



Uso del agua en la agricultura Experiencias de campo

Amelia Montoro



➤ Mini presentación

➤ Experiencia en campo. Detección de necesidades de investigación

Ingeniera Agrónoma

Materia del regadío (Fitotecnia e
Hidráulica)



Trayectoria Laboral





ESCUPTURA "SPLASH"
IKONIC ARTS®
EXPO ZARAGOZA 2008
EDIFICIO TORRE DEL AGUA

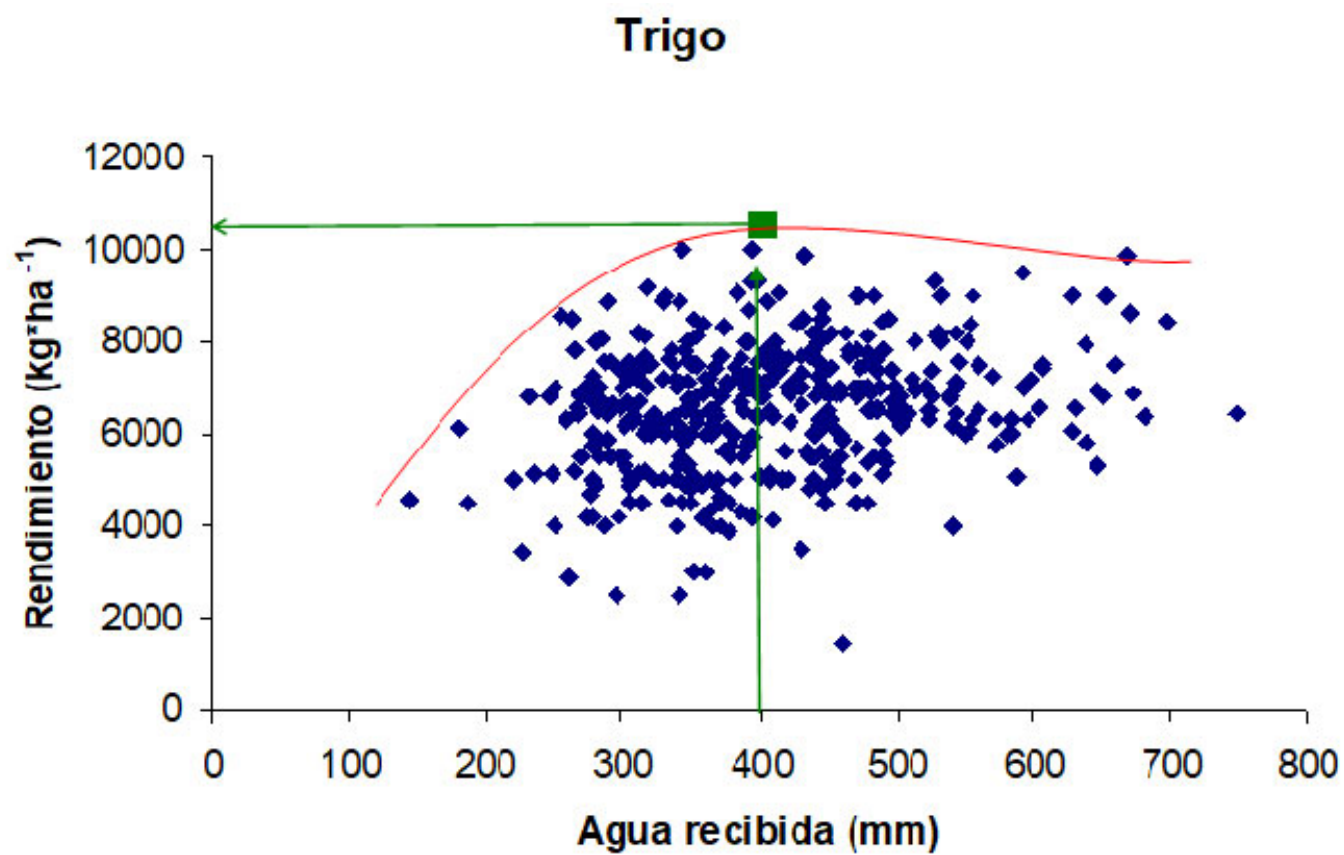


AVANCES EN EL MANEJO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE RIEGO

Dirigida por:

Dr. Elías Fereres Castiel
Dr. Francisco Santa Olalla Mañas
Tuvo como objetivo

evaluar
cuantitativamente las
aportaciones del
trabajo realizado por
el **Servicio de
Asesoramiento de Riegos**
y las opciones
metodológicas para
mejorar el
asesoramiento a los
agricultores en cuanto
a las predicciones del
consumo de agua.



Actualidad (19 de enero 2026)



1997

2000

Inicio mi trabajo en SAR

11 cultivos
herbáceos
35 parcelas
1000 ha
(Montoro, 2008)
Área de actuación:

Júcar:

Masa de Agua Mancha Oriental

Dirección SAR

Actualidad:

- 50 cultivos (79, con diversos ciclos)
- N° parcelas/campaña: 500 parcelas
- Superficie de actuación actual: 125.00 ha (hoja general de riegos)
- Superficie seguida a nivel de parcela: 30.000 h (hoja particular)
- Explotaciones agrarias: 100
- N° de comunidades de regantes asesoradas/campaña
- N° de evaluaciones de equipos de riego hasta 202584 equipos
- Superficie evaluada de regadío hasta 2025: 19.38
- actual: (eficiencia, uniformidad de distribución, presic etc)

Júcar:

Masa de Agua

Mancha Oriental

Guadiana: Masa Mancha Occidental

I

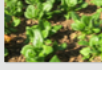
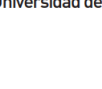
Masa

Mancha Occidental II

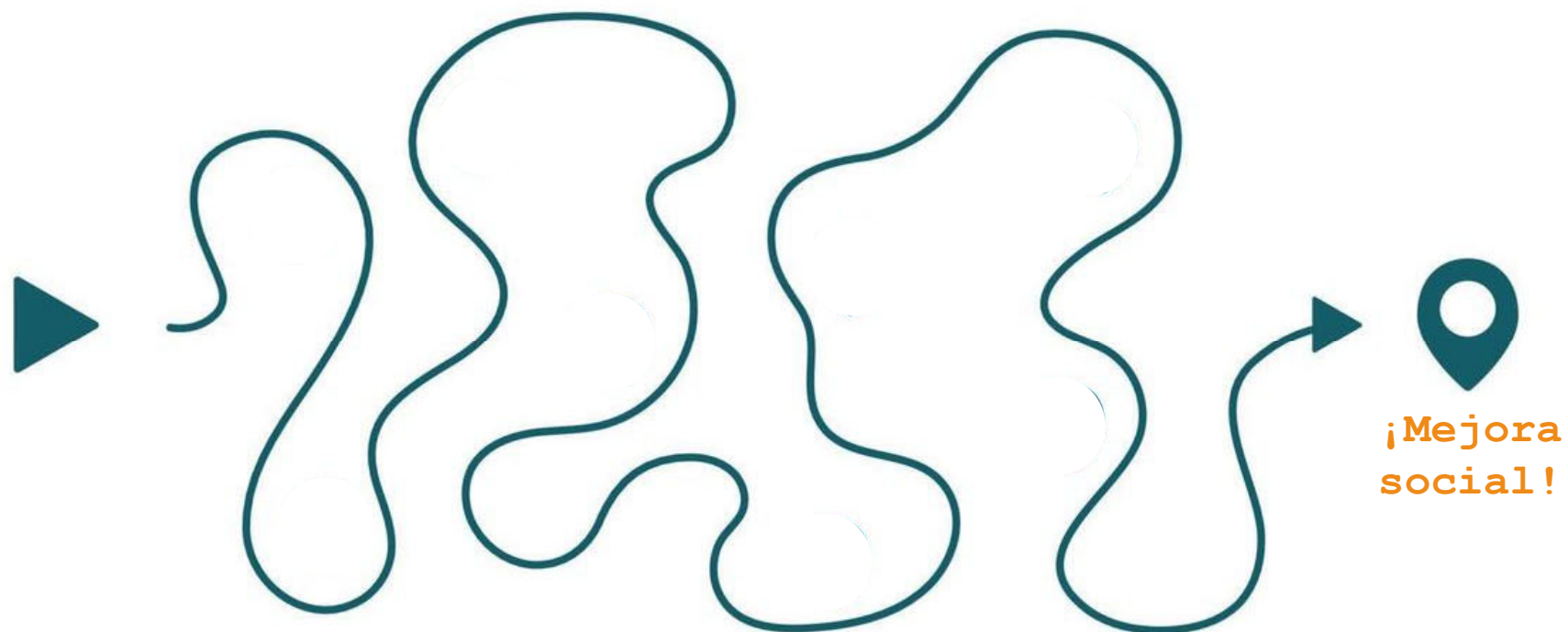
Masa Rus

¿Y todos estos datos, para qué

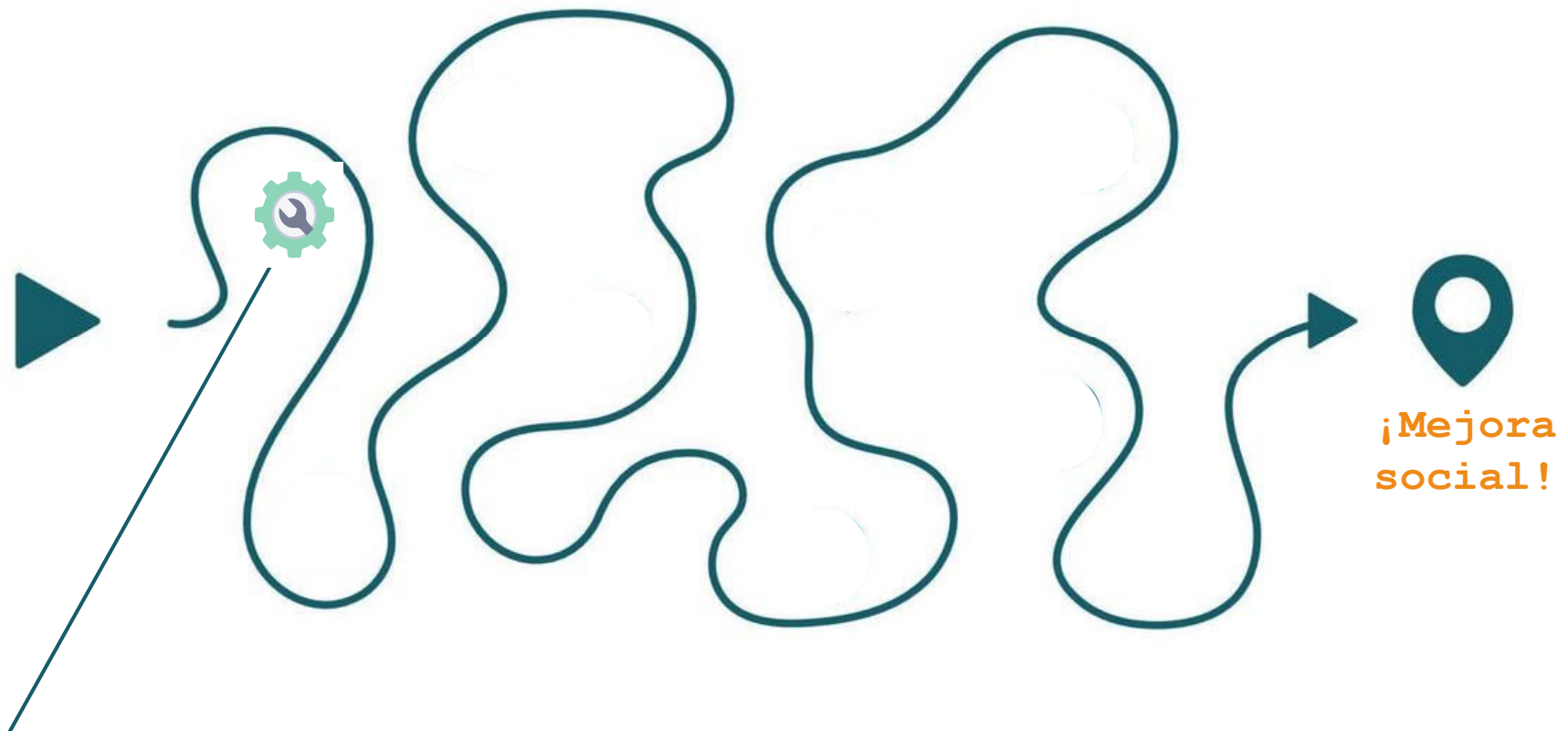
- La realidad (y adaptarnos a ella)
- Las tendencias generales de siembra de cultivos (sociedad, clima, etc)
- Las extracciones de agua a nivel de acuífero (resultados de parcela a cuenca hidrográfica)
- El comportamiento de los cultivos a lo largo de los años
- El efecto de la meteorología sobre los cultivos (BD amplia, climatología)
- La uniformidad de riego y eficiencia del riego

Cultivos con los que he trabajado		
	Cebada	50 cultivos
	Trigo	
	Girasol	Citricos Tropicales
	Maíz (F-300, 400, 500, 600, 700)	
	Adormidera	Vid
	Ajo blanco	
	Ajo chino	Olivio
	Ajo morado	
	Alfalfa	Almendro
	Alcachofa	
	Apio	Pistachero
	Avena	
	Brócoli (varios ciclos)	Nogal
	Cebolla	
	Cebollino	Nogal madera
	Colza	
	Espárrago	Albaricoquero
	Espinaca	
	Guisante verde	Melocotonero
	Guisante proteaginoso	
	Grelor	Ciruelo
	Judía verde	

Experiencia en campo. Detección de necesidad de

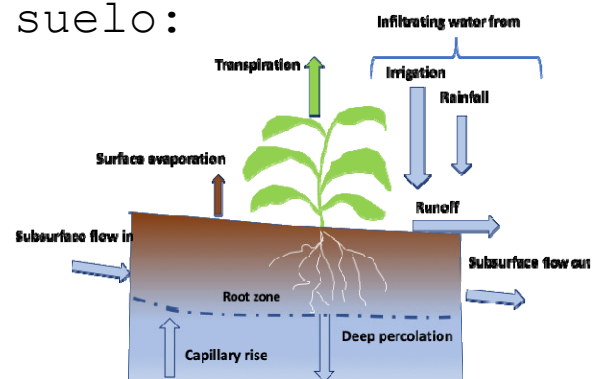


Experiencia en campo. Detección de necesidad de



Validación de la metodología del Servicio

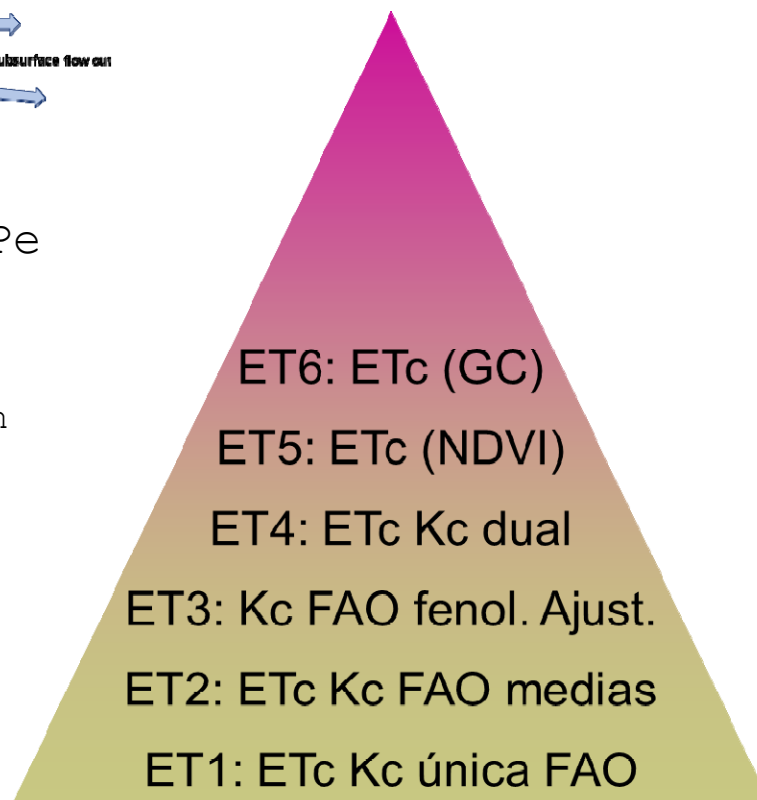
Balance de agua en el suelo:



$$ET + \cancel{Pr} + Es = \cancel{Pe} + Cf + Rg$$

Donde: + Rg

- ET: Evapotranspiración
- Pr: Percolación
- Es: Escorrentía
- Pe: Precipitación efectiva
- Cf: Agua capa freática
- Rg: Riego

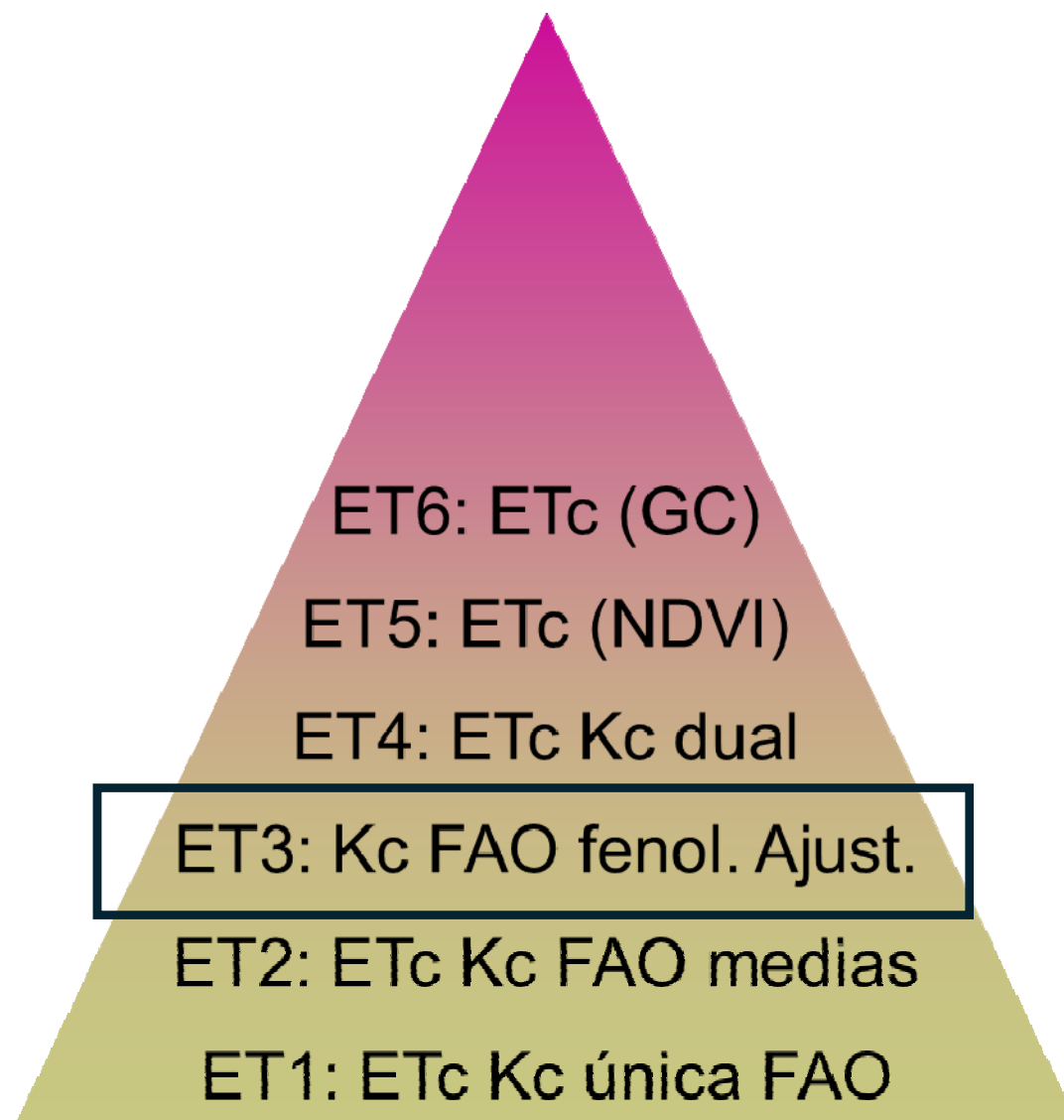


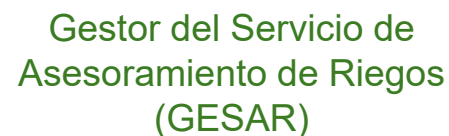
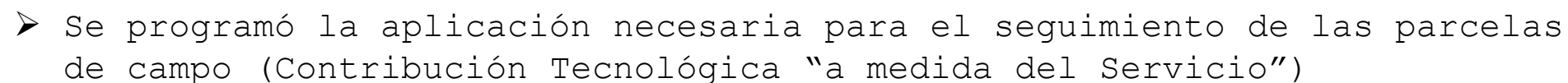
Encontrar el equilibrio de

operatividad

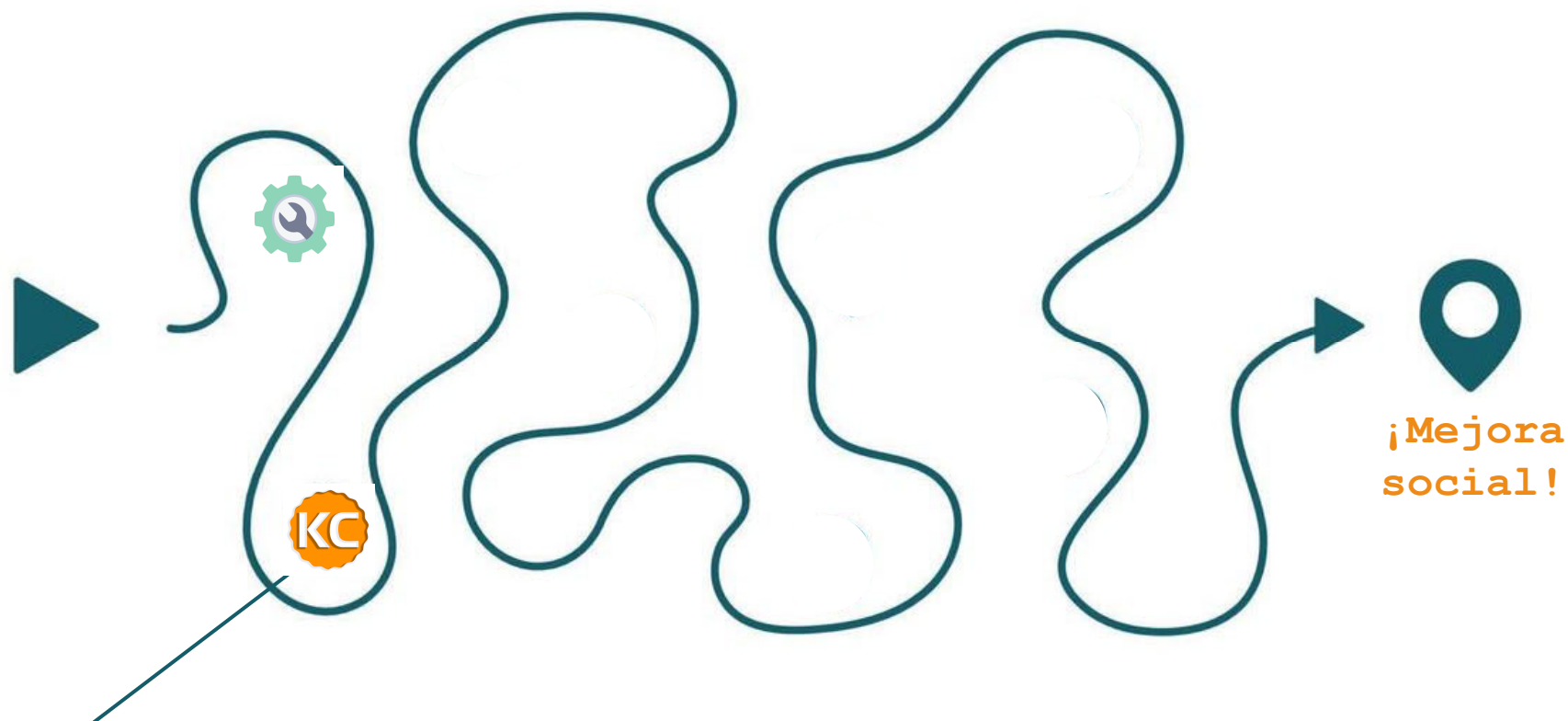


Estación lisimétrica de 3
lisímetros (Festuca -Eto;





Experiencia en campo. Detección de necesidad de



¿Los valores de Kc utilizados son los correctos?
¿Qué Kc debemos utilizar con cultivos que no han sido estudiados profusamente? (brócoli, adormidera, etc)



Lisimetría



% de suelo cubierto



- López-Urrea, R.; Martín de Santa Olalla, F.; Montoro, A.; López Fuster, P. 2009. Single and dual crop coefficients and water requirements for onion (*Allium cepa* L.) under semiarid conditions. *Agricultural Water Management*. 96: 1031-1036. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.02.004
- López-Urrea, R.; Montoro, A.; López Fuster, P.; Fereres, E. 2009. Evapotranspiration and responses to irrigation of broccoli. *Agricultural Water Management*. 96: 1155-1161. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.03.011
- López-Urrea, R.; Montoro, A.; González Piqueras, J.; López Fuster, P.; Fereres, E. 2009. Water use of spring wheat to raise water productivity. *Agricultural Water Management*. 96: 1305-1310. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.04.015
- López-Urrea, R.; Montoro, A.; Mañas, F.; López-Fuster, P.; Fereres, E. 2012. Evapotranspiration and crop coefficients from lysimeter measurements of mature "Tempranillo" wine grapes. *Agricultural Water Management*. 112: 13-20. DOI: 10.1016/j.agwat.2012.05.009
- López-Urrea, R.; Montoro, A.; Trout, T.J. 2014. Consumptive water use and crop coefficients of irrigated sunflower. *Irrigation Science*. 32 (2): 99 - 109. DOI: 10.1007/s00271-013-0418-9
- López-Urrea, R.; Martínez-Molina, L.; de la Cruz, F.; Montoro, A.; González Piqueras, J.; Odi-Lara, M.; Sánchez, J.M. 2016. Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated biomass sorghum for energy production. *Irrigation Science*. 34, pp. 287 - 296. DOI: 10.1007/s00271-016-0503-v

Ajuste de los Kc de los principales cultivos
sembrados en nuestro ámbito de actuación



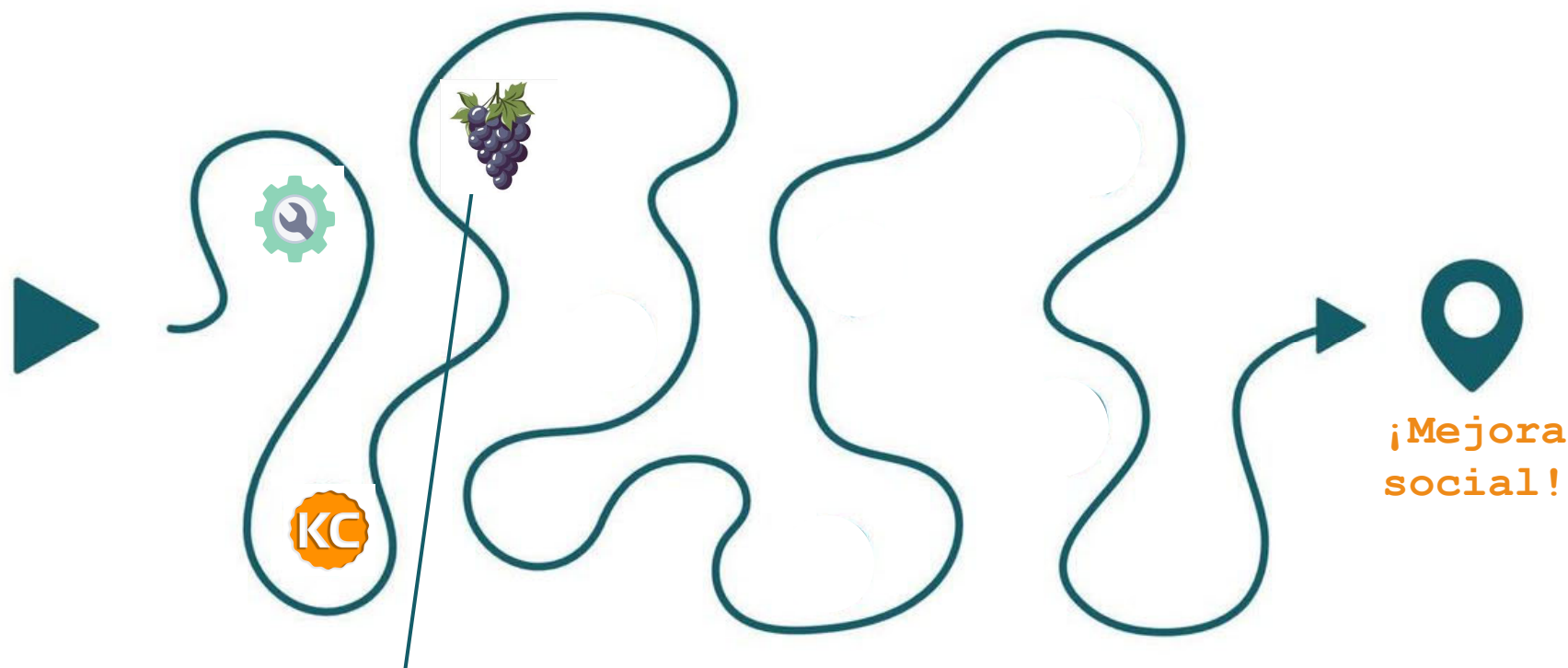
Asesoramiento de Riegos que “funcionaba” a
nivel de campo

(los agricultores obtenían buenos rendimientos
ajustando las necesidades de riego a la
demanda hídrica del cultivo)

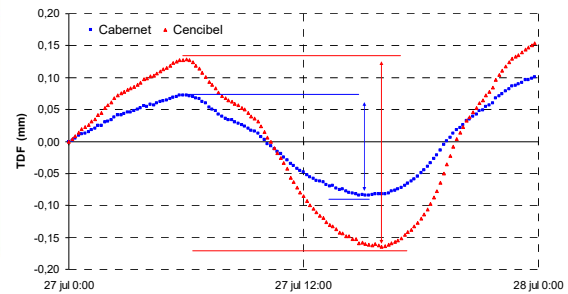
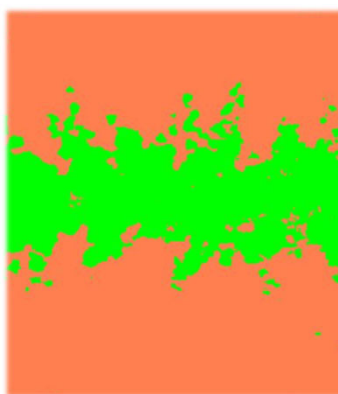
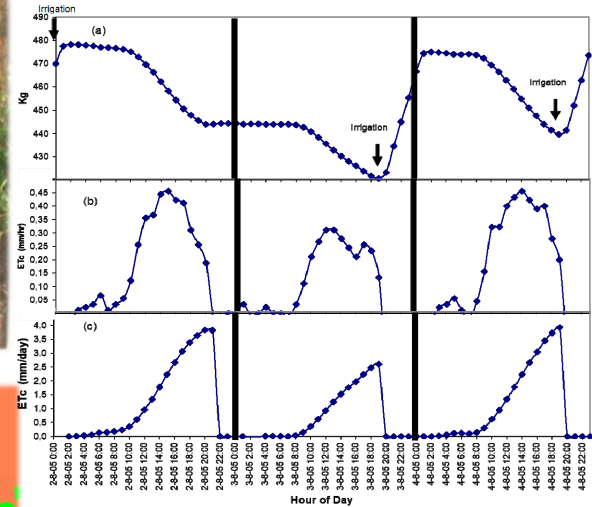
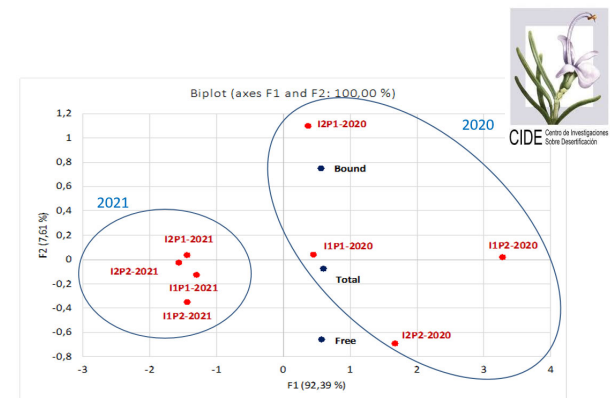
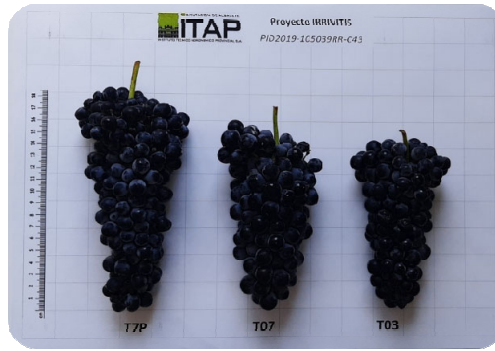


Aumento de la demanda del
servicio de la gestión de los recursos
hídricos

Experiencia en campo. Detección de necesidad de



El mayor viñedo del mundo se encontraba en CLM (500,000 ha)
En 1996 se derogó la ley que prohibía regar el viñedo en España y comenzaban a aparecer numerosos viñedos en regadío
Carencia total de información (a nivel de agricultor y de investigación)



Aromas, aa, composición nitrogenada, glutatión, tamaño del racimo...



Máxima demanda hídrica en viñedo, no se corresponde con cali



Riego Deficitario Controlado

Priorizar
color

Priorizar
acidez

Retrasar la
madurez

Priorizar
grado

Aumentar el
glutación

Potenciar
aroma

...



Hemos conseguido dar respuesta a
algunas de las dudas planteadas por
los viticultores y bodegueros

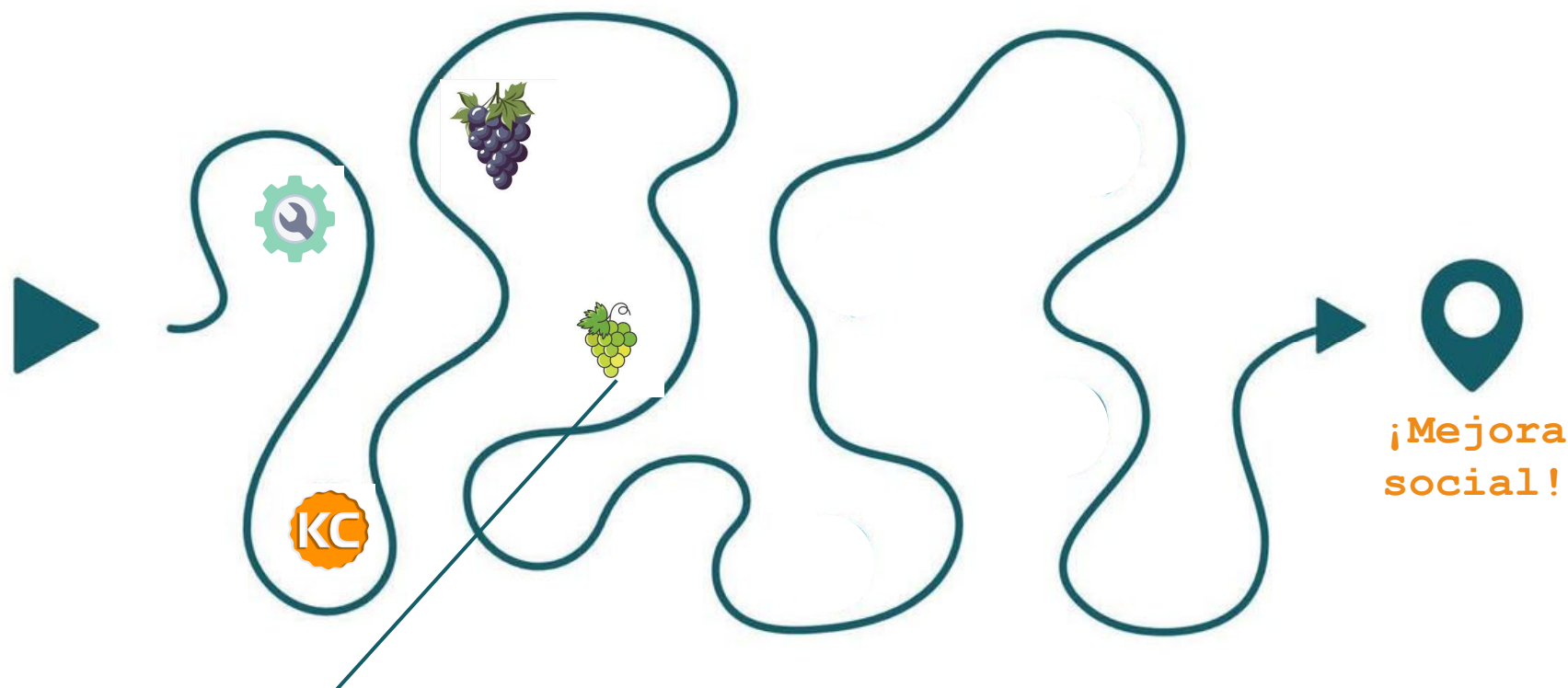


Los viticultores han cambiado la práctica
del riego que hacían



Hay evidencia que ha mejorado la calidad de
nuestros caldos

Experiencia en campo. Detección de necesidad de



Variedad Airén excluida de variedades con subvención a implantar en la reestructuración de viñedos

(Orden de 08-08-2000, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se regulaba la presentación y concesión de ayudas a los planes

CLM:

Airén: 50% de la superficie

**Macabeo (Viura): 2% de la
superficie**

**(Martínez Gascuña et al.,
2011)**

España:

Airén: 24% de la superficie

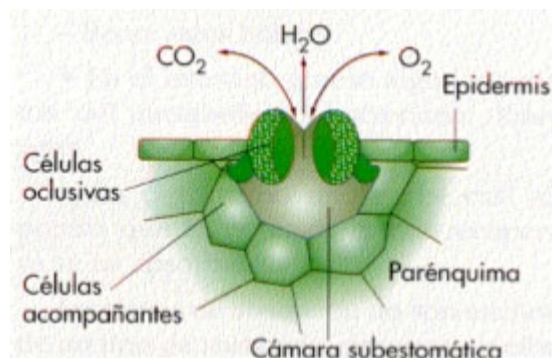
**Macabeo: 3% de la
superficie**

(MAGRAMA, 2014)

OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS
HÍDRICOS

Perfeccionamiento
tecnológico en la gestión
del riego

Conocimiento de los
procesos fisiológicos
del cultivo en un
ambiente determinado



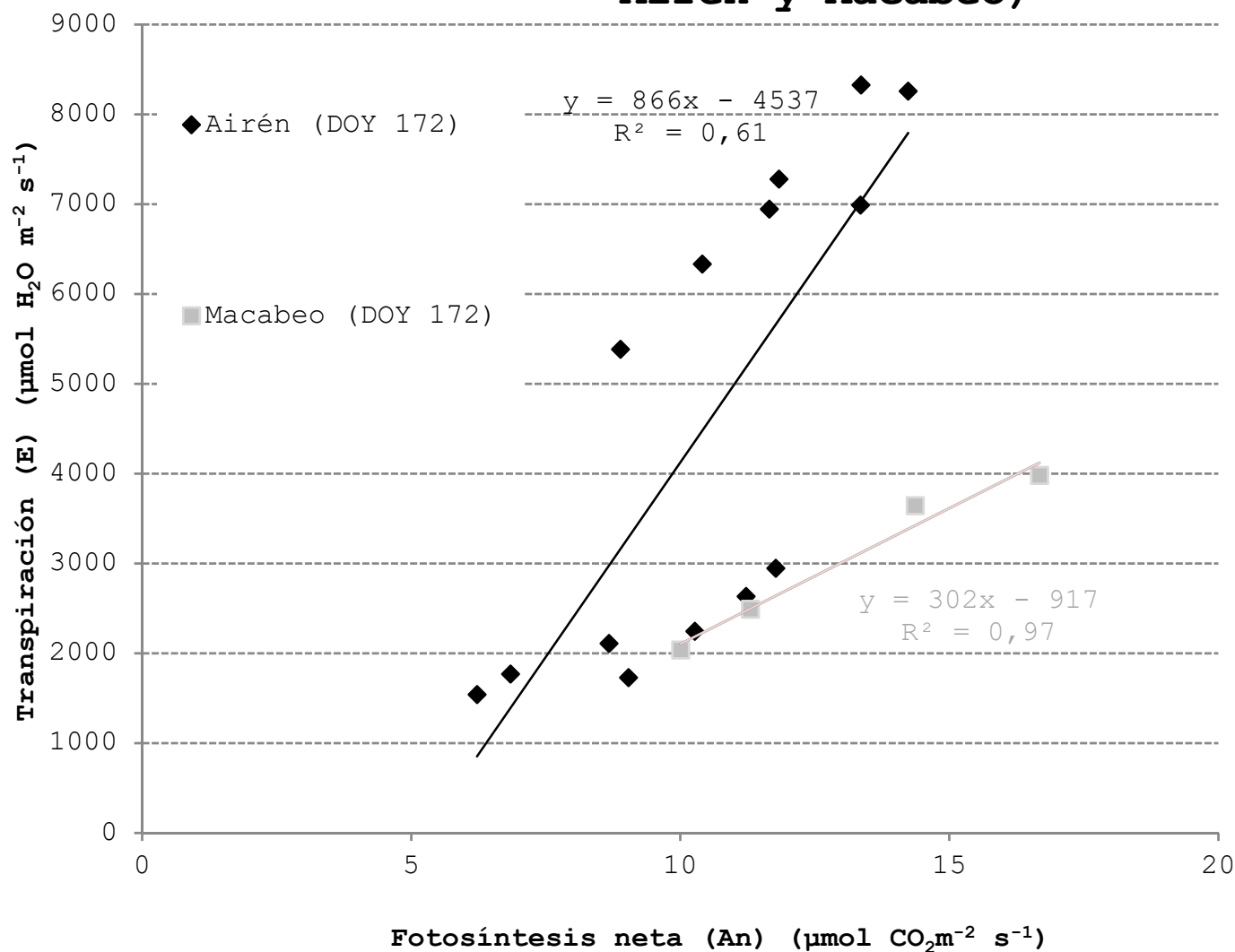
Adaptación a condiciones extremas



Estudiar la respuesta al riego de las variables fisiológicas de intercambio gaseoso en Macabeo y Airén en Castilla-La Mancha

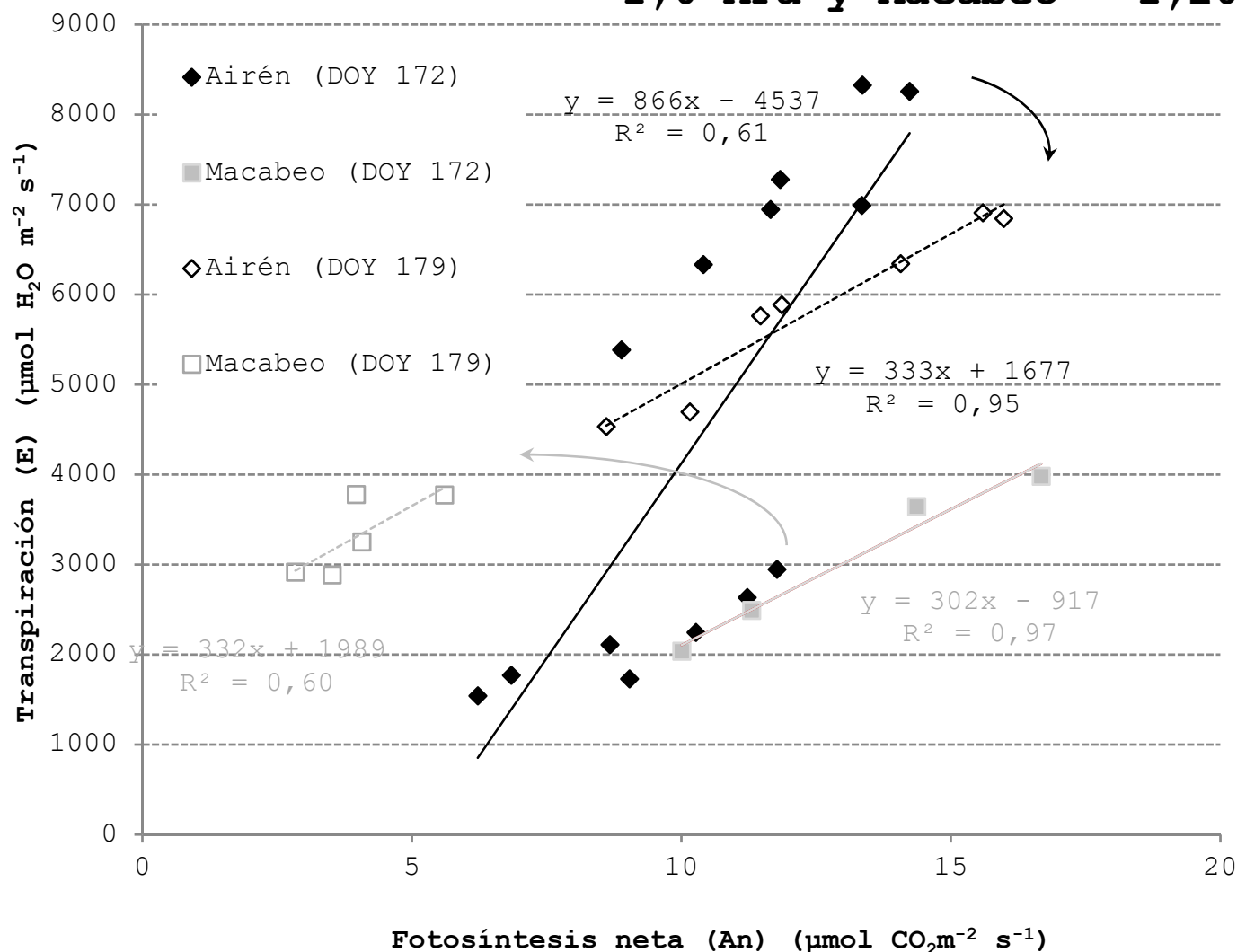
Eficiencia de transpiración

TRES SEMANAS ANTES DEL RIEGO
(Potencial de hoja -0,8 MPa
Airén y Macabeo)



Eficiencia de transpiración

DOS SEMANAS ANTES DEL RIEGO
(Potencial de hoja Airén = -
1,0 MPa y Macabeo = -1,20)



Se traducían en un manejo distinto del riego para ambas variedades en la misma zona de cultivo.



Airén se mostraba más eficiente en el uso del agua, en condiciones de estrés hídrico.

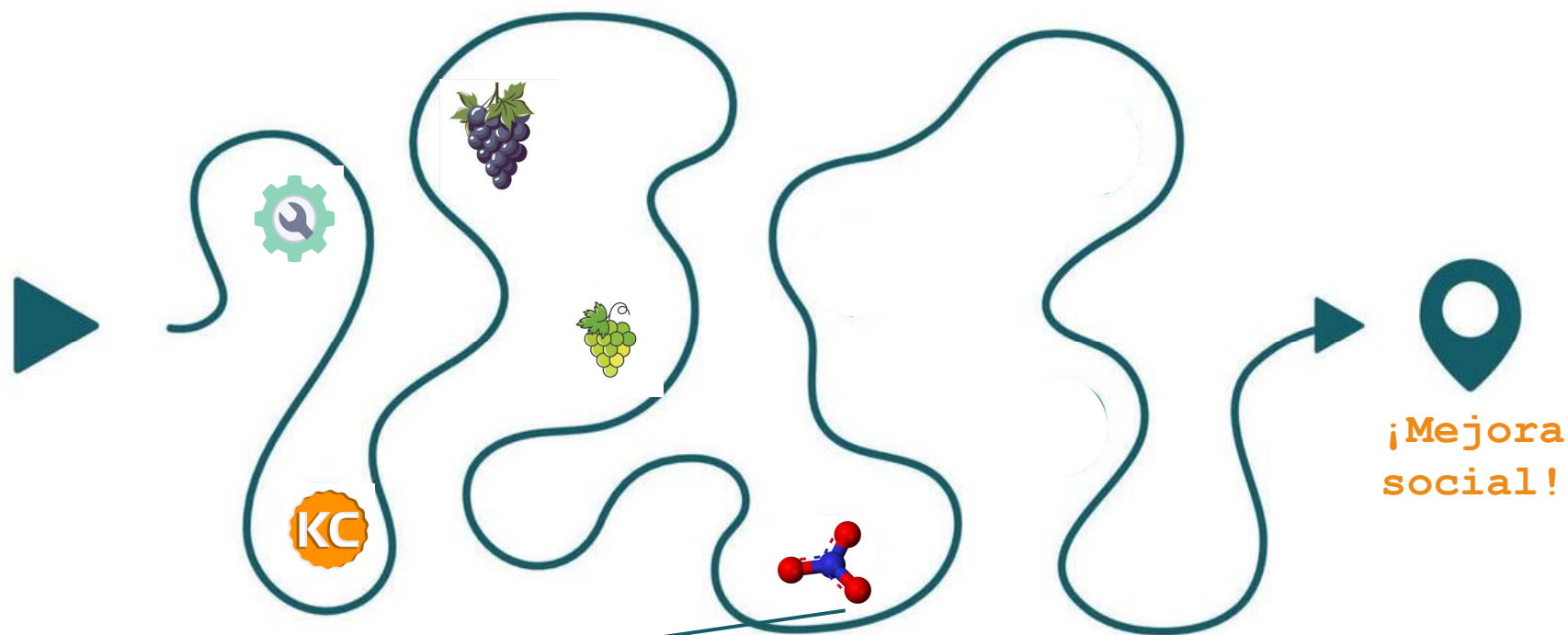


Macabeo, bajo condiciones hídricas no estresantes, mostraba una mayor eficiencia en el uso del agua.



Se introdujo la variedad Airén en los planes de reestructuración

Experiencia en campo. Detección de necesidad de



Declaración de varias zonas vulnerables a la contaminación por nitratos en CLM y la exigencia del cumplimiento de las directrices europeas.

Inquietud por parte del sector agrario en cómo afectaría a la producción

Gestión Integral del Nitrógeno



GESTIÓN INTEGRAL DEL NITRÓGENO

BALANCE DE NITRÓGENO EN EL SUELO

EXPLOTACION:	Carrascas	ANO AGRICOLA:	2006-2007
PARCELA:	Pivot 2		
CODIGO:	BORS02P		
CULTIVO:	Trigo		

$$N_s + N_f + N_{min} + N_a = N_{abs} + N_{perd} + N_{res}$$

N_s = Contenido de nitrógeno mineral inicial del suelo	27	Kg/ha
N_f = Nitrógeno aportado por el fertilizante	60	Kg/ha
N_{min} = Nitrógeno mineralizado	30	Kg/ha
N_a = Nitrógeno que posee el agua de riego	48	Kg/ha
N_{abs} = Nitrógeno absorbido por el cultivo	164	Kg/ha
N_{perd} = Pérdidas de nitrógeno	-11	Kg/ha
N_{res} = Contenido de nitrógeno en el suelo al final del ciclo del cultivo	12	Kg/ha

OBSERVACIONES

El cierre de balance da como resultado de -11 kg N/ha, este valor indica que la demanda de N por parte del cultivo fue mayor a la oferta, considerando la pequeña magnitud de este resultado y que el valor de N en el suelo al final del ciclo del cultivo también lo es, 12 kg/ha, podemos concluir que el manejo de la fertilización ha sido adecuado.

Para lograr la eficiencia de disponibilidad de N se recomienda utilizar el método de balance nitrogenado para la previsión de la fertilización del cultivo siguiente.

Nota: Se ruega que nos avisen del cultivo que sembrarán en la próxima campaña para el correcto seguimiento de la parcela.

INSTITUTO TÉCNICO AGRONÓMICO PROVINCIAL, S.A.

Avda. Gregorio Arce, s/n - apdo. 651-02030 ALSACETE - Tf. 967 19 00 90

www.itap.es / itap@itap.es



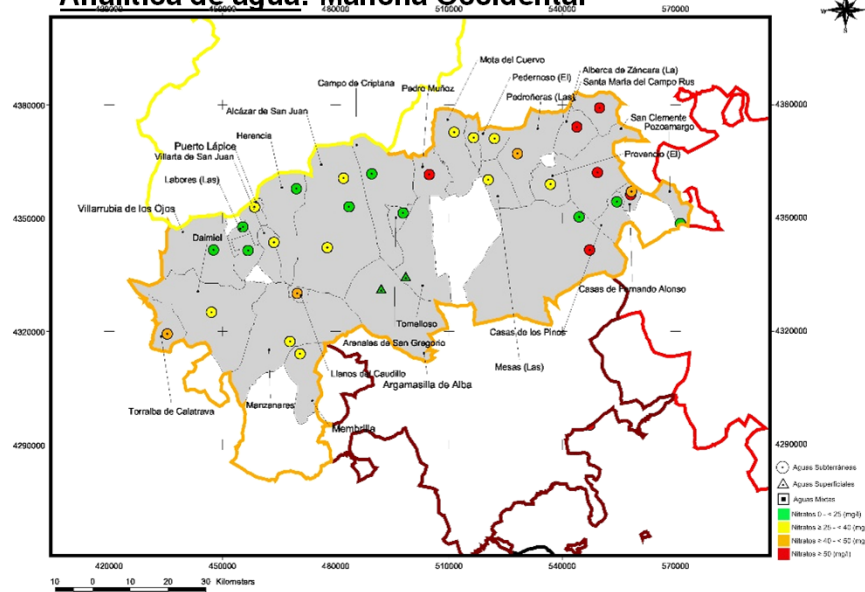
Marisa
Maturano



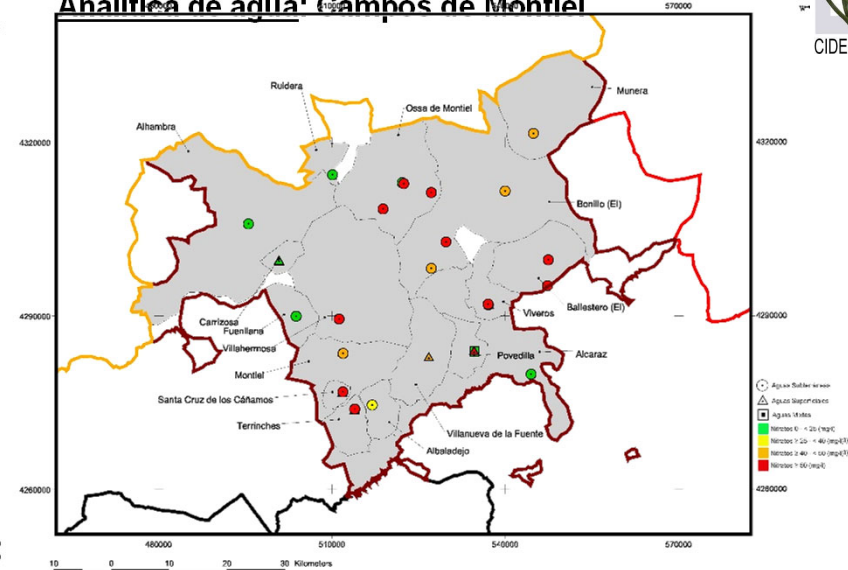
Ejemplo de balance de nitrógeno en una parcela, entregada y explicada a un agricultor

Modificación de algunos de los límites de las zonas

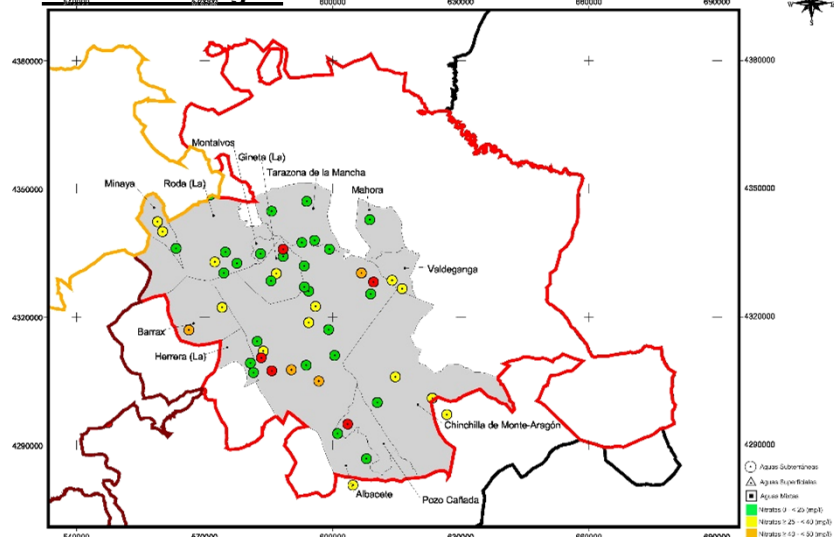
Analítica de agua: Mancha Occidental



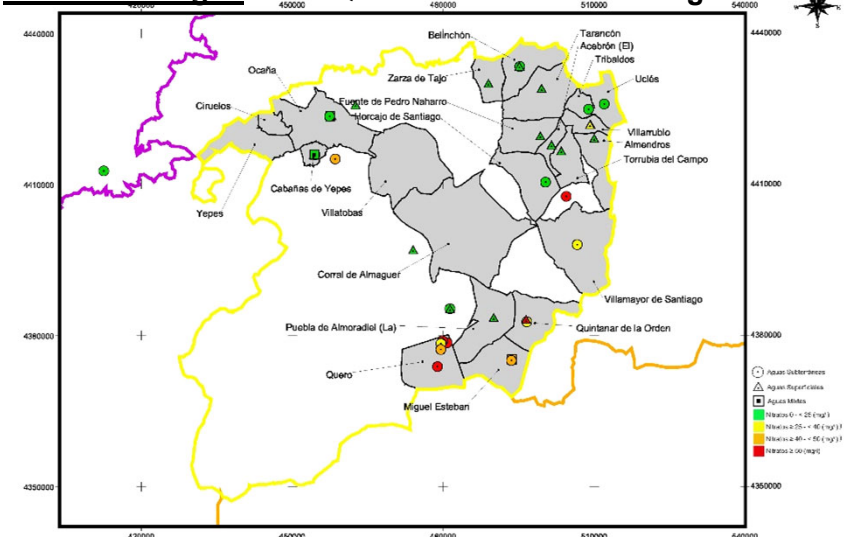
Analítica de agua: Campos de Montiel



Analítica de agua: Mancha Oriental



Analítica de agua: Lillo-Quintanar-Ocaña-Consuegra-Villacañas

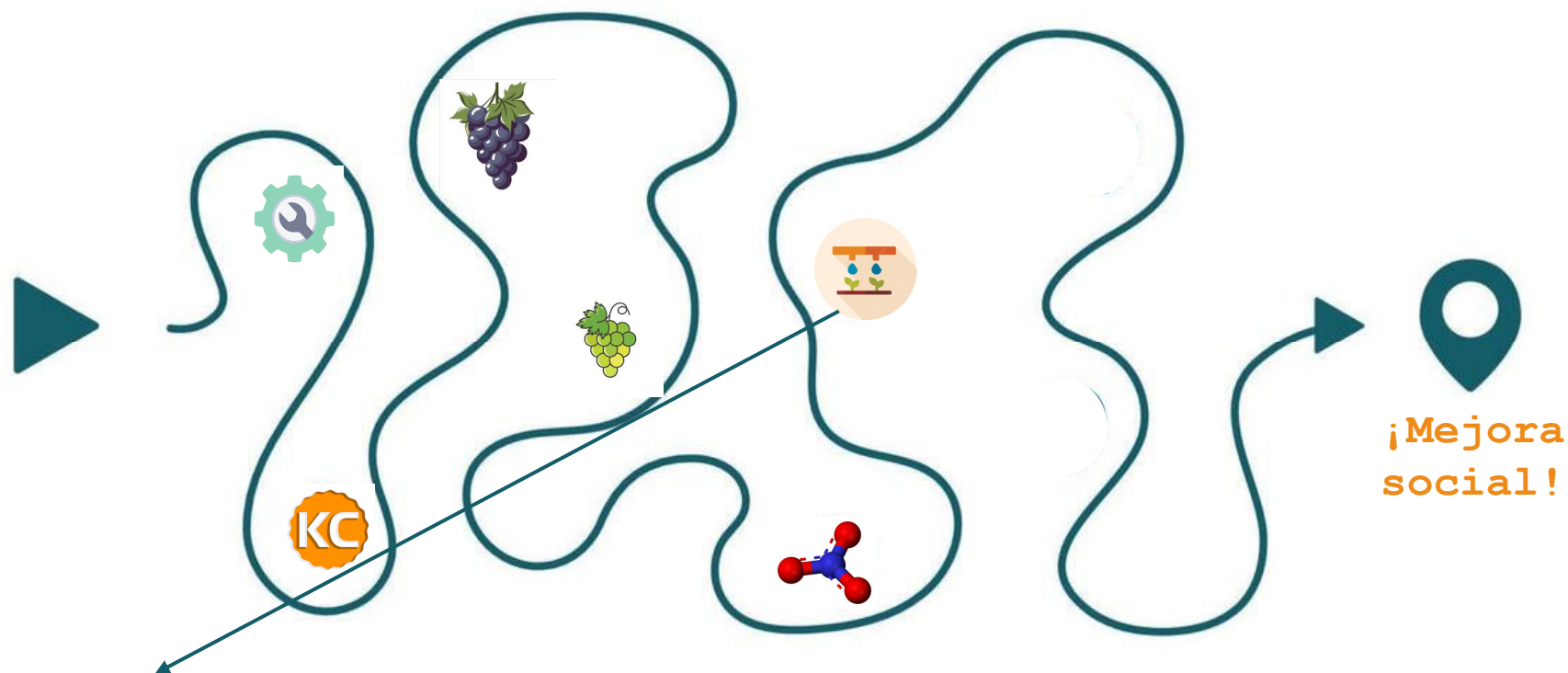


[illegible]

Establecimiento de
las fichas de
registro de
fertilización con
cantidades
acotadas

Reducción de la aplicación de fertilización nitrogenada en CLM

Experiencia en campo. Detección de necesidad de



Riego localizado de alta frecuencia en cultivos leñosos

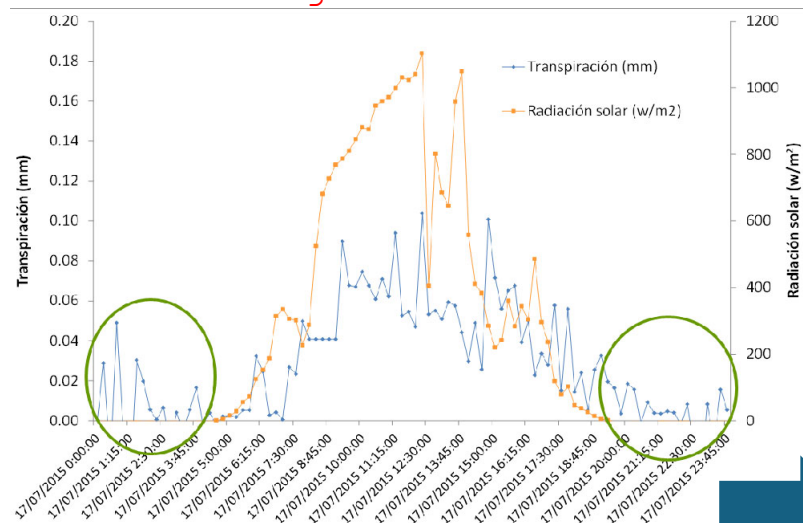
¿Es lo más acertado en zonas de restricción hídrica (semiáridas) y en cultivos que tienen un sistema radicular potente y profundo?

Estudio de las componentes de la ET para aplicarlas a un correcto manejo del riego y del suelo



Conocer el
manejo
óptimo del
riego

Medir el porcentaje de transpiración
tras un riego



T
diurna

T nocturna

Riego en vid y suelos
de textura media:
Frecuencias de riego
bajas, con dosis
mayores (reducía la

- TN 12%
- Inversamente
proporcional al
contenido de
agua del suelo

Contexto CC: TD

v TN

Se asesoró a los regantes de cultivos leñosos,
aumentar el intervalo entre riegos para la misma
dosis de agua a aplicar
(La eficiencia en el uso del agua por parte de la
planta era mayor al haber menos pérdidas por
evaporación)



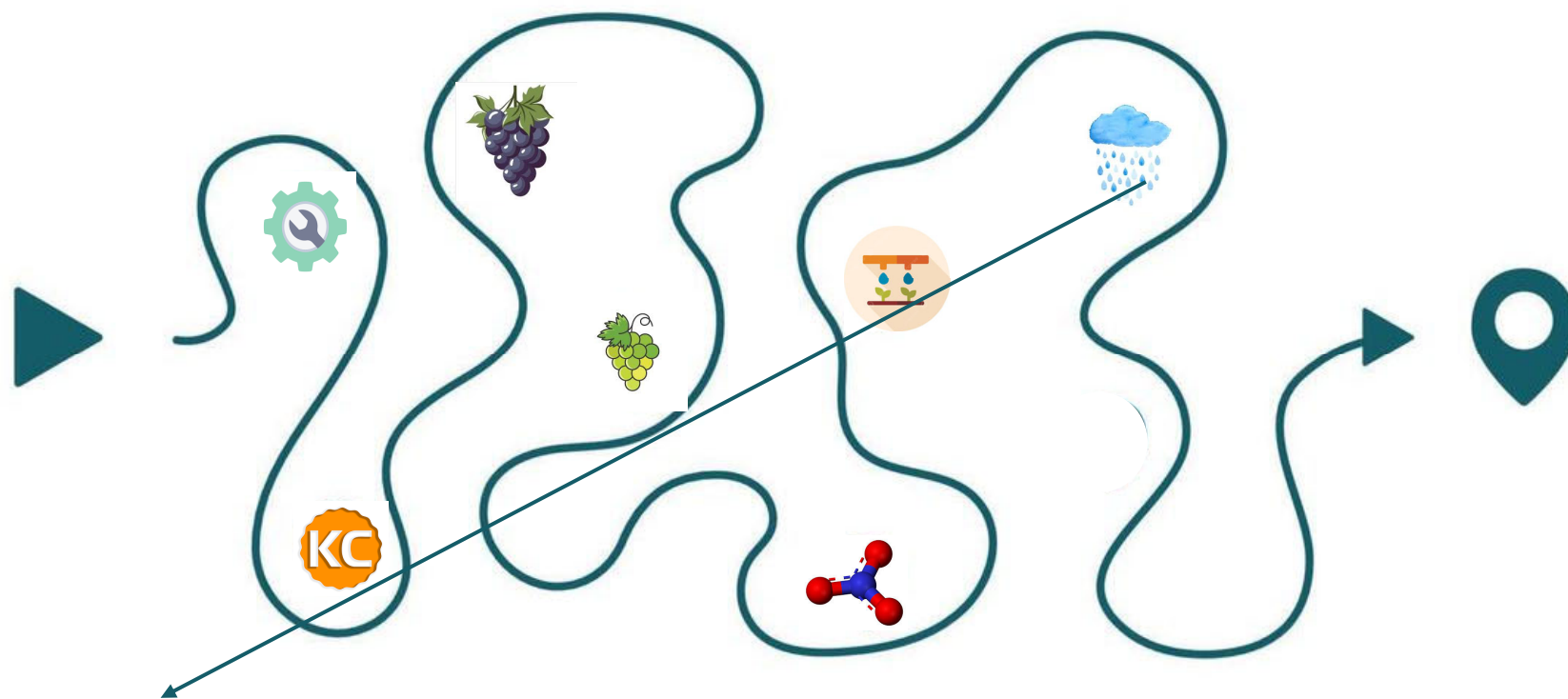
Los regantes rentabilizaban más el agua de riego
aportada

- Productiva (+ kg/gota de agua empleada)
- Económica (+ €/gota de agua empleada)
- Medioambiental (- gotas de agua/kg producción)

Montoro, A.; Mañas, F.; López-Urrea, R. 2016. Transpiration and evaporation of grapevine, two components related to irrigation strategy. Agricultural Water Management. 177, pp. 193 - 200. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.07.005

Montoro, A.; Torija, I.; Mañas, F.; López-Urrea, R. 2020. Lysimeter measurements of nocturnal and diurnal grapevine transpiration: effect of soil water content, and phenology. Agricultural Water Management. 229, 105882. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105882

Experiencia en campo. Detección de necesidad de



Precipitaciones cada vez más erráticas (no se ajustan a patrón alguno)

Inviernos muy secos

¿Cómo afectará a los cultivos leñosos?



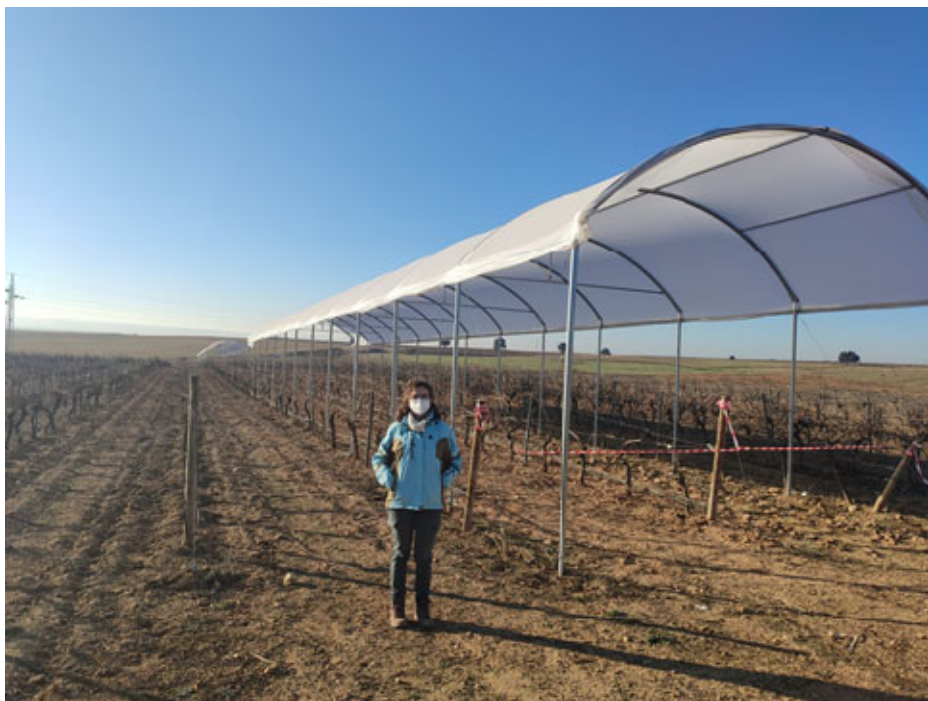
¿Cómo afecta el agua de lluvia otoñal-invernal a la producción y a la gestión hídrica de los viñedos?.



Se asume que en el estado de parada vegetativa existe una parada fisiológica real del cultivo, sin que haya sido descrita fisiológicamente.

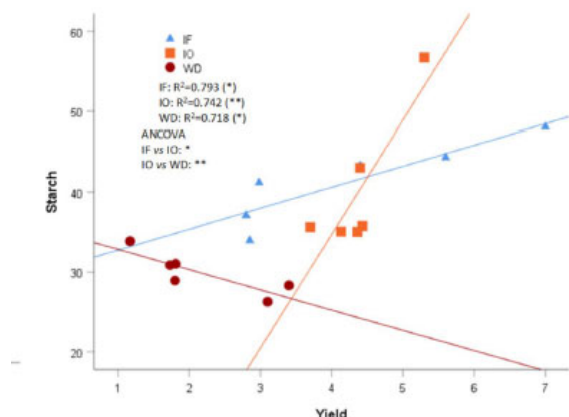
Además de en las parcelas de regadío, ayudará a entender la gestión hídrica por parte del cultivo en las parcelas de secano





T0: 0 riego
T1: riego en otoño
T2: riego en pre-brotación

Análisis de almidón
y su repercusión en
la producción



- Mayor producción en tratamientos regados en otoño o pre-brotación vs a los que no recibieron nada de agua
- Mayor producción en tratamientos regados en otoño vs a los de pre-brotación

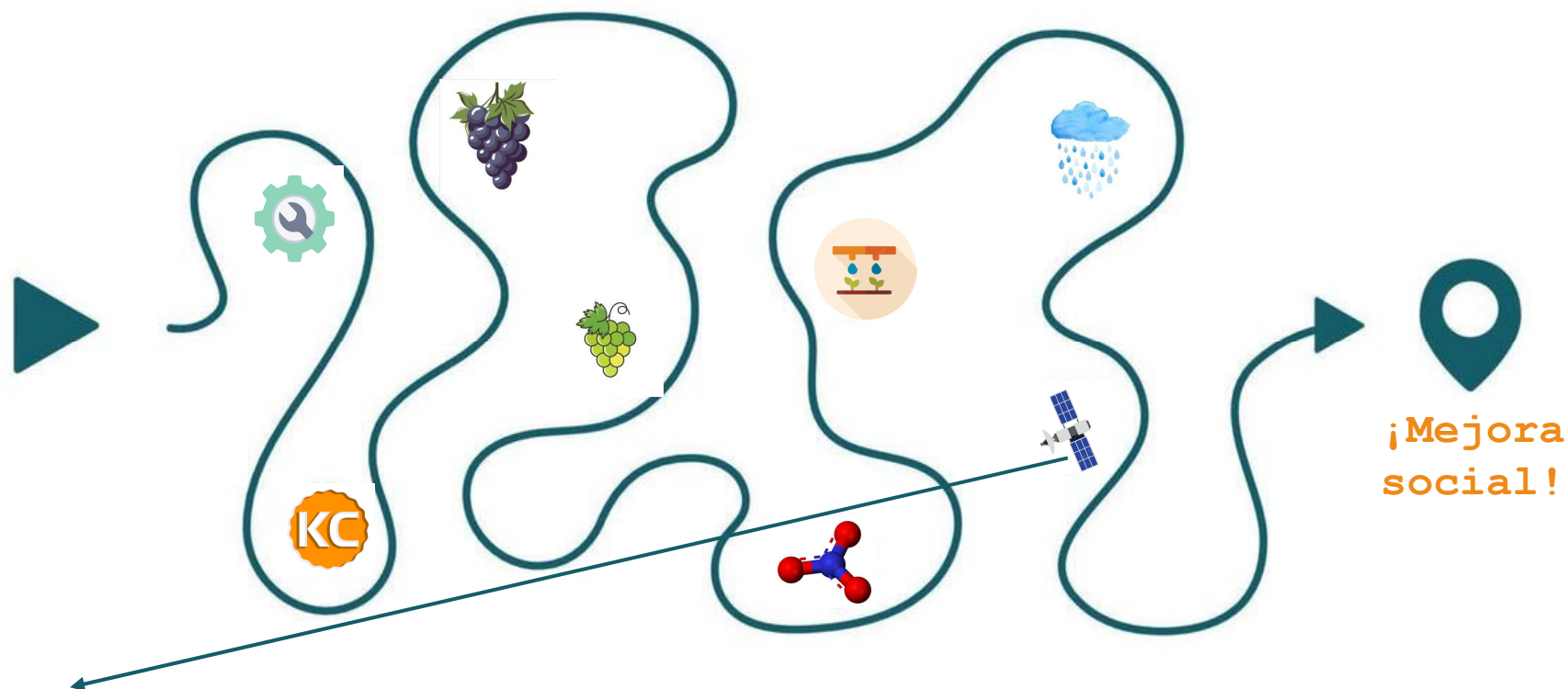


Actualmente la mayor parte de los viticultores dejan parte de la dotación de agua asignada en regadío para aplicarla tras vendimia (periodo otoñal). Los regantes rentabilizaban más el agua de riego aportada

- Productiva (+ kg/gota de agua empleada)
- Económica (+ €/gota de agua empleada)
- Medioambiental (- gotas de agua/kg producción)

Montoro, A.; Ortiz de Elguea, G.; Torija, I.; Sadras, V.O. 2024. Effect of timing of drought stress during dormancy on starch storage in grapevine. Irrigation Science. <https://doi.org/10.1007/s00271-024-00996-6>

Experiencia en campo. Detección de necesidad de



Gracias a la experiencia generada a través del Servicio (Conocer: terreno, problemática, infraestructuras, funcionamiento, etc)... se ha podido ayudar en trabajos multidisciplinares relacionados con la gestión del agua



SEN2FLEX (SENTinel-2 and FLuorescence EXperiment).
Calibración de sensores. 19187/05/I-EC y 17628/03/NL/CB.
Agencia Espacial Europea. 2005.

Proporcionar retroalimentación a la ESA sobre los datos de Observación de la Tierra necesarios para cumplir la directiva de Política del Agua de la UE

☰ 🔍 → THE EUROPEAN SPACE AGENCY



ESA campaign leads the way for future monitoring of the Earth's vegetation



Map of sampling strategy during Mission-2, SEN2FLEX campaign.

08/11/2006 1432 VIEWS 0 LIKES

90 investigadores de 7 países: España, Italia, Francia, Alemania, Holanda, Reino Unido, Estados Unidos (agronomistas, ecofisiólogos, físicos, pilotos, aeronáuticos, ingenieros de

SpaFLEXImp

SPaFLEXDef (Cal/Val Flex-S3).
Definición del Plan Español de Calibración y Validación para la Misión FLEX-S3

Proyecto de Generación de Conocimiento
PID2022-137022OB-C31

+

Proyecto de Colaboración Internacional
PCI2023-145955-2

Calibración y validación para la misión FLEX en ecosistemas agrarios.

Cal/val productos de Nivel 2 (reflectancia y fluorescencia)



- Laboratorio de SIG y Teledetección de la Estación Biológica de Doñana del CSIC (cal/val humedales).

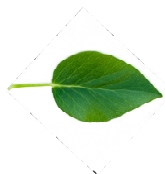


- Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) (cal/val bosques).



Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

- Yo misma (parte del equipo de Investigación del INTA) (cal/val ecosistemas agrarios).



Estrés en plantas (antes de que sea v

Hídrico

Térmico

Salino

Por contaminantes

Por radiación



Salud y fisiología vegetal:

Estado nutricional

Envejecimiento y senescencia

Daños por patógenos



Ecología y ambiente:

Respuesta al cambio climático

Adaptaciones

PPG



Agricultura:

Evaluación de cultivos

Selección de variedades

Monitoreo del efecto de fertilizantes,
fitosanitarios, ...



Aguas:

Contaminación de aguas

Actividad fotosintética del
fitoplacton

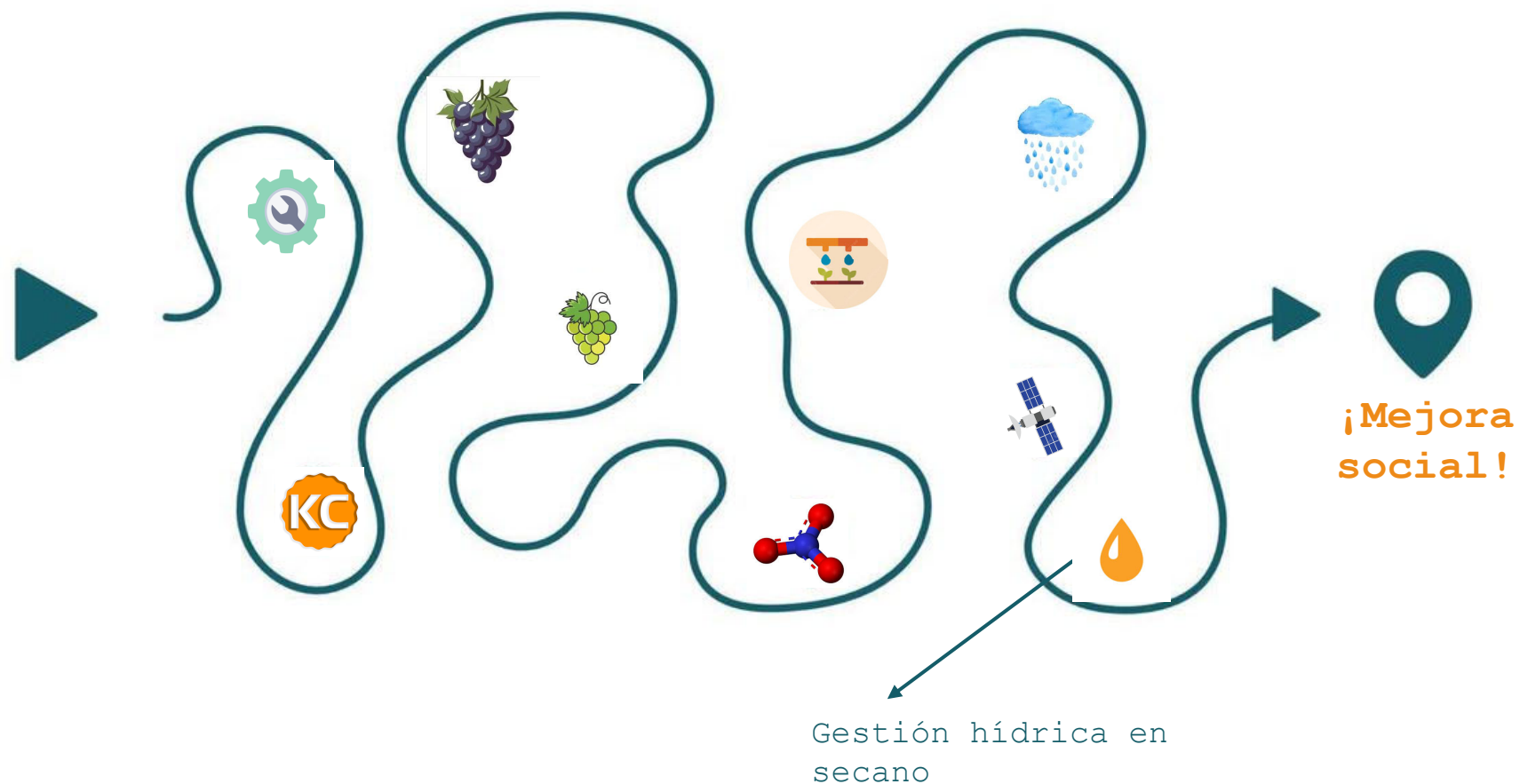
Tratamiento de aguas no convencionales



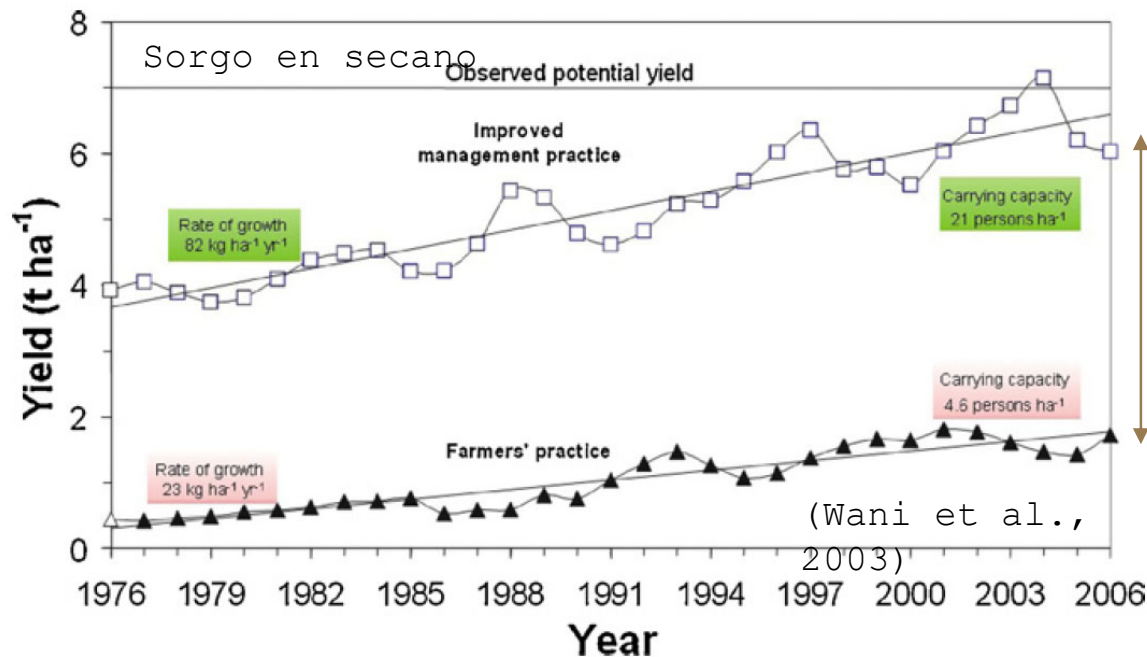
Objetivos
AMBICIOSOS



Experiencia en campo. Detección de necesidad de



Gestión hídrica en seco



Prácticas mejoradas

Brecha en el rendimiento

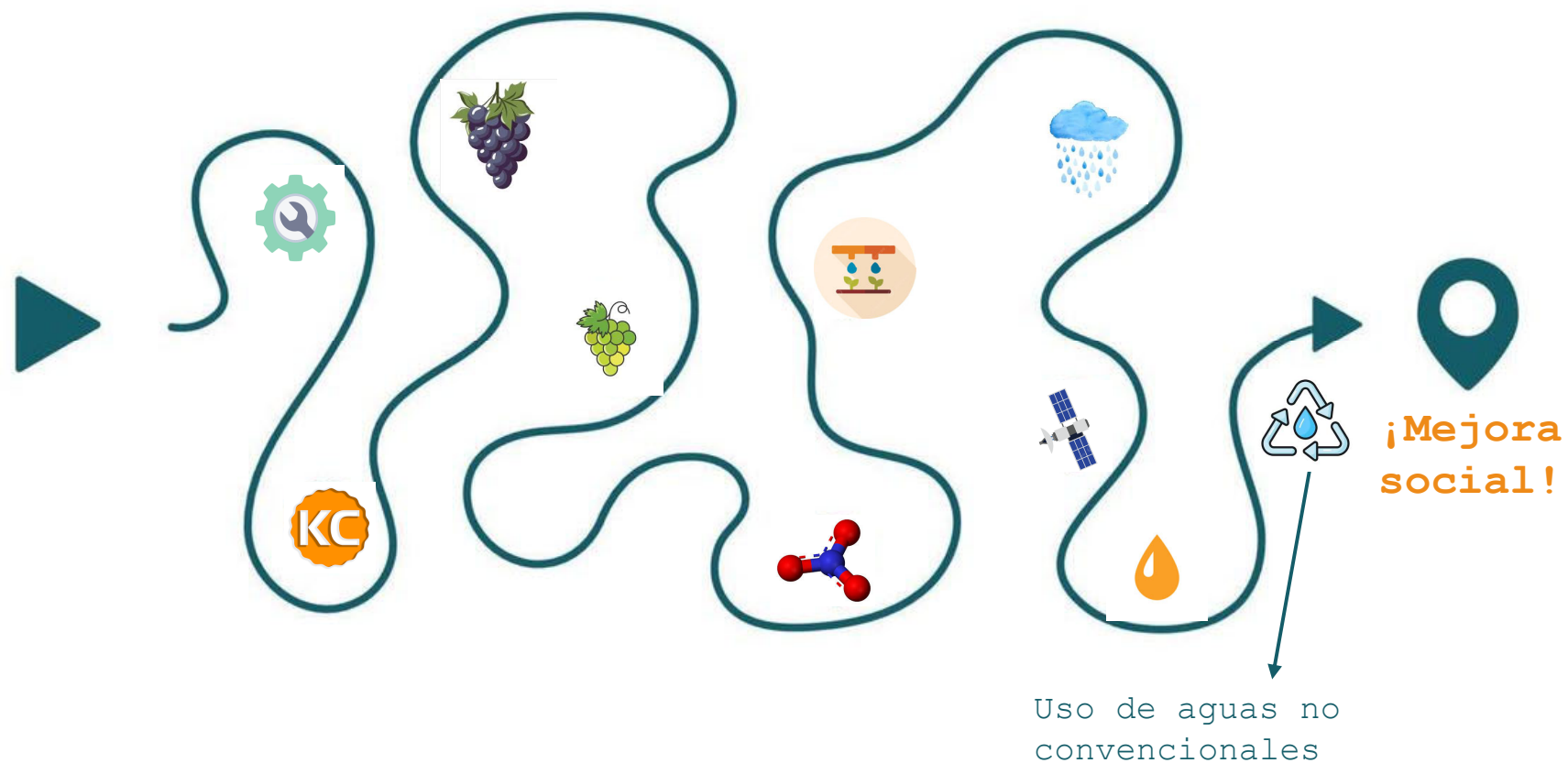
Producción llevada a cabo con prácticas habituales de los agricultores

- Implantación de cultivares adaptados (estudios fisiológicos)
- Modificación de técnicas culturales (cultivo y suelo)



➤ **AQUAVIDA (P. Raúl Ferrer Gallego)** para incrementar la biodiversidad en la agricultura de seco creando estanques multi-funcionales; una innovación basada en el aprovechamiento de las soluciones basadas en la naturaleza. AGCOOP/2025/0021

Experiencia en campo. Detección de necesidad de



Investigación sobre la reutilización de aguas

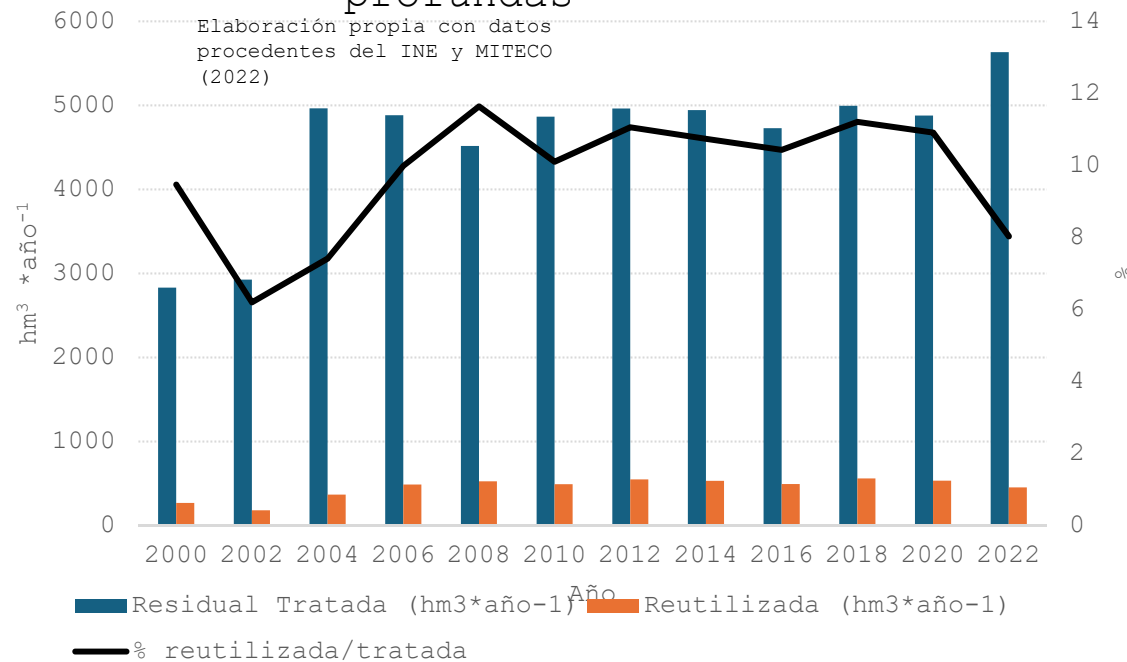


Uso Agrario: Reglamento (UE) 2020/741 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua, aplicable desde el 26 de junio de 2023.

Finalidad:



- Reducir el estrés hídrico
- Reducir vertidos de nutrientes y contaminantes al suelo y capas profundas



- Normativo
- Financiero
- Competencia
- Desconfianza de su uso entre usuarios

Desde 2024 se ha producido un despegue de la utilización de las aguas de las EDAR

Así es el proyecto de Coca Cola con dos depuradoras de Tenerife para destinar agua a la agricultura

Con su planta de Tacoronte, de las más importantes de España, la empresa aporta casi en un 1% al PIB de las arcas del Archipiélago



Alba Marichal 29 de octubre de 2024 (16:04 CET) Guardar

Autorizadas las obras para que el agua de la depuradora de Chipiona se utilice para riego

NOTICIAS

13/02/2024

La EDAR de Alhama de Murcia reutiliza el 100 por cien del agua tratada en los campos de cultivo de la zona

RECURSOS HÍDRICOS

+ La UE endurece las condiciones para usar aguas regeneradas para el riego



Sociedad

Vía libre
residua

Acuaes anun
vertidos

Córdoba Ho

Agricu el agua la ciudad

El Gobierno concede la autorización para que los olivereros usen 1,2 hectómetros cúbicos al año en una superficie de 1.000 hectáreas

La balsa de riego permitirá aprovechar el 77 % del agua depurada de Sant Lluís

El Govern rehace el proyecto, de 7,6 millones, para abastecer a 19 fincas del término municipal

CUIDADO

Actualmente parece ir más rápida la utilización que la investigación

para
e
ora en



02 de agosto del 2024

Financiadas con fondos Next Generation de la Unión Europea



*“Para maximizar la producción agrícola con un volumen de agua fijo y limitado existen dos factores clave: la **gente** y la **tecnología**.*

De éstos, la gente es el más importante.

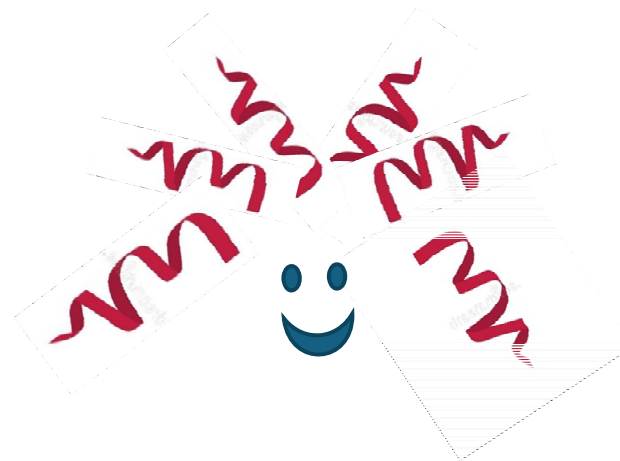
La mejor y más innovadora tecnología del mundo no servirá para nada si la gente no la comprende, no ve sus ventajas o no puede usarla.”



Organización de las Naciones
Unidas para la Agricultura
y la Alimentación - FAO

(FAO, 2002)

Conclusión general de todas



¡Muchas gracias!

Amelia.Montoro@csic.es

Experiencia en campo. Detección de necesidad de

