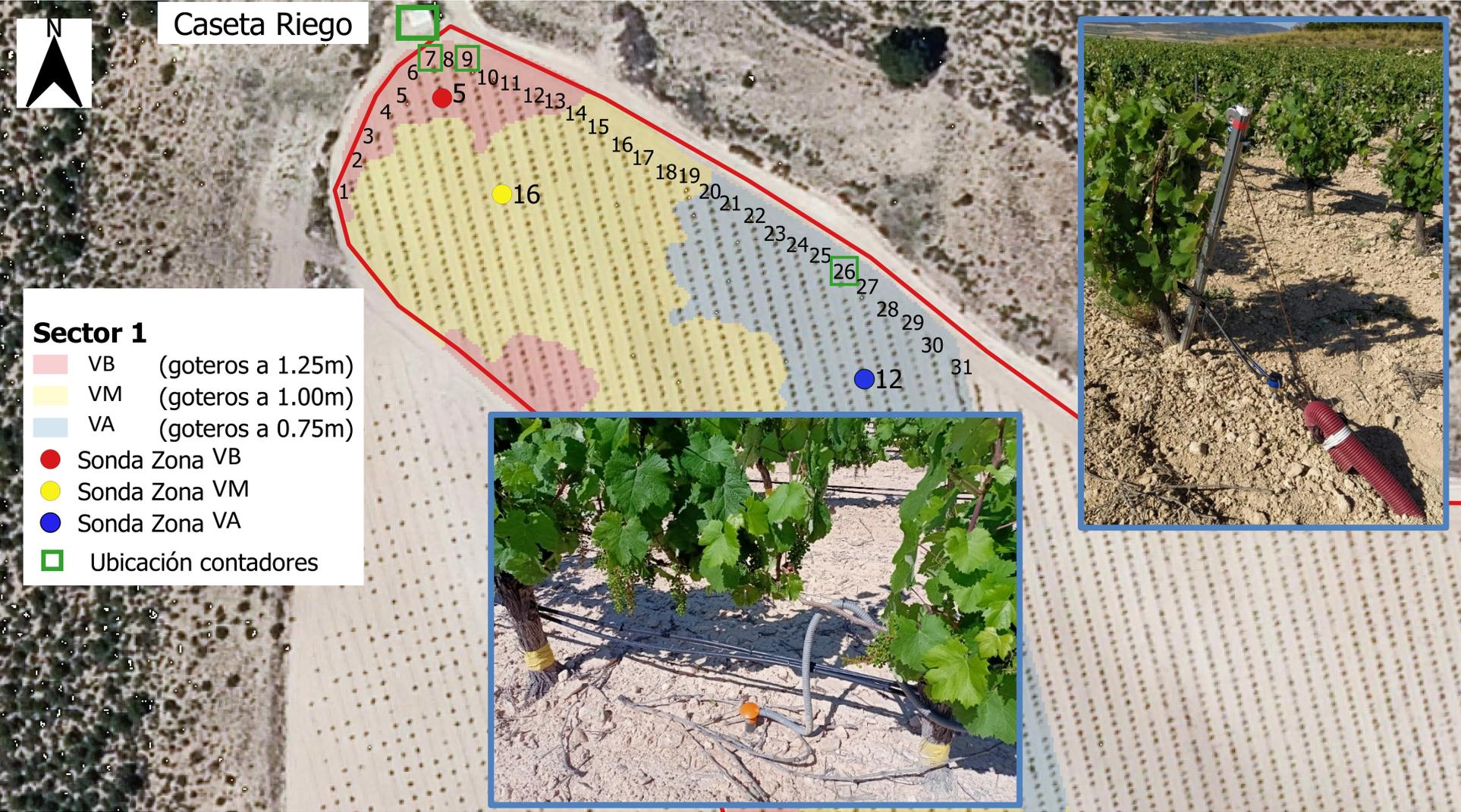
$$NRB = NRN \times 1.05$$

donde:

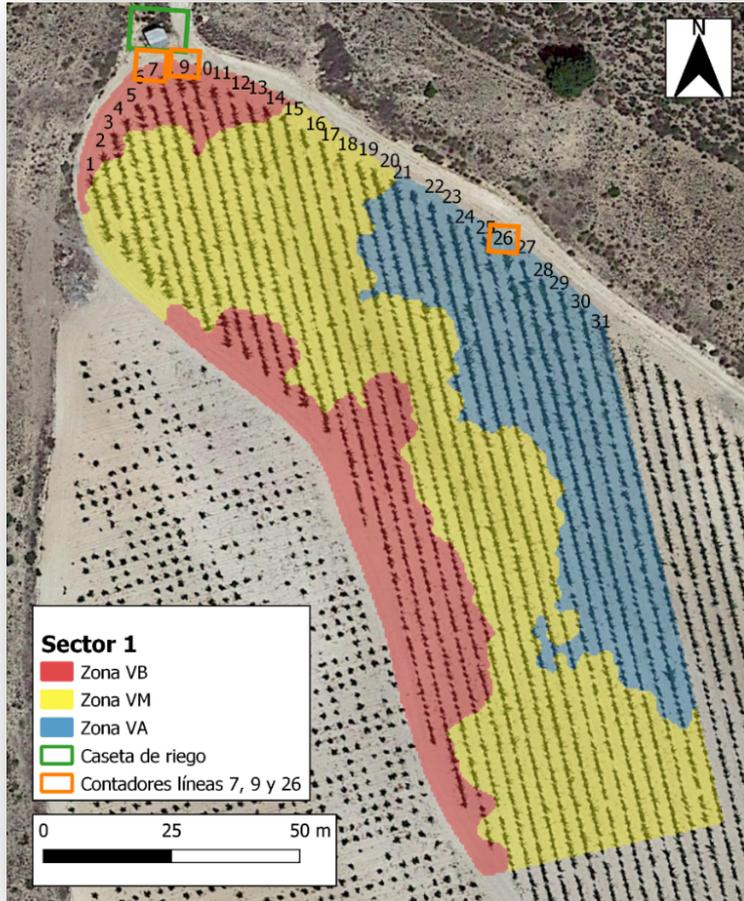
- ET_c : evapotranspiración del cultivo (mm)
- ET_o : evapotranspiración de referencia (mm)
- K_c : coeficiente de cultivo (adimensional)
- NRN : necesidades de riego netas (mm)
- P_e : precipitación efectiva (mm)
- NRB : necesidades de riego brutas (mm)

- Duración riegos semanales: $NRB/\text{Pluviosidad}$
 - 1.22 mm/h ($n^\circ \text{ goteros} \times Q/\text{Superficie}$)

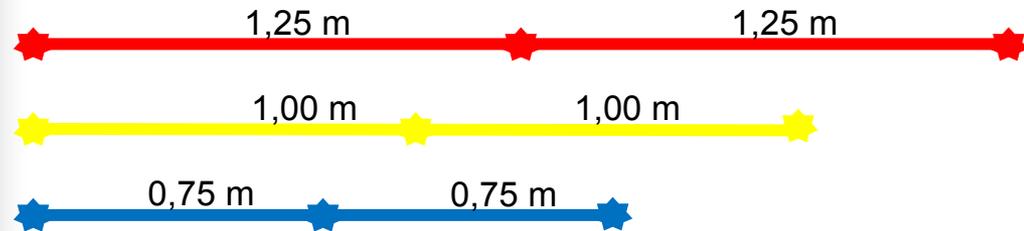
Ensayo Preciriego en Vid



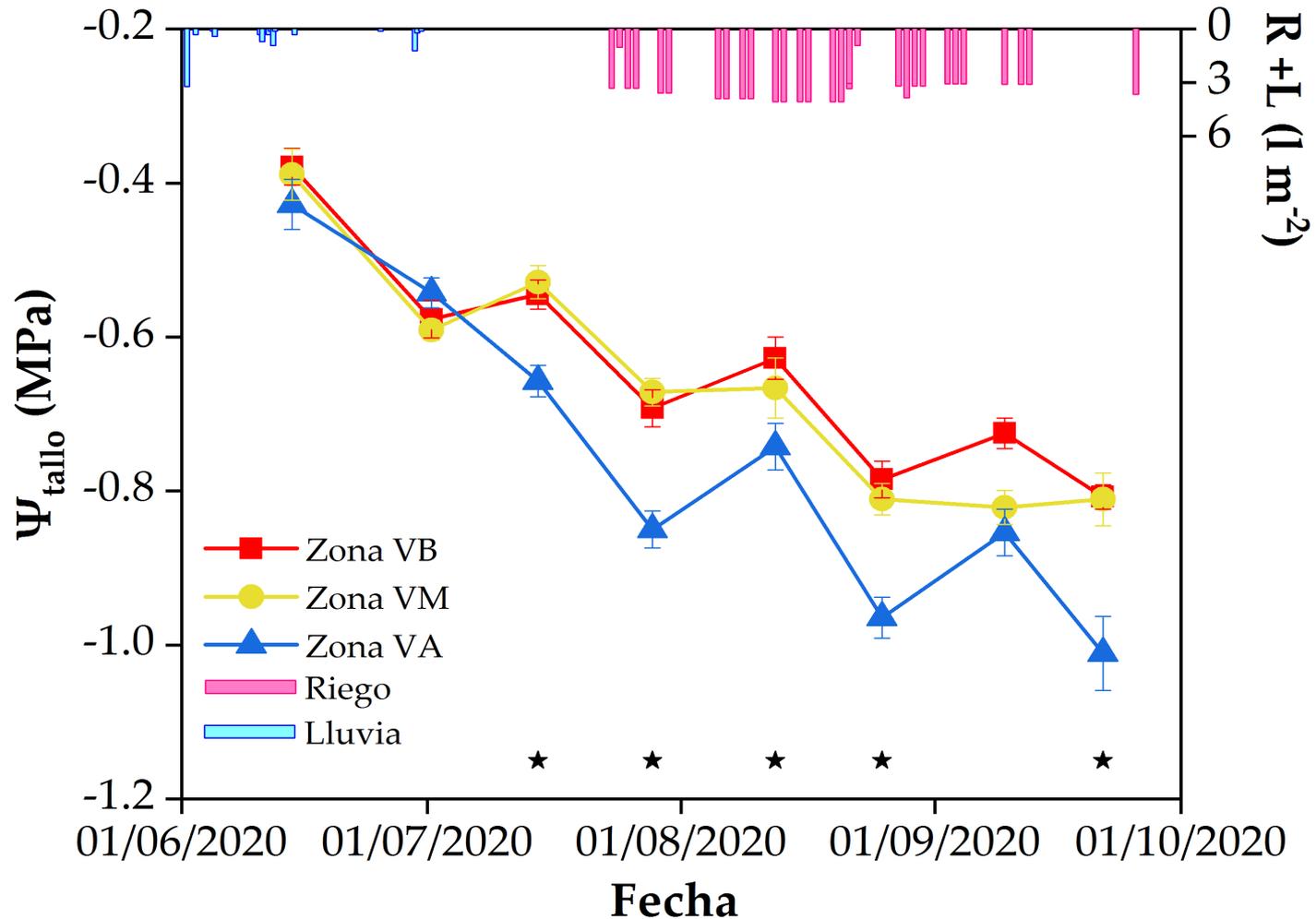
Zonificación de la parcela y diseño hidráulico



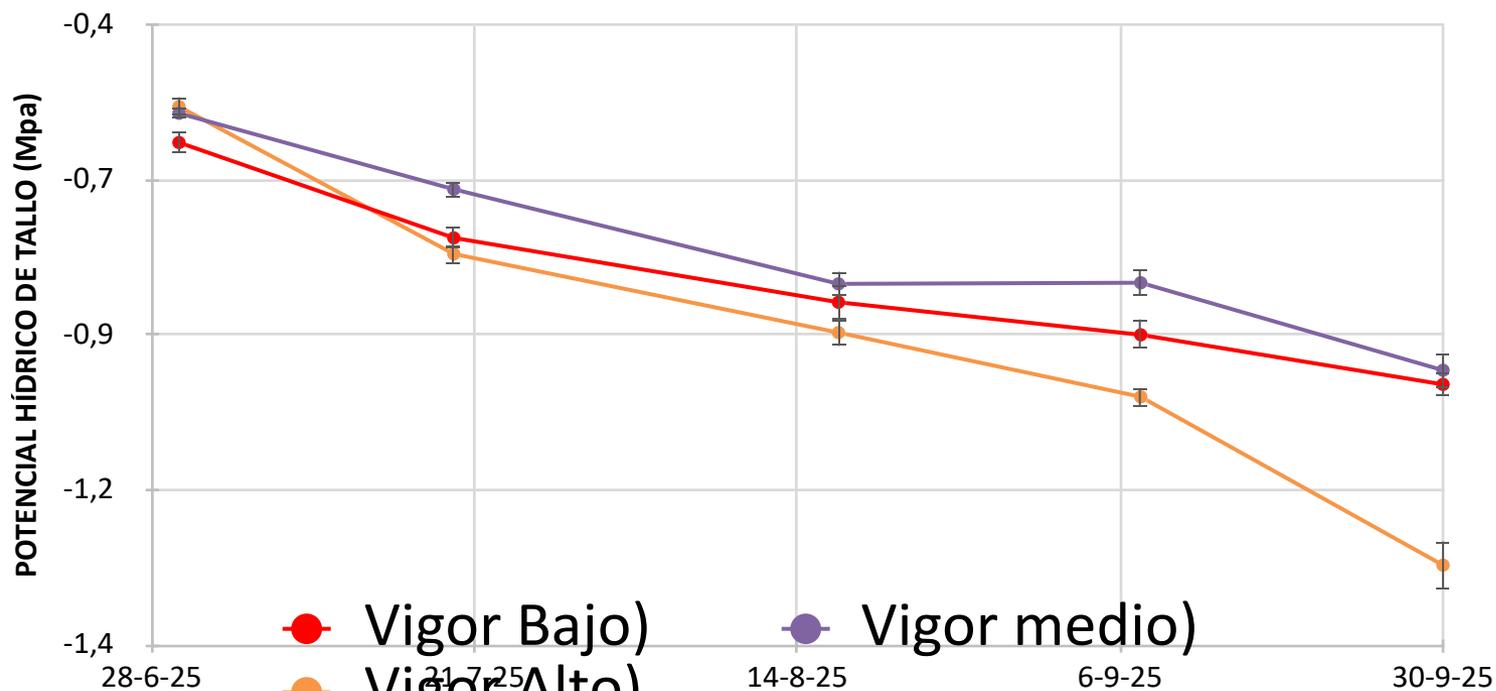
Zona Vigor Alto (VA) > Zona Vigor medio (VM) >
Zona Vigor bajo (VB)



> Agua zona + vigorosa
< Agua zona - vigorosa



Ensayo Preciriego en Vid



| Sector | Fotosíntesis 19 Julio 2021 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2*\text{s}$) | Fotosíntesis 07 septiembre 2021 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2*\text{s}$) |
|-------------|--|---|
| Vigor bajo | 15,6b | 13,6b |
| Vigor medio | 15,5a | 15,1a |
| Vigor alto | 17,0a | 15,1a |

| Sector | Producción (Tn ha ⁻¹) | SST (°Brix) | pH | Ac. Total (g L ⁻¹) | IPT (mg g ⁻¹) | Antocianos (mg g ⁻¹) |
|-------------|--------------------------------------|-------------|-----------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 2020 | | | | | | |
| 1 VB | 7,3 b; B | 23,3 a; A | 3,47 a; A | 6,0 a; A | 2,7 a; A | 1,3 a; A |
| 1 VM | 7,4 b; B | 22,7 a; A | 3,52 a; A | 5,8 a; A | 2,7 a; A | 1,1 b; B |
| 1 VA | 12,8 a; A | 21,7 a; A | 3,50 a; A | 6,0 a; A | 2,6 a; A | 1,0 b; B |
| 2 | 11,1 A | 22,4 A | 3,52 A | 5,8 A | 2,5 A | 1,1; B |
| 3 | 9,9 AB | 21,5 A | 3,52 A | 6,1 A | 2,6 A | 1,0; B |
| 2021 | | | | | | |
| 1 VB | 13,1 b; B | 23,1 a; A | 3,60 a; A | 4,9 a; A | 3,8 a; A | 1,3 a; A |
| 1 VM | 10,9 b; B | 23,4 a; A | 3,63 a; A | 5,1 a; A | 3,7 ab; A | 1,3 a; A |
| 1 VA | 15,6 a; A | 22,4 a; A | 3,61 a; A | 5,2 a; A | 3,5 b; A | 1,2 a; AB |
| 2 | 13,4 B | 22,5; A | 3,58 A | 5,2 A | 3,2 B | 1,1; B |
| 3 | 14,9 AB | 20,7; B | 3,51 B | 5,3 A | 3,2 B | 1,2, A |

- Respuesta en las zonas del Sector 1 con vigor bajo (VB), medio (VA) y alto (VA), en comparación con sectores 2 y 3
- Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre las zonas del sector 1
- Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre las 3 zonas del sector 1 y los sectores 2 y 3

- Es posible zonificar el viñedo para un manejo diferenciado del riego y de otras prácticas.
- Se pueden dar dosis de riego distintas sin necesidad de sectorizar con electroválvulas y los fabricantes de material de riego están trabajando en automatizar el proceso de ensamblaje de tuberías con distintas distancias entre goteros
- Quedan incertidumbres de cómo manejar las zonas distintas, lo cual seguramente depende de la disponibilidad de los recursos y de los objetivos agronómicos y enológicos