



El reto de la adaptación al cambio climático en la agricultura

Diego Intrigliolo

Centro de Investigación sobre Desertificación (CIDE) (CSIC-UV-GVA)

Centro Mixto entre el CSIC, la Universidad de Valencia y la Generalitat Valenciana

El reto de la adaptación al cambio climático en la agricultura



IX CONGRESO
Sostenibilidad
con Personas

27 Y 28 DE MARZO PALMA DE MALLORCA

cooperativas
agro-alimentarias
España

Diego Intrigliolo

Centro de Investigación sobre Desertificación (CIDE) (CSIC-UV-GVA)

Centro Mixto entre el CSIC, la Universidad de Valencia y la Generalitat Valenciana

e-mail: diego.intrigliolo@csic.es

Tel: 656682880



CIDE Centro de Investigaciones
Sobre Desertificación

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

IVIA Valencia: 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 y GVA-Coop

DigitalRiego, TRAGUA

Contratos con empresa

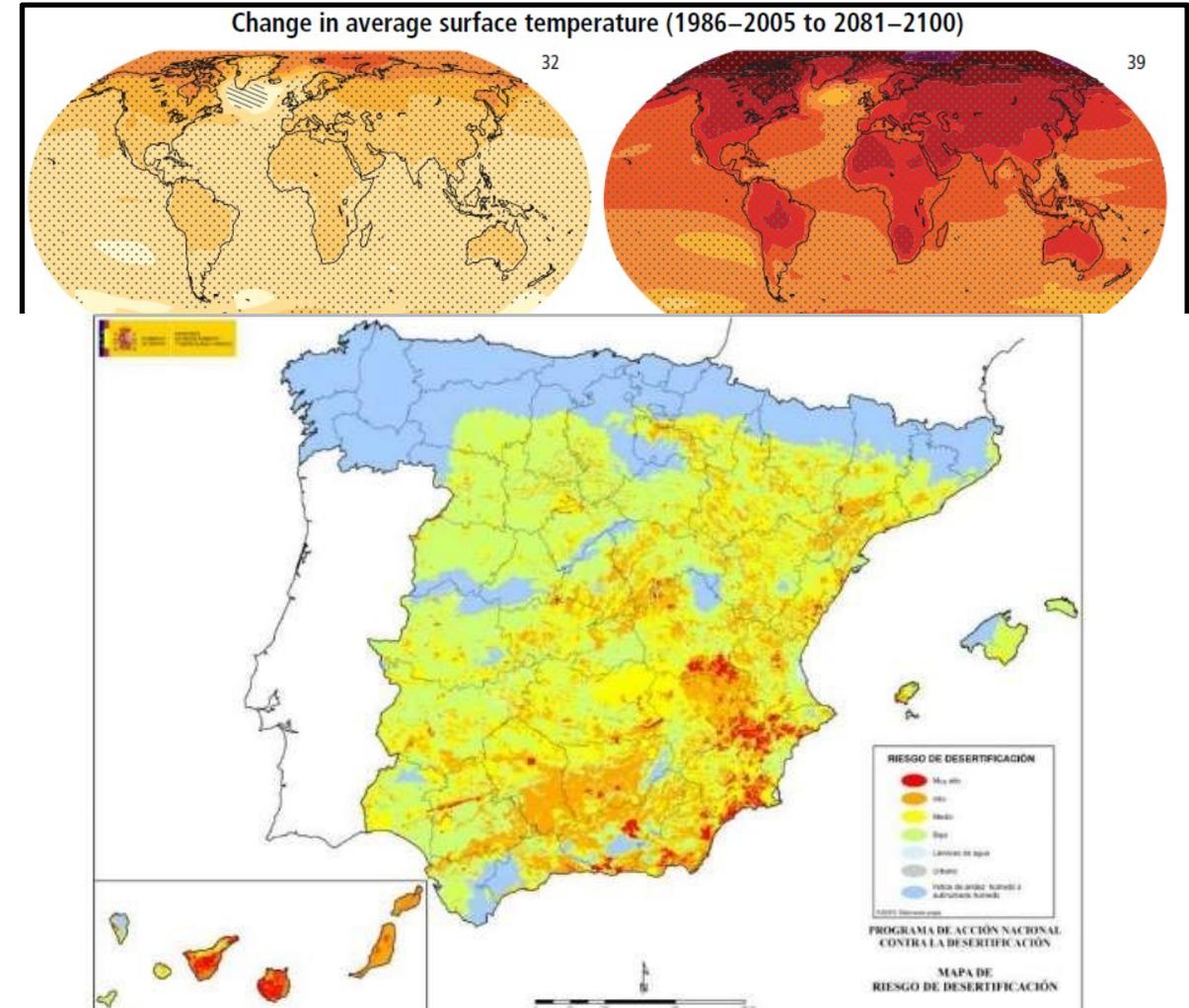
DO Utiel-Requena, Juan Gil, Repsol (COCREA),

Bodegas Enguera

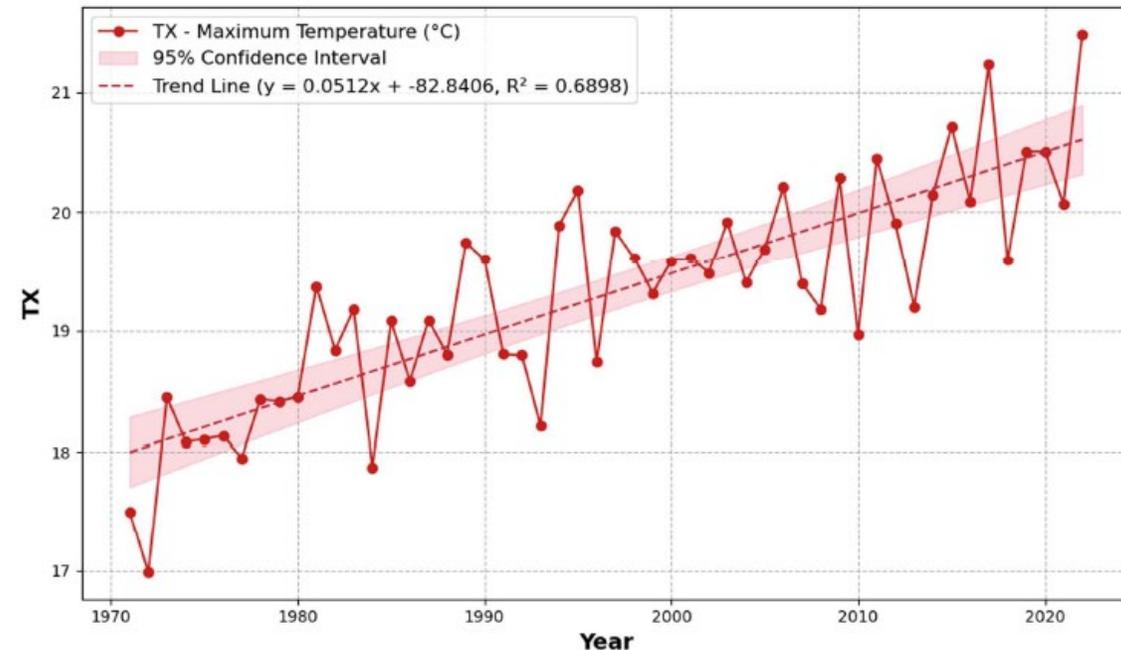
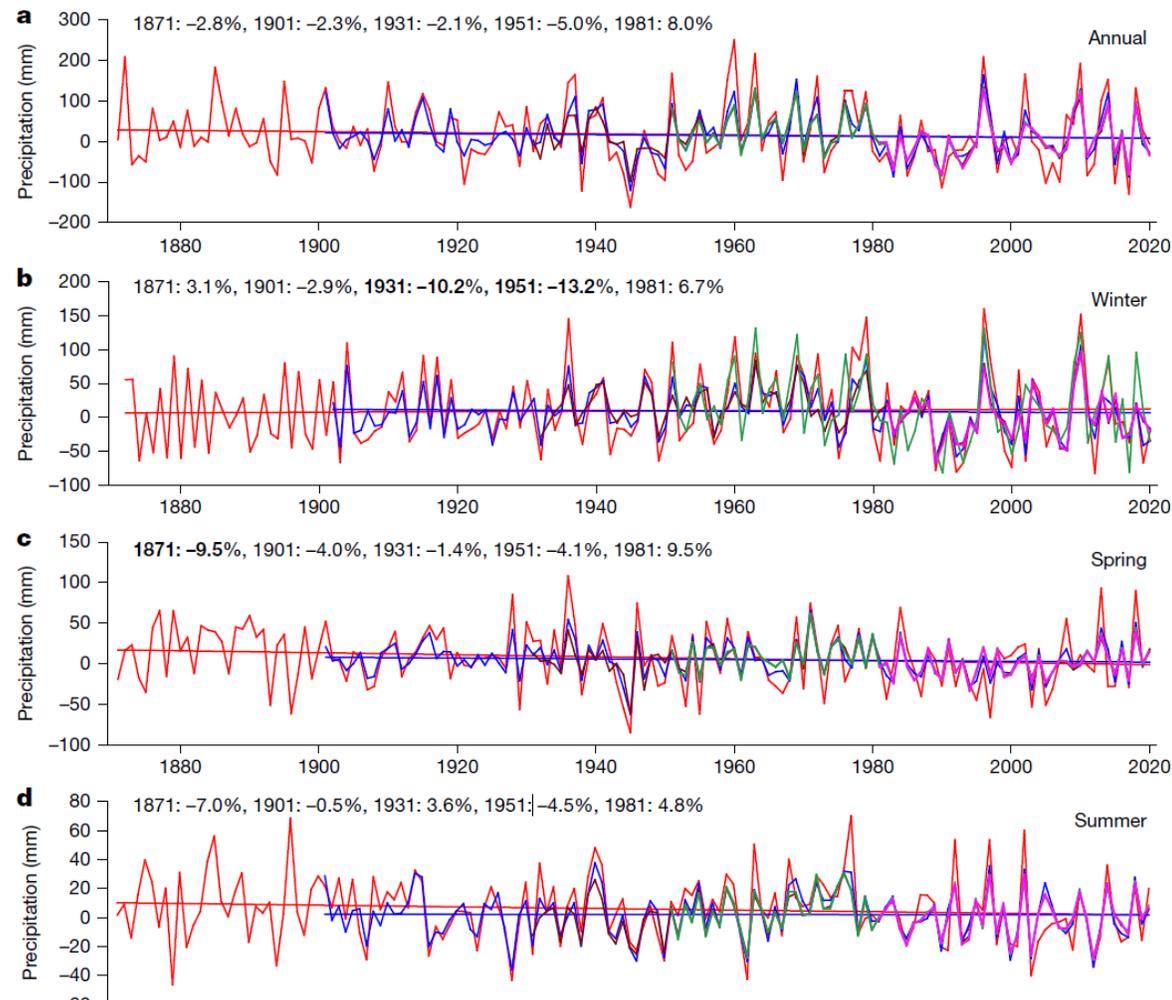


El Mediterráneo se considera una cuenca particularmente **vulnerable** dado que puede convertirse en **más cálida y árida** de lo que ya es con impactos negativos en la **agricultura** y los escasos **recursos hídricos**

En España existe buena parte de la superficie en riesgo de desertificación, un proceso de degradación ecológica muy difícil de revertir



El cambio climático. Datos experimentales



Arellano et al. 2025. Air temperature has a clear increasing pattern (2°C en los últimos 50 años)

Serrano et al. 2025. High temporal variability not trend dominates Mediterranean precipitation

Mitigación



Adaptación

Las emisiones de gases efecto invernadero provenientes de la actividad agrícola contribuyen en un 22% al cambio climático (IPCC 2014)

Los episodios climáticos extremos pueden afectar en un 10-80% a la producción agrícola (Hay et al. 2007)

La Política Agraria Común prioriza una aproximación a favor de la mitigación

La agricultura productiva del Mediterráneo necesita una aproximación sinérgica

Dado que no es fácil reducir la emisión de gases de efecto invernadero, es posible secuestrar CO₂. El suelo como sumidero de CO₂, prácticas agronómicas que incrementen el secuestro de Carbono o reduzcan las emisiones



CC adaptation Strategies.

- Reducing by 20% the impacts of heat waves by implementing (outcomes):
 - Shading nets in fruit tree orchards.
 - Improved pig nutrition programs.
 - New pig breeds, and woody crop species more tolerant to heat stress.
- Reducing by 12% the impacts of drought by means of (outcomes)
 - On-farm fertirrigation technologies and protocols for extensive and intensive woody crops and open field vegetables.
 - Soil conservation practices (cover crops and organic mulching) for increasing water use efficiency and soil water storage in extensive woody crops.
- Reducing by 6% the impacts of flooding by (outcomes):
 - Minimizing soil erosion and increasing soil organic matter to improve soil water storage capacity in field crops.

CC Mitigation strategies.

- Reducing by 15% N₂O gas emission by (outcomes):
 - Adjusting water and nitrogen regime to the actual crop needs in extensive and intensive woody crops and in vegetable and field crops.
- Increasing by 13% the soil carbon storage capacity by (outcomes):
 - In semi-arid climates, soil conservation and erosion mitigation.
 - In more humid conditions, an increase in organic matter content.
- Increasing by 8% carbon storage in woody perennial organs by (outcomes):
 - Increasing tree productivity under climatic stress.
 - Testing more adequate tree genotypes to be used under drought stress conditions.

Sector vitivinícola

- Las vendimias se han adelantado aprox. 10 días
- Desequilibrio en las uvas entre madurez fenólica y alcohólica
- Bajada de la acidez e incrementos del pH
- Incremento de la presión de plagas que se “descontrolan” debido al incremento de temperaturas
- Incremento de fenómenos meteorológicos extremos (pedrisco, sequía, fríos)

- Falta de frescura en vinos blancos y falta de color en los tintos
- Exceso de alcohol en los vinos, taninos verdes y astringentes



Sector vitivinícola

- Las vendimias se han adelantado aprox. 10 días
- Desequilibrio en las uvas entre madurez fenólica y alcohólica
- Bajada de la acidez e incrementos del pH
- Incremento de la presión de plagas que se “descontrolan” debido al incremento de temperaturas
- Incremento de fenómenos meteorológicos extremos (pedrisco, sequía, fríos)

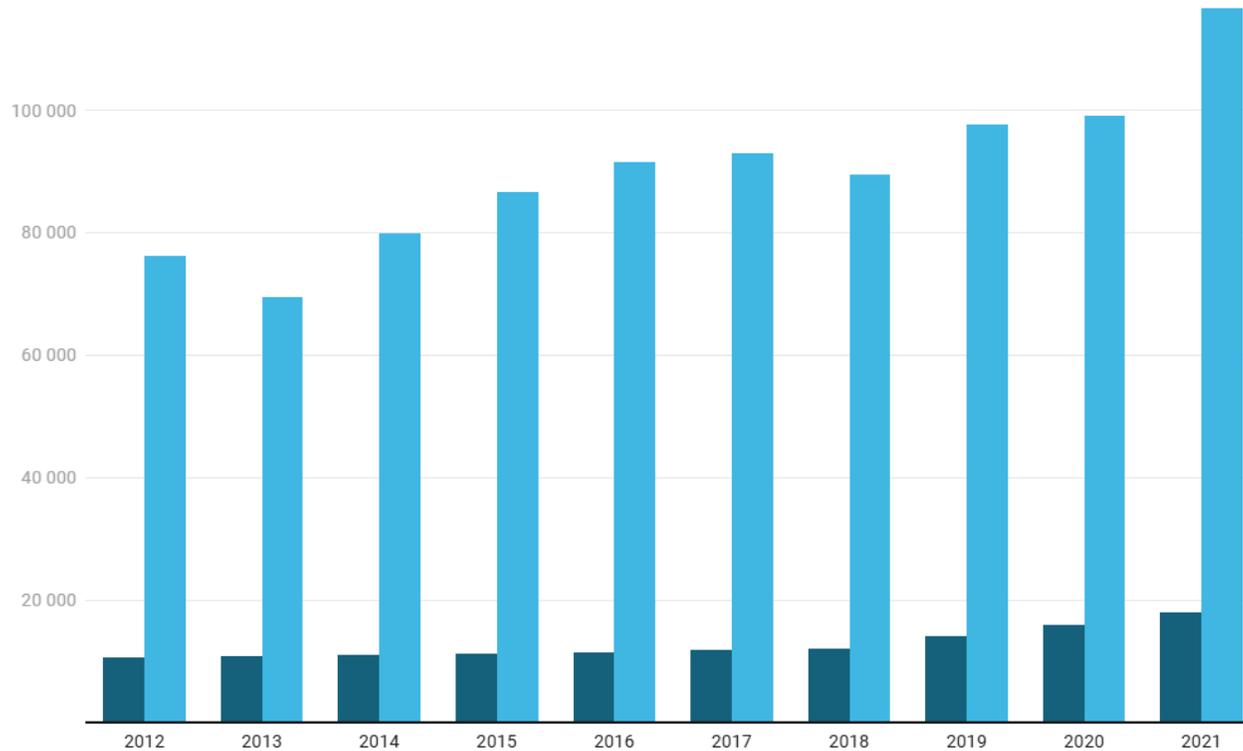
- Falta de frescura en vinos blancos y falta de color en los tintos
- Exceso de alcohol en los vinos, taninos verdes y astringentes



Cultivos subtropicales

Evolución de la superficie y producción de aguacate

■ Superficie (ha) ■ Producción (t)



Fuente: MAPA • Creado con Datawrapper

Aguacate y mango, dos subtropicales en auge

20 abril 2023

Economía Agroalimentaria Producción Vegetal

La búsqueda de nuevos mercados en el este de Europa puede suponer un acicate para que cada vez más productores opten por estos subtropicales. Ampliar el calendario de producción es otro factor de relevancia

Plataforma Tierra: <https://www.plataformatierra.es/innovacion/aguacate-y-mango-dos-subtropicales-en-auge>



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

1. Terroir = (suelo+clima)



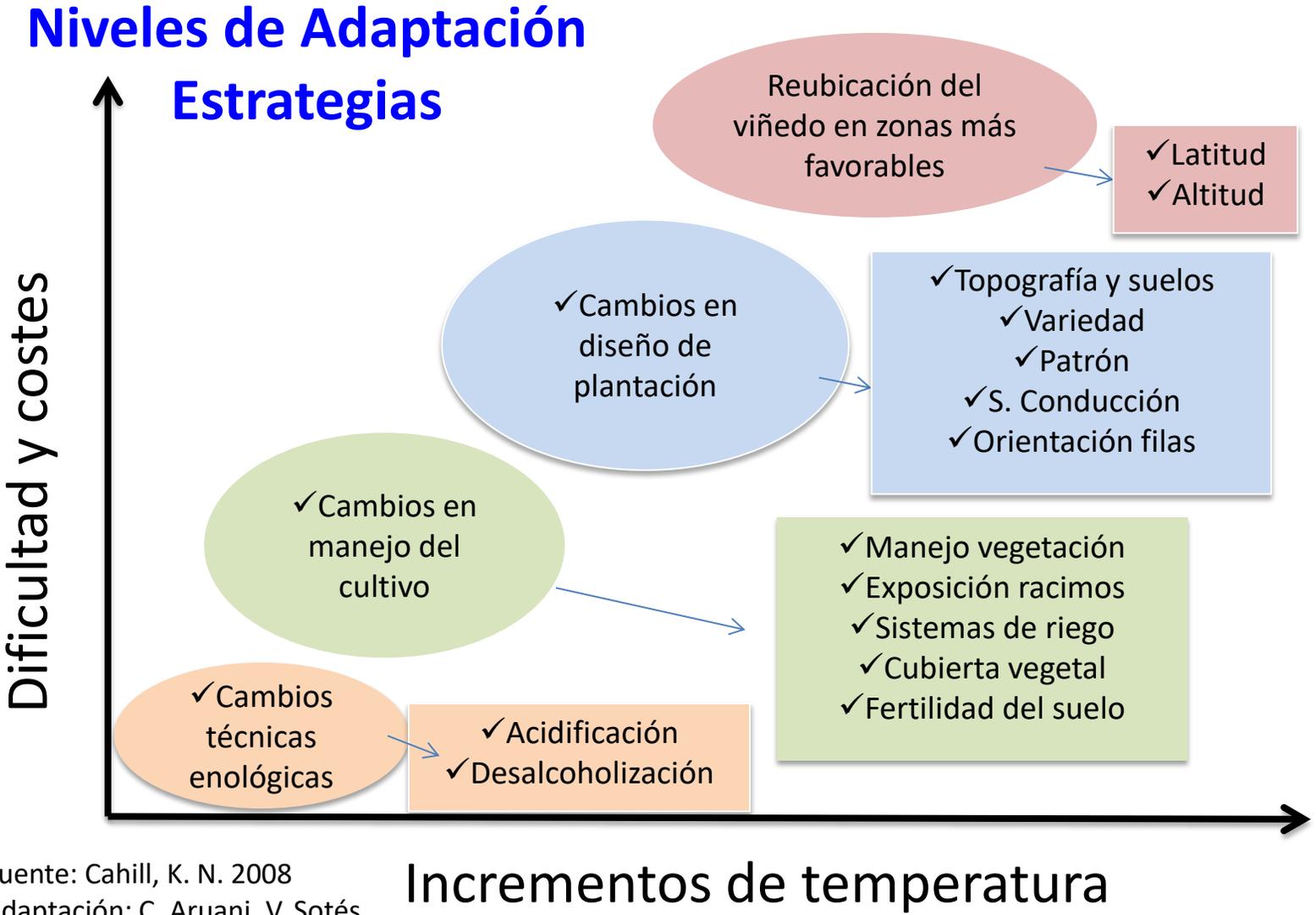
2. Material genético = Portainjerto+Variedad

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 ...)

Los aspectos socio-económicos son condicionantes cruciales a tener también en cuenta:

- Pequeños productores y minifundismo
- Herencia de las tierras
- Cadena de valor agro-alimentaria



Fuente: Cahill, K. N. 2008
Adaptación: C. Aruani, V. Sotés

Aproximación agro-ecológica

- El uso de cubiertas vegetales, o la diversificación de cultivos pueden mejorar la capacidad de retención de agua en el suelo (**el agua verde**) y fijar nitrógeno
- En ambientes semi-áridos la agricultura de conservación (siembra directa y con menos labores del suelo puede incrementar la eficiencia en el uso del agua)

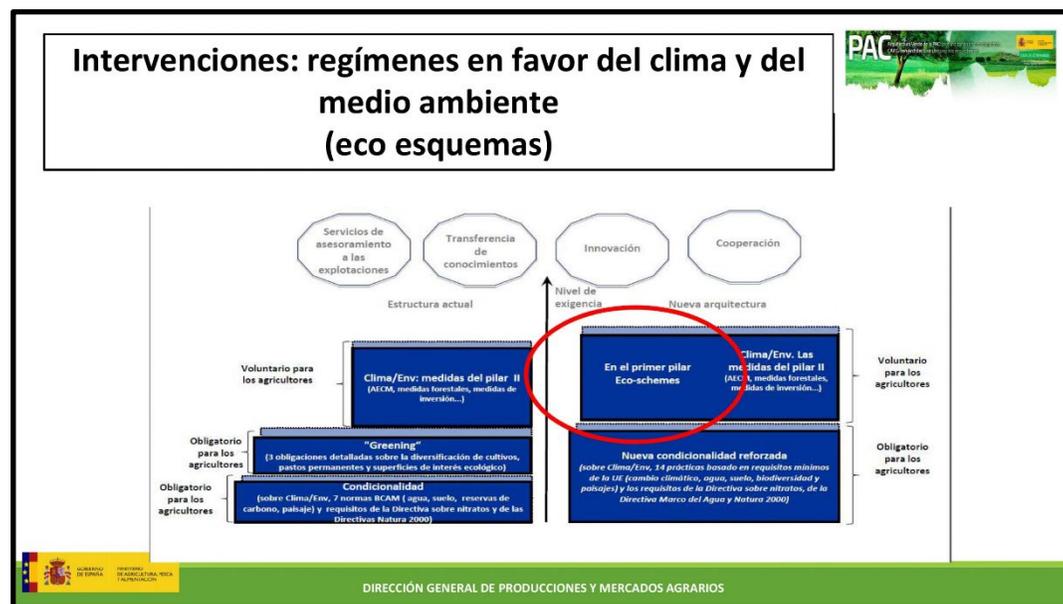


Los ecoesquemas

Para alcanzar el objetivo: Apoyar y reforzar la protección del medio ambiente, incluida la biodiversidad, y la acción por el clima se establecen unos ecoesquemas o ecoregímenes

La acogida a los ecoregímenes es voluntaria para el productor, que decidirá para qué parcelas de su explotación los solicita o no, y bajo qué prácticas justifica su realización.

Las CCAA pueden modular como establecen finalmente las medidas con las correspondientes especificidades



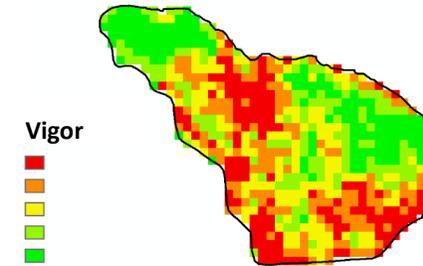
Agricultura de precisión

- Uso de sensores, modelos y maquinaria en agricultura
 - El riego de precisión permitiría ajustar la dosis de riego y fertilizante en cada zona de una parcela
-
- Pero el agricultor tiene que tomar decisiones y hay que saber interpretar la información y conocer la **agronomía de cultivos** para contextualizar y aprovechar bien la información generada

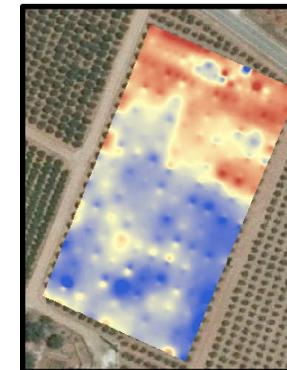
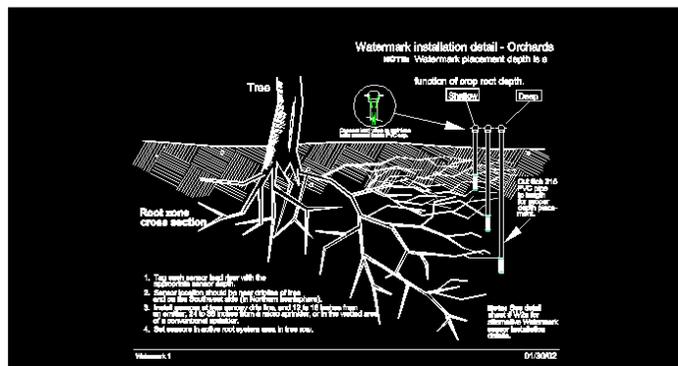


Transición digital. !Imprecisión!

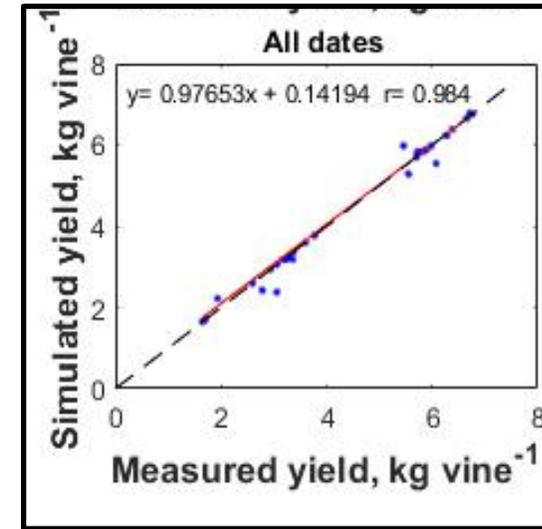
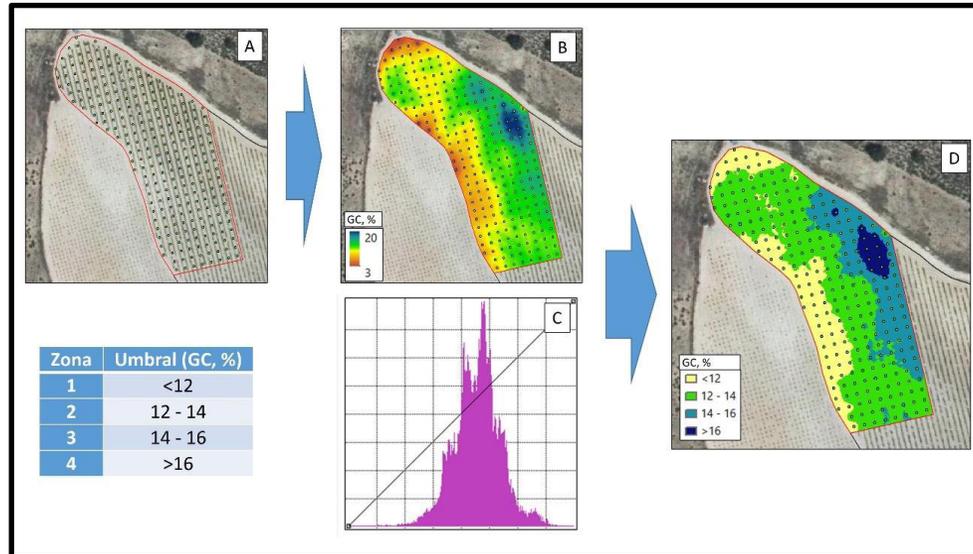
Imprecisión local



Precisión espacial

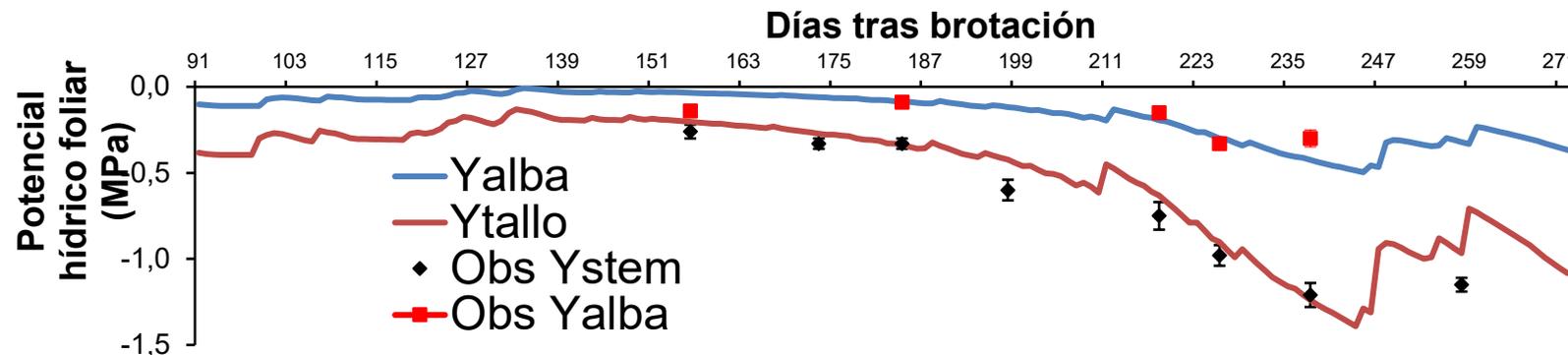


Zonificar los viñedos para delimitar zonas con distinto vigor y predecir la producción con IoT

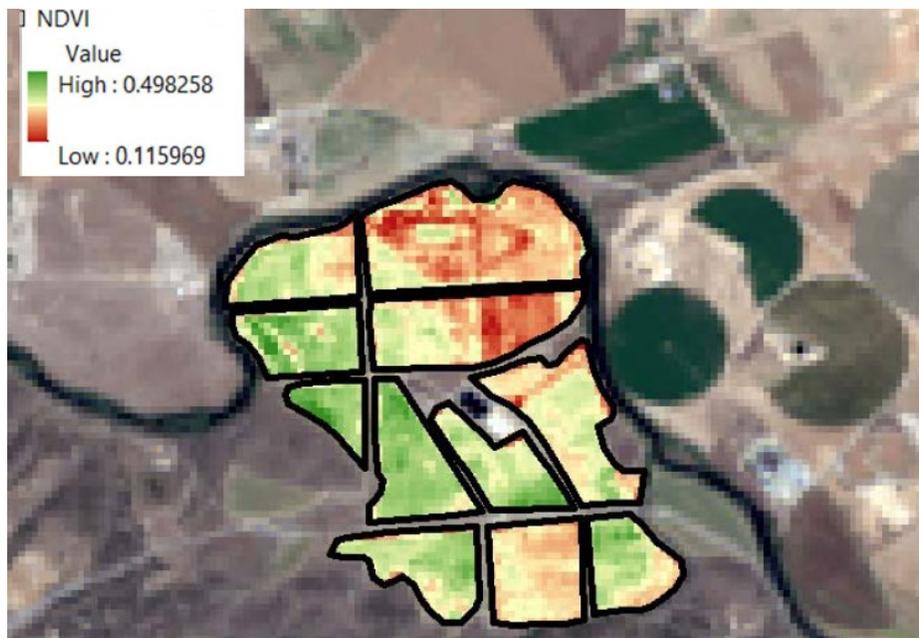


Ballesteros et al. 2020. Precision Agriculture 21:1242–1262

Predecir el estado hídrico de las cepas y el balance hídrico del viñedo con modelos

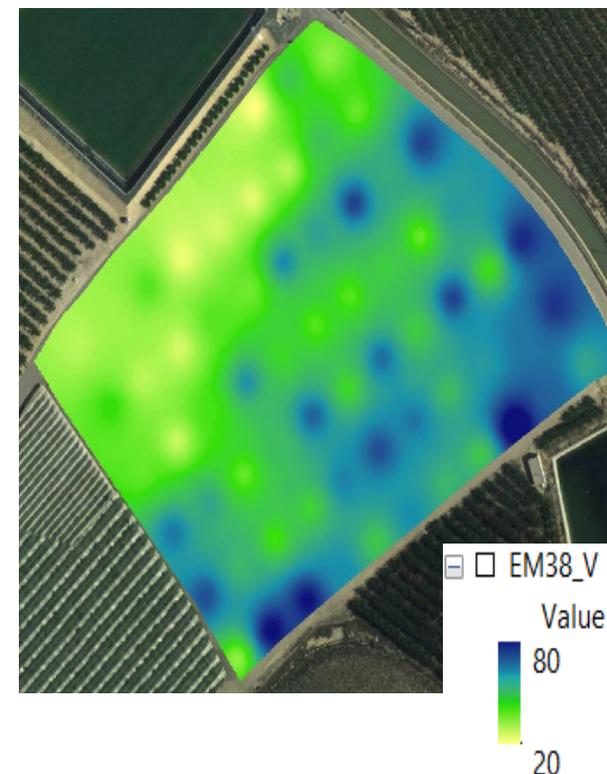


¿cómo interpretar los mapas que obtenemos?



¿A qué se deben las diferencias que encontramos?

- Uniformidad en la aplicación del ferti-riego
- Heterogeneidad del suelo
- Necesidades hídricas
- Fertilización
- Enfermedades
-



Necesitamos más estudios de agronomía y que la agricultura de precisión conecte con los agrónomos

El manejo del suelo en los huertos frutales



Suelo desnudo con laboreo/herbicidas



Cubiertas vegetales sembradas



Cubiertas vegetales espontaneas (vegetación natural)



Asfaltado del suelo

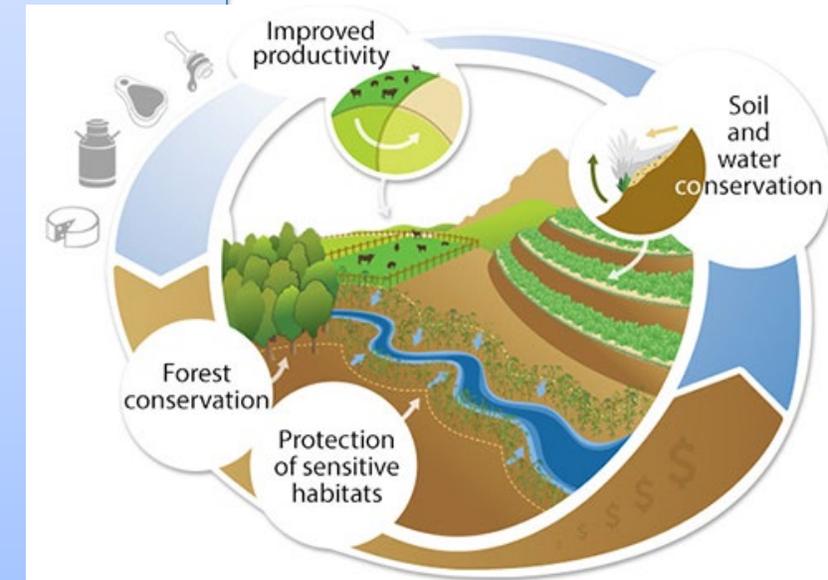


Acolchado del suelo "mulching" con restos vegetales o con acolchados plásticos en todo el suelo o sólo en algunas partes

en consecuencia existen distintas alternativas para el manejo del suelo con implicaciones tanto agronómicas (el árbol que se cultiva) como medio-ambientales (el agro-ecosistema en su conjunto)

Consecuencias del manejo del suelo

- Biodiversidad aérea y del suelo
- Erosión
- Disponibilidad de nutrientes
- **Carbono y materia orgánica (Secuestro de carbono)**
- **Disponibilidad de agua**
- Micro-clima del huerto frutal
- Control de plagas
- Polinizadores
- Producción de los árboles (cantidad y calidad)
-



Cubiertas vegetales inertes (Acolchado)

Práctica de cubiertas vegetales inertes en cultivos leñosos (con gestión sostenible de insumos en regadío).

Acolchado/Mulching

Esta práctica consiste en el depósito en el suelo del volumen de los restos de poda suficiente, una vez triturados. En el caso de las prácticas que se realicen sobre superficies de regadío se introduce como requisito general llevar una gestión sostenible de insumos con el objetivo de promover la reducción del consumo y el uso más eficiente de agua, fertilizantes y fitosanitarios



Acolchado – Resultados Evapotranspiración

El **objetivo** de este trabajo fue evaluar el efecto que un acolchado orgánico del suelo (restos de poda) puede tener sobre la evapotranspiración del cultivo de la vid con el fin de mejorar la eficiencia en el uso del agua

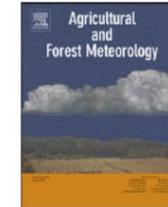
Agricultural and Forest Meteorology 291 (2020) 108064



Contents lists available at ScienceDirect

Agricultural and Forest Meteorology

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



Effect of using pruning waste as an organic mulching on a drip-irrigated vineyard evapotranspiration under a semi-arid climate



R. López-Urrea^{a,*}, J.M. Sánchez^b, A. Montoro^a, F. Mañas^a, D.S. Intrigliolo^c

Suelo desnudo



Acolchado orgánico



Acolchado inorgánico



Acolchado – Resultados Evapotranspiración

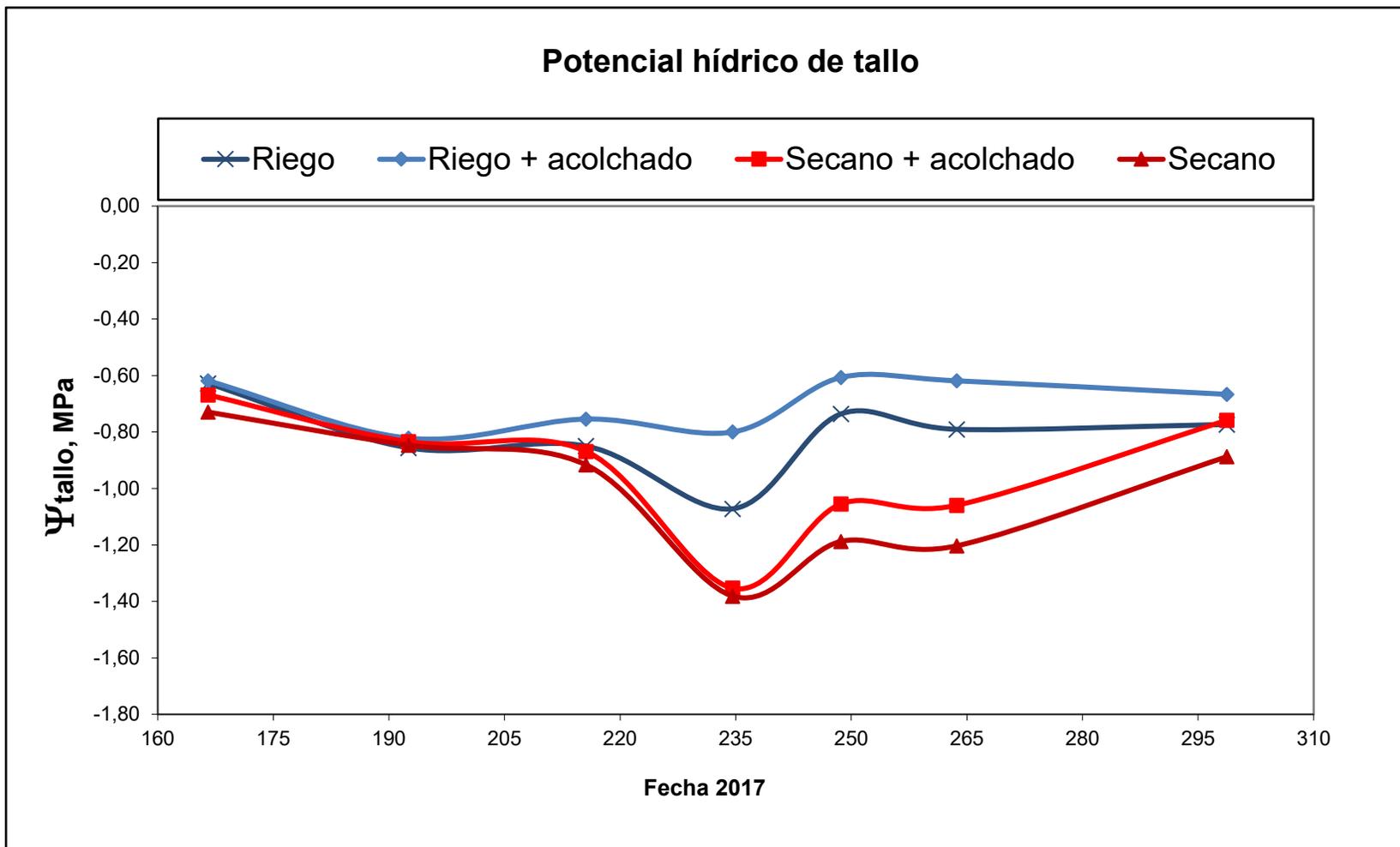


2015			
Tipo cubierta	ET _c (mm/periodo)	ET _o (mm/periodo)	Coefficiente de cultivo
Suelo desnudo	18,28	36,51	0,50
Restos de poda	16,03	38,70	0,41
Plástico	12,69	33,71	0,38
2016			
Tipo cubierta	ET _c (mm/periodo)	ET _o (mm/periodo)	Coefficiente de cultivo
Suelo desnudo	5,47	14,89	0,37
Restos de poda	4,32	13,84	0,31
Plástico	3,33	12,21	0,27
2017			
Tipo cubierta	ET _c (mm/periodo)	ET _o (mm/periodo)	Coefficiente de cultivo
Suelo desnudo	7,79	17,83	0,44
Restos de poda	6,25	17,78	0,35
Plástico	4,20	13,45	0,31

Valores de evapotranspiración de referencia (ET_o) y de cultivo (ET_c), así como sus correspondientes coeficientes de cultivo durante las tres campañas

- Acolchado con restos de poda: 16-20% menos ET_c
- Plástico: 25-29% menos ET_c

Acolchado del suelo



- El estado hídrico de las cepas mejora en un 12%
- En el secano, el peso medio del racimo incrementa en un 15%

....Pero se necesitan los restos de poda de unas 6 ha para cubrir totalmente el suelo de 1 ha....

En climas húmedos, el uso de cubiertas vegetales aporta una serie de servicios ecosistémicos adicionales: 1) Control de la erosión, 2) Incremento de la materia orgánica del suelo, 3) Incremento de la biodiversidad funcional (control de plagas y polinizadores)...

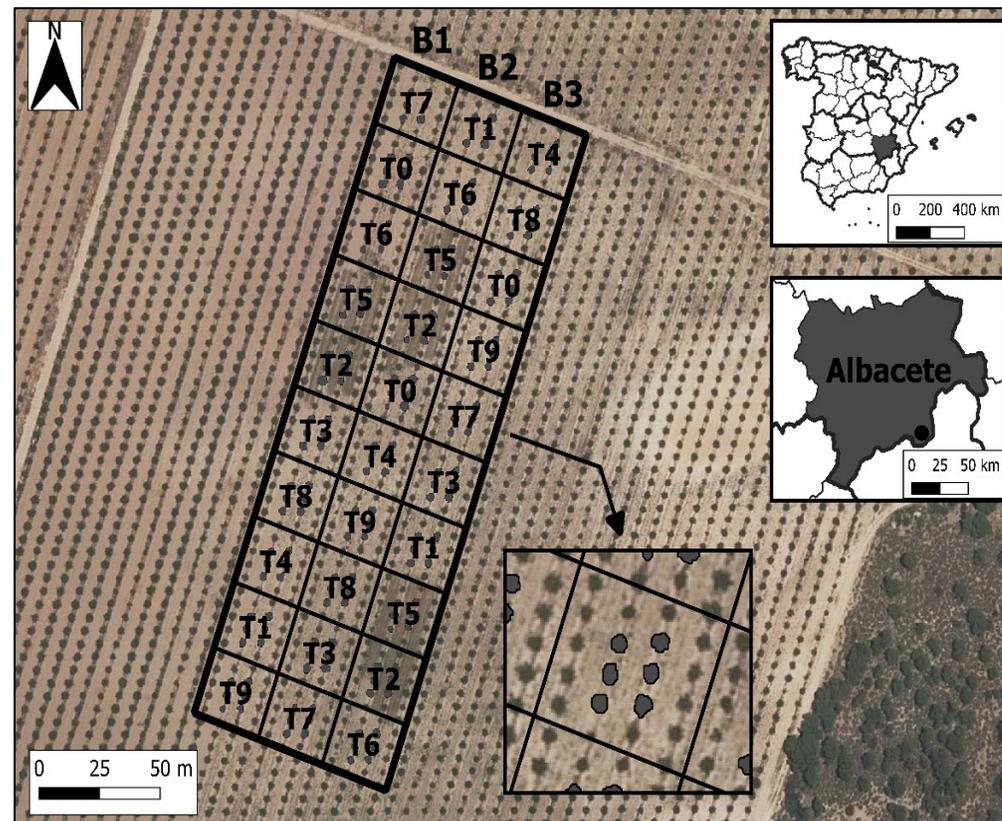
En climas semiáridos, el uso de cubiertas vegetales tiene que ser rediseñado para obtener los posibles servicios ecosistémicos adicionales sin afectar a la productividad de los árboles ... ó....

La merma productiva puede ser compensada por las externalidades positivas para la sociedad. En este sentido, los aspectos socio-económicos y de gobernanza cobran una relevancia especial



Resultados de un ensayo en almendros

- Parcela comercial de almendro (*Prunus dulcis* var. Belona) en Hellín (Albacete) durante tres años 2018-2020.
- **Plantación joven** realizada en 2016 con marco de plantación amplio (7 x 5 m).
- ETo y Precipitación anual de 1255 y 307 mm.
- Cobertura vegetal de 15-25% del marco.



Las cubiertas vegetales se compararon con un manejo de suelo desnudo bajo un régimen de riego deficitario al 67 y 33% de la evapotranspiración estimada del cultivo (necesidades hídricas, ETC)

Cubierta vegetal sembrada



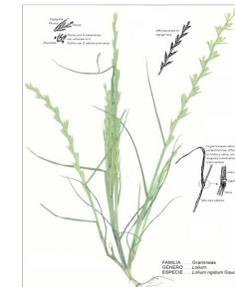
20%
Festuca arundinacea



20%
Dactylis glomerata



20%
Lolium rigidum



15%
Onobrychis viciifolia



15%
Vicia sativa



10%
Trifolium alexandrinum



Suelo desnudo

Cubiertas vegetales



05 de febrero de 2019



21 de marzo de 2019



3 de mayo de 2019



Especies sembradas y
adventicias



20 de junio de 2019



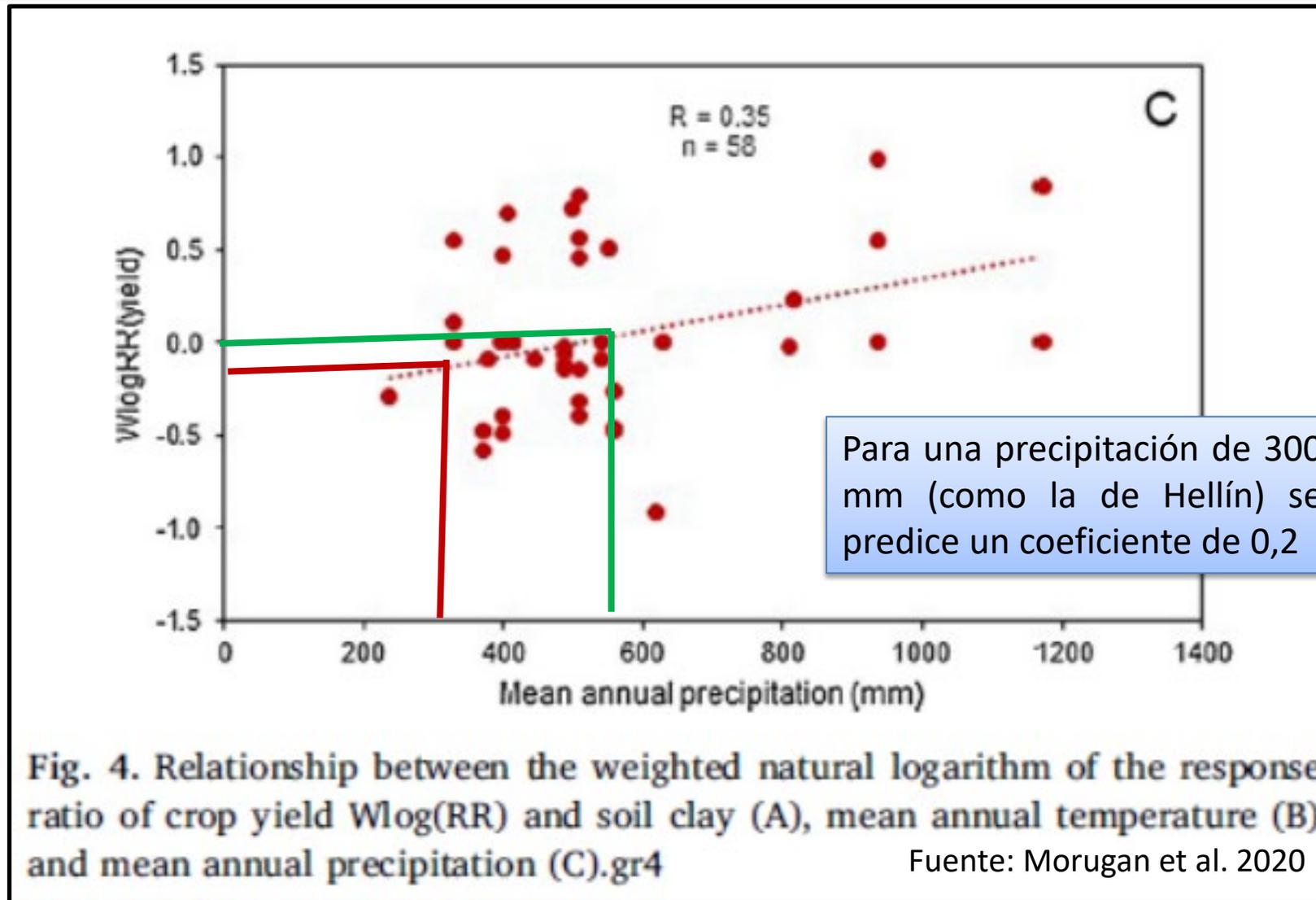
23 de octubre de 2019

Cubiertas vegetales. Efectos agronómicos



Tratamientos experimentales	Producción (kg/árbol)	Diámetro de la copa de los árboles (m)
67%ETc suelo desnudo	9,9	3,52
67%ETc cubierta	7,9 (-20%)	3,32
33%ETc suelo desnudo	8,0	3,42
33%ETc Cubierta	6,5 (-19%)	3,28
ANOVA por Factores		
Riego	***	n.s.
Cubierta	*	n.s.
RiegoXCubierta	n.s.	n.s.

Cubiertas vegetales. Integrando resultados

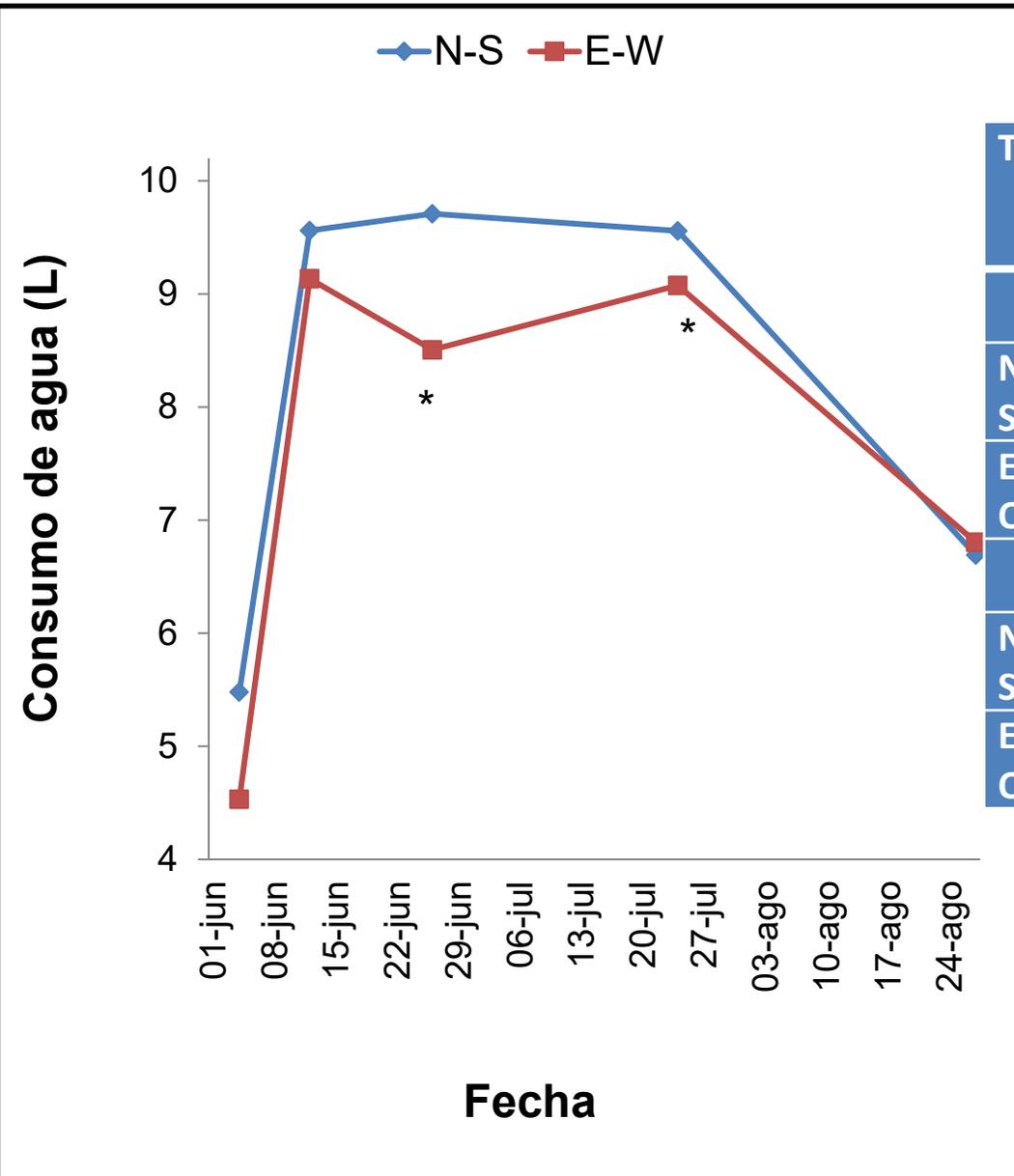


La precipitación umbral para obtener rendimientos parecidos con y sin cubiertas sería de 550 y 600 mm

Orientación de las filas del viñedo



La orientación de las filas este-oeste (E-W) permite reducir el consumo de agua en un 9% frente a la orientación norte-sur (N-S).



Trat.	Transpiración media (L/día)	Eficiencia en el uso del agua (kg/m ³)
cv. Verdejo		
Norte-Sur	1,71a ¹	254a
Este-Oeste	1,63b	273a
cv. Bobal		
Norte-Sur	1,71a	598b
Este-Oeste	1,49a	754a

Poda retrasada

En algunas variedades (tempranas) puede ser conveniente retrasar la fenología del cultivo y contrarrestar los adelantos fenológicos debido a las mayores temperaturas.



Las operaciones de poda en seco estimulan la brotación.

Una poda tardía realizada en el momento de brotación de las cepas puede frenar el crecimiento y desarrollo.



Poda retrasada



Testigo

Poda retrasada ó tardía

RESULTADOS PRODUCTIVOS

Fecha de vendimia y parámetros productivos para Tempranillo y Bobal en los tratamientos: Testigo y poda tardía (PT)

	Tratamiento	Fecha de vendimia	Producción (t.ha ⁻¹)	Racimos planta ⁻¹	Pf racimo (g)	Pf Baya (g)
TEMPRANILLO	Testigo	11 Sept.	12.78b	26.1a	296.9b	2.32b
	PT	17 Sept.	10.29a	26.4a	229.2a	1.68a
BOBAL	Testigo	17 Sept.	13.66a	9.9a	511.7b	2.99a
	PT	29 Sept.	12.86a	12.6b	384.5a	3.02a



RESULTADOS COMPOSICIÓN BAYAS Y VINOS

	Tratamiento	SST (°Brix)	A.T. (g L ⁻¹)	pH	Polifenoles (mg g ⁻¹)	Antocianos (mg g ⁻¹)
TEMPRANILLO	<i>Testigo</i>	21.7	3.5a	3.35	2.7	1.0a
	<i>PT</i>	22.2	4.1b	3.46	2.7	1.3b
BOBAL	<i>Testigo</i>	20.1	4.3a	3.38	2.3	1.0b
	<i>PT</i>	20.3	4.8b	3.38	2.0	0.6a

	Tratamiento	Vino descube		Vino final	
		Antocianos (mg L ⁻¹)	IPT	Antocianos (mg L ⁻¹)	IPT
TEMPRANILLO	<i>Testigo</i>	663.3a	57.2	454.6	53.7
	<i>PT</i>	741.6b	59.6	447.3	54.7
BOBAL	<i>Testigo</i>	452.7a	53.3	339.1	46.0
	<i>PT</i>	556.6b	51.6	333.3	48.2



Cambio climático

- Escasez de recursos hídricos.
- Cambios en la fenología.
- Efectos sobre la calidad de la uva.

Estrategias de adaptación

- Selección de variedades (y clones) y portainjertos mejor adaptados.
- Observatorio de variedades y parcelas experimentales.

Material vegetal

Diversidad genética

- *Vitis vinifera* L. tiene una gran diversidad genética (variedades locales).
- Para un cultivar determinado, existen variaciones genéticas **intravarietales (biotipos)** que pueden dar lugar a **clones**.

Fenotipado

- Múltiples metodologías y protocolos para el fenotipado.
 - ✓ Medidas de campo.
 - ✓ Técnicas de teledetección.



Nuevos porta-injertos de Vitis Navarra, VCR (M1, M4)

Agricultural Water Management 169 (2016) 106–114

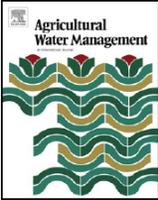
Contents lists available at [ScienceDirect](#)



ELSEVIER

Agricultural Water Management

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



Water stress improves whole-canopy water use efficiency and berry composition of cv. Sangiovese (*Vitis vinifera* L.) grapevines grafted on the new drought-tolerant rootstock M4

M.C. Merli^a, E. Magnanini^a, M. Gatti^a, F.J. Pirez^a, I. Buesa Pueyo^b, D.S. Intrigliolo^c, S. Poni^{a,*}

^a Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili, Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università Cattolica del Sacro Cuore, Via Emilia Parmense 84, 29122 Piacenza, Italy

^b Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Centro Desarrollo Agricultura Sostenible Apartado Oficial, 46113 Moncada, Spain

^c Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), Departamento de Riego, Campus Universitario de Espinardo, 30100 Espinardo, Murcia, Spain



En estudios fisiológicos han demostrado buena capacidad para adaptación a la sequía pero deben realizarse estudios de campo en condiciones locales

El patrimonio genético de *Vitis vinifera* en cuanto a **variedades** es inmenso

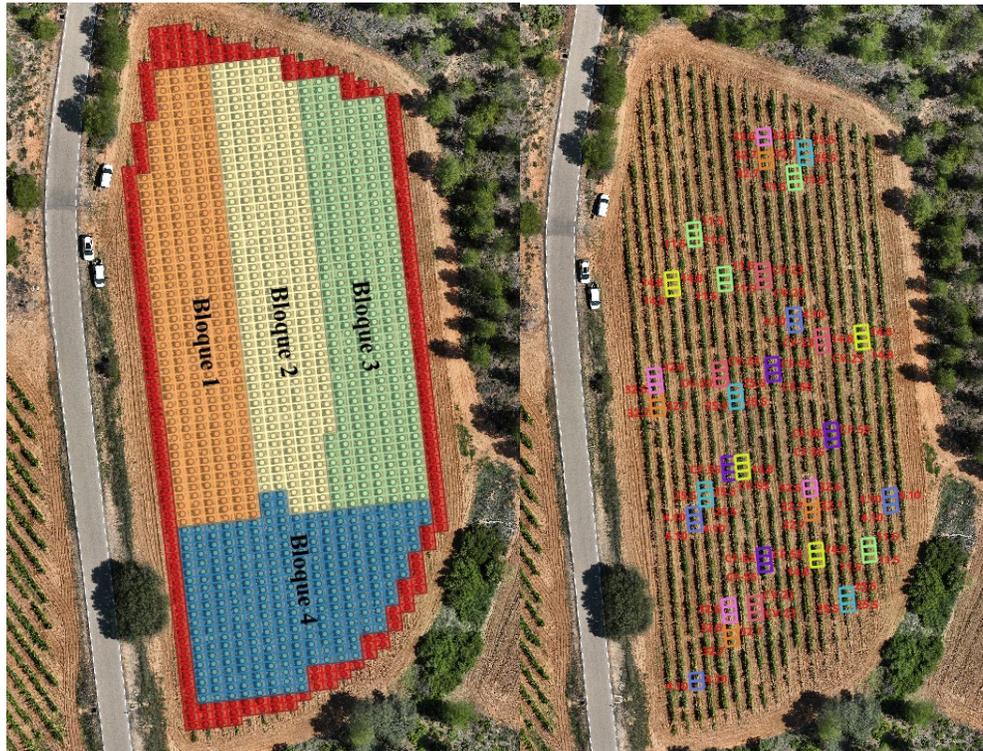


Fuente: MAPAMA 2017
http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/exposiciones/vid/www/imagenes/variedades_uva_01.html



Existen programas de hibridación para la obtención de nuevas variedades híbridas. Por ejemplo: Monastrell X Cabernet Sauvignon

Sin embargo, en el mercado vitivinícola actual es crucial diferenciarse sobre la base de variedades autóctonas que confieran **tipicidad** a los vinos.



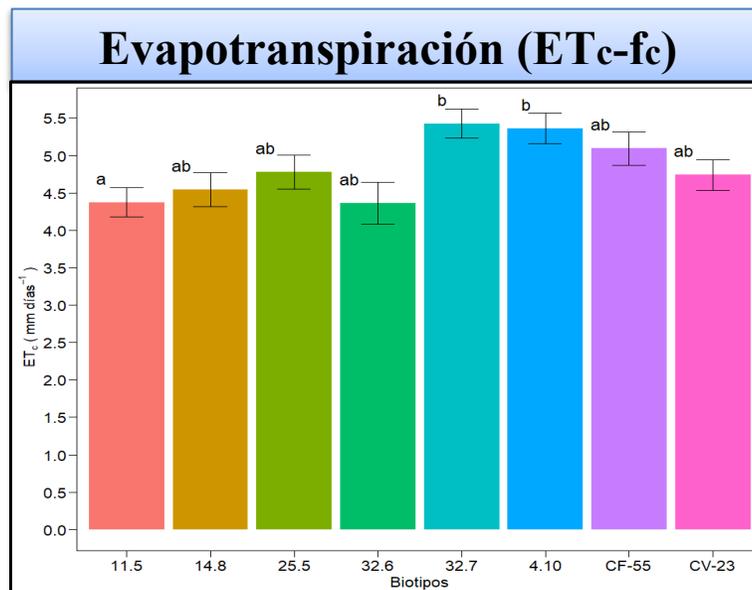
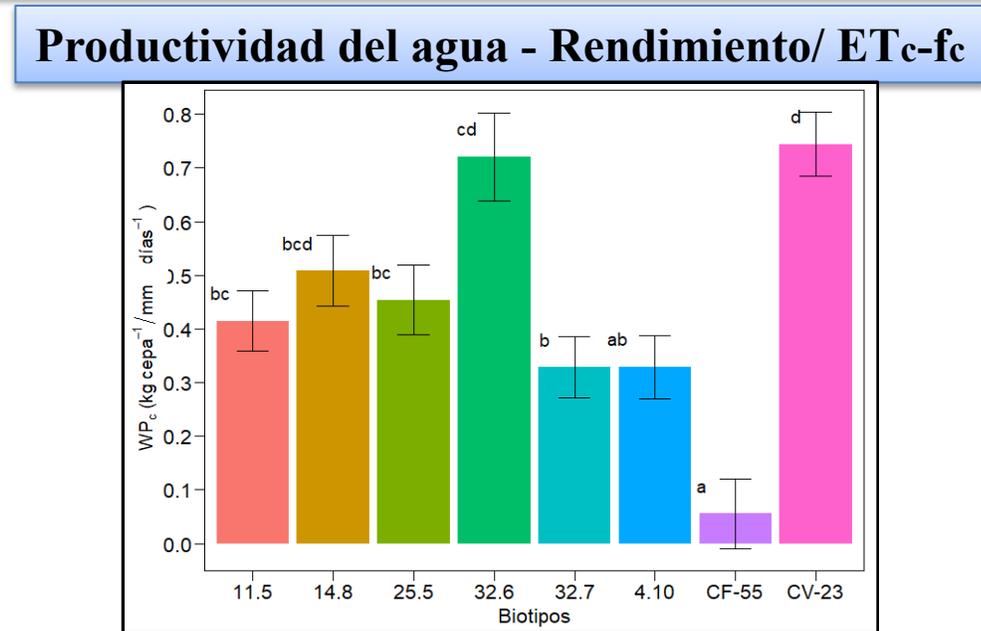
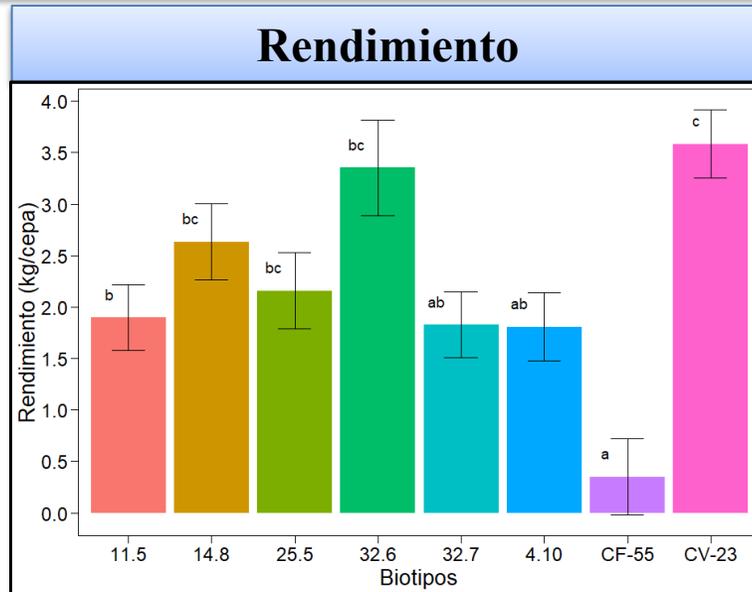
- Marco de plantación de 2.5 x 1.5 m.
- Sistema de conducción en espaldera.
- Riego localizado (mismo régimen hídrico para todos los biotipos).

Biotipos

	11.5
	14.8
	25.5
	32.6
	32.7
	4.10
	CF-55
	CV-23



- El portainjerto 110 Richter (110R) se plantó en 2019.
- 98 biotipos de 'Bobal' se injertaron en 2020.
- El diseño experimental consta de 4 bloques, con 3 plantas por bloque y biotipo (n=12).
- Se seleccionaron 8 biotipos por criterios de: producción, calidad, porte y producción/calidad.



$$WP_c = \frac{\text{Rendimiento}}{ET_c}$$

- Biotipos**
- 11.5
 - 14.8
 - 25.5
 - 32.6
 - 32.7
 - 4.10
 - CF-55
 - CV-23

- ↑
- Biotipo CV-23
 - Biotipo 32.6
- ↓
- Biotipo CF.55
 - Biotipo 32.7
 - Biotipo 4.10

1. El cambio climático está afectando al **régimen térmico** con un incremento de aprox. 2 °C en los últimos 50-70 años y **el sector lo percibe**.
2. El sector agrario puede contribuir a **mitigar los efectos del cambio climático**, en particular promoviendo medidas que permitan **secuestrar de forma permanente CO₂**, particularmente en el **suelo**
3. En paralelo existen estrategias para **adaptarse al cambio climático** que pueden suponer un coste de cultivo mayor y sobre todo **un nivel de tecnificación más elevado** y aquí el papel de las **cooperativas** para **asesorar a los pequeños productores**
4. El consumidor tiene que percibir estos cambios, hay que concienciar a la sociedad y emplear **sellos eco-sostenibles** en la cadena de valor agro-alimentaria. De nuevo las **cooperativas agro-alimentarias** pueden favorecer su **implementación rigurosa y transparente**.



El reto de la adaptación al cambio climático en la agricultura



IX CONGRESO
Sostenibilidad
con Personas

27 Y 28 DE MARZO PALMA DE MALLORCA

cooperativas
agro-alimentarias
España

Diego Intrigliolo

Centro de Investigación sobre Desertificación (CIDE) (CSIC-UV-GVA)

Centro Mixto entre el CSIC, la Universidad de Valencia y la Generalitat Valenciana

e-mail: diego.intrigliolo@csic.es

Tel: 656682880



CIDE Centro de Investigaciones
Sobre Desertificación