

Congreso Nacional del Medio Ambiente  
Madrid, del 31 de mayo al 03 de junio de 2021

# La adaptación de los cultivos al cambio climático en el contexto de la escasez de agua

Margarita Ruiz-Ramos  
Universidad Politécnica de Madrid  
#conama2020  
Retos ambientales del sector agrario, 1 de junio



# Impactos del cambio climático y agua

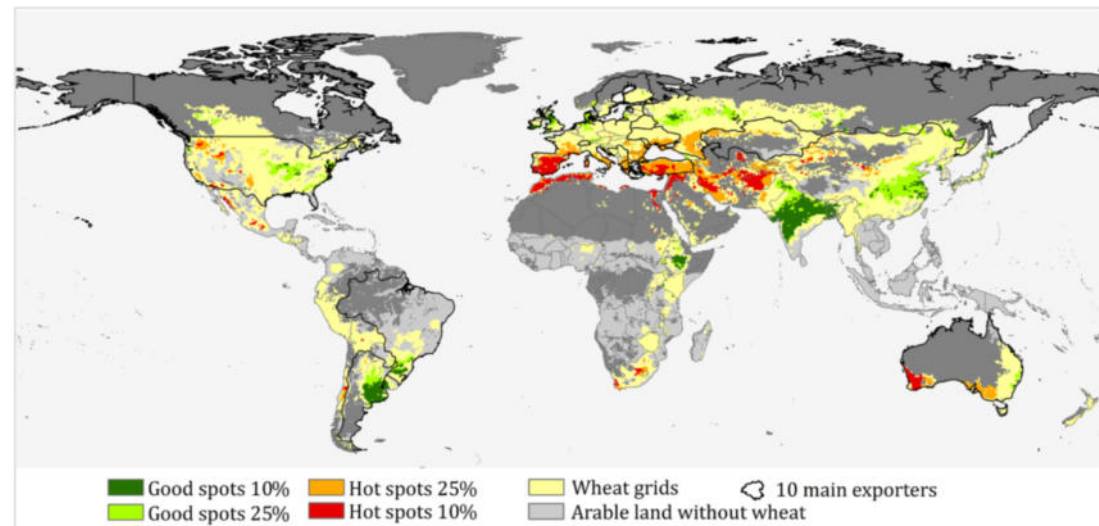
1. Mayores tasas de fotosíntesis
2. Aceleración de la fenología
3. Disminución de la acumulación de frío
4. Desacoples con polinizadores, plagas y enfermedad
5. **Agua**

- Cambios en el uso total del agua por el cultivo
  - Disminución de las tasas de transpiración (T)
  - Incremento de la evapotranspiración (ET)
  - Duración del uso del agua
- Cambios en precipitación total y estacional, intensidad, frecuencia

- Áreas de riesgo de estrés hídrico severo en trigo, 2041-2070 (Trnka et al. 2019, Science)
- Extremos múltiples: sequía y calor (Trnka et al., 2014, Nature CC)

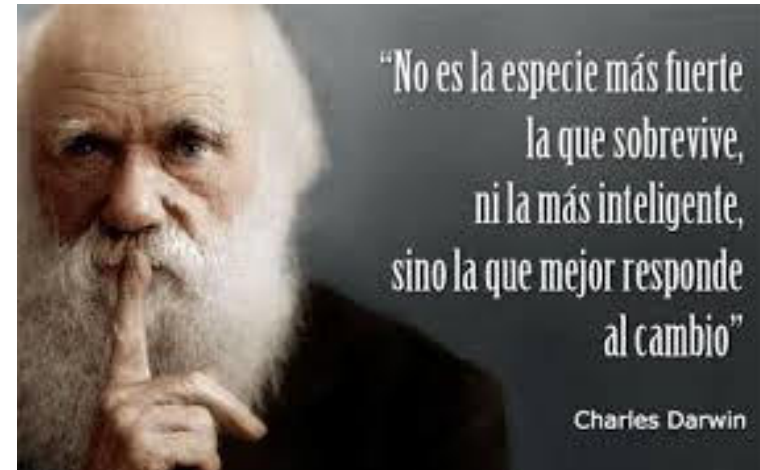
**ADAPTACIÓN**

¿Expansión del regadío?  
España: 3.8M ha  
en 2020



# Medidas de adaptación

- Objetivos
  - Estabilizar el rendimiento: Aumento de la variabilidad interanual y eventos extremos
  - Optimizar el uso de los recursos: ej. AGUA
- Estrategias autónomas
  - Cambios de cultivos y rotaciones
  - Cambios en variedades
    - Duración fenofases
    - Componentes del rendimiento
    - Resistencias a estreses bióticos y abióticos
  - Cambios en el manejo de suelo, del cultivo y del sistema agrícola: agua, densidad, N, fechas labores, riego suplementario/deficitario
  - Pronóstico de cosechas
  - Seguros agrarios
  - Compatibilidad con mitigación



Sostenibilidad  
ambiental y económica

# Adaptación: Variedad y agua

Maíz seco		Variedad de ciclo más largo		Trigo seco	Webber et al. (2018) Nature. Comm.
Maíz seco		Variedad resistente a sequía y calor		Trigo seco	Gabaldón et al. (2014)
Maíz regadío		Variedad de ciclo más largo			

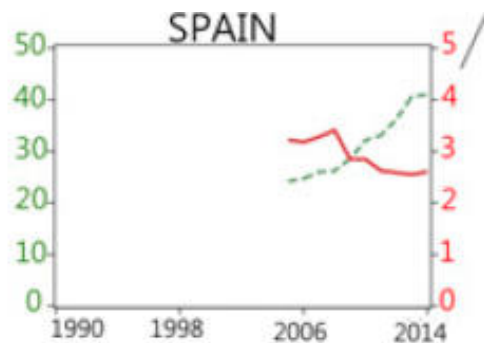
Trigo seco: Estudios **locales**, ej. Lleida:

Ruiz-Ramos et al. (2017), Rodríguez et al. (2018)

La adaptación es posible con alta confianza:

- Trigo de **invierno con riego suplementario** y siembras estándar o tempranas
- Trigo de **primavera en seco** o con riego suplementario, con siembras estándar o tempranas, cultivar estándar o más largo
- **40 mm en floración multiplica las posibilidades**

Resiliencia al clima: ej. Trigo



Type diversity  
Response diversity

Kahiluoto et al. (2018), PNAS

Leñosos:

- Requerimientos de frío

- ¿Cómo regar? : OLIVO

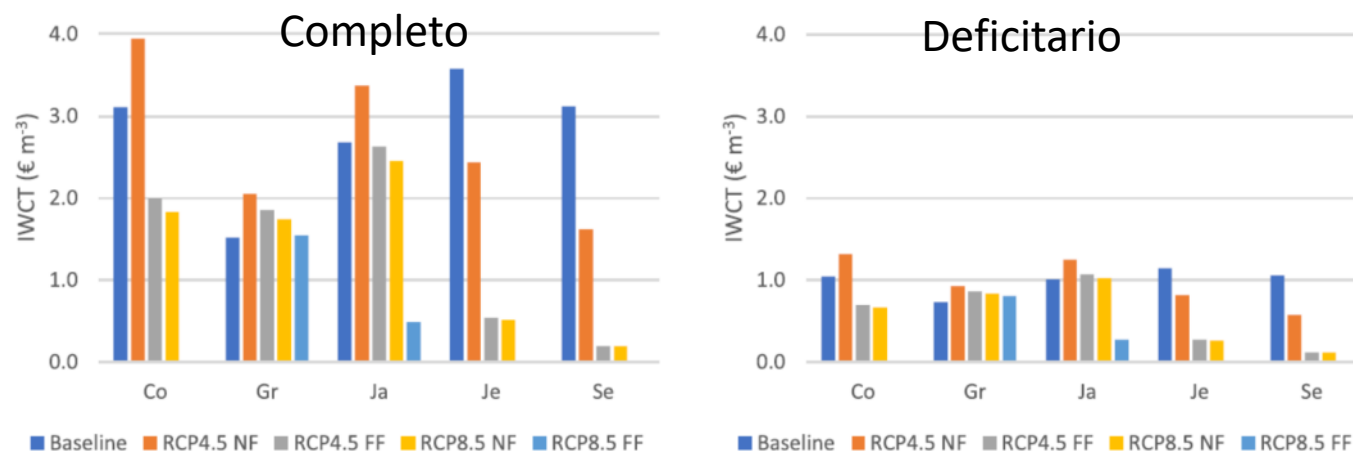
- Pasar de riego deficitario a completo en RCP 4.5 NF (2040-2069)

- Cambio 21% en el rendimiento
- Cambio 69% en mm de agua de riego

Cabezas et al. (2020)

- La rentabilidad es LOCAL y depende del precio del agua: umbral para margen neto >0

Cabezas et al. (2021)



- Adaptación y mitigación

- Las emisiones de gases de efecto invernadero cambian con

- Intensidad fertilización
- Fuente de agua
- Sistema de riego

Sanz-Cobena et al. (2017), Agric Ecosyst & Env

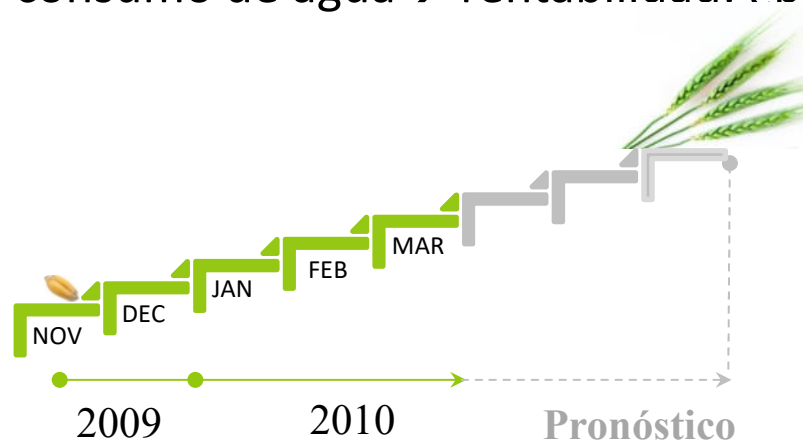
# Adaptación: Otras

- **Rotaciones:** Indicador: Ingreso de la explotación (euros/ha)
  - Algunas opciones **LOCALES** que funcionan (Genil-Cabra)
    - Rotación de maíz en regadío con cebada en secano, ambos con no laboreo
    - Rotación de trigo, maíz, regadío y girasol (riego maíz completo, 2 riegos de 40 mm en y tras floración para trigo y girasol)
  - Algunas opciones a evitar: Monocultivos (maíz u otros)

Ruiz-Ramos et al. (2019)

- **Pronóstico de cosechas**

- Predictibilidad en algunas décadas
- Rendimiento y consumo de agua → rentabilidad: ¿precio del agua?



Capa et al. (2015)

# Conclusiones

- **La adaptación es posible:**
  - Requiere testar muchas combinaciones de manejo y cultivares:
    - Cereales y rotaciones: **secano** y riego suplementario
    - Manejo del riego en olivar: riego deficitario
  - Local, dinámica en el tiempo, testada frente a extremos, y se debe analizar la incertidumbre e interacción con la mitigación
- En ciertas décadas tenemos capacidad de **predicción de cosechas**
- Riego para adaptación
  - Continuo desde el secano puro al regadío completo: **riego suplementario y deficitario**
  - El riego suplementario multiplica las opciones de adaptación.
  - En escasez de agua es crucial:
    - La asignación óptima del recurso agua “**ASIGNACIÓN ÓPTIMA-OPTIMAL ALLOCATION**”: zonas y cultivos prioritarios
    - La **eficiencia en el uso del agua**



# ¡Gracias!

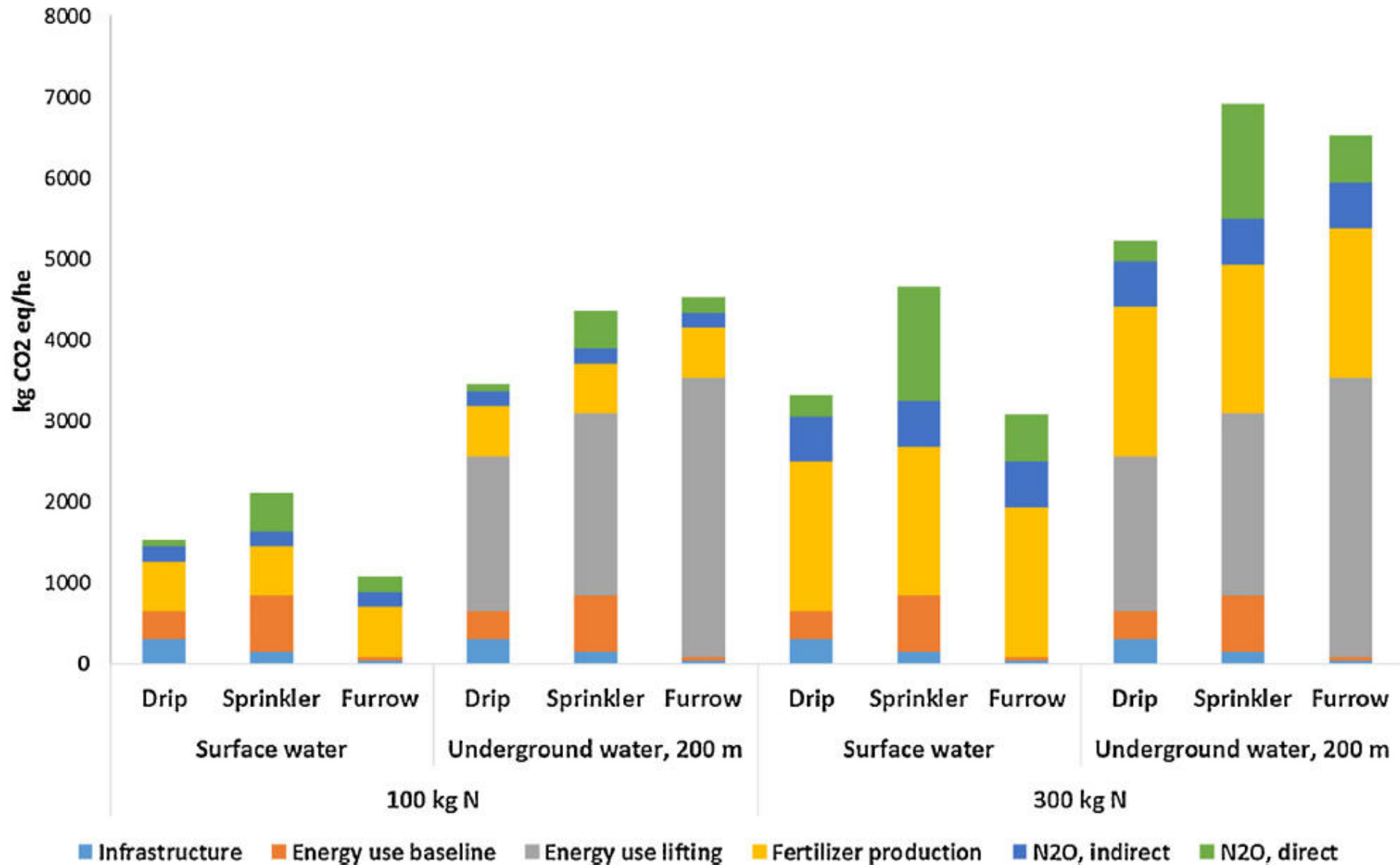
**margarita.ruiz.ramos@upm.es**

**Los resultados mostrados se han obtenido en colaboración con:  
Alfredo Rodríguez, Ignacio Lorite, Mirian Capa, MACSURians y otros**

**#conama2020**



# Adaptación y mitigación: Riego



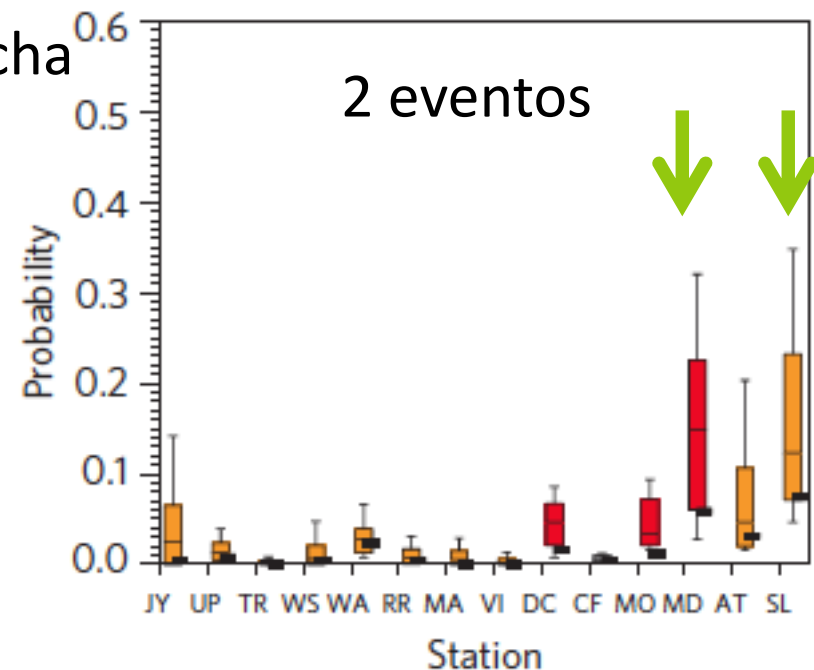
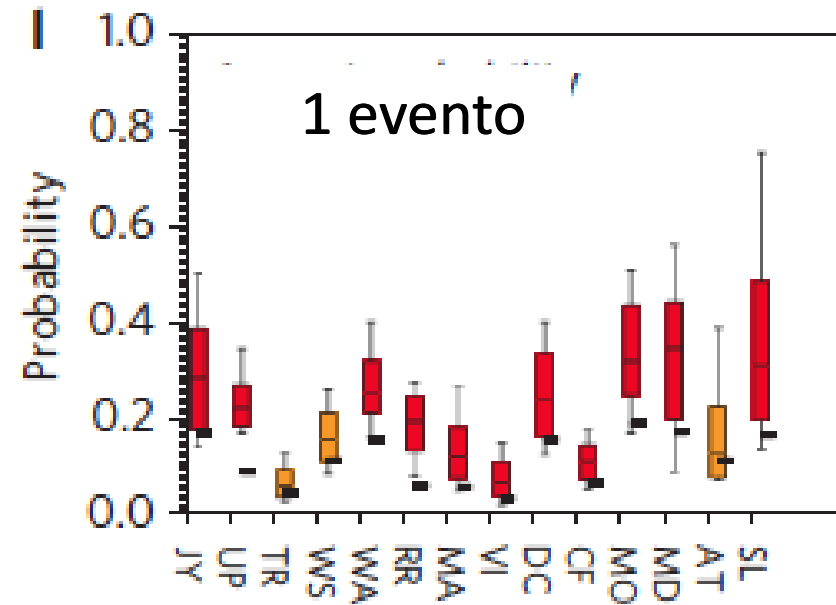
# Eventos extremos ej. Trigo

- Heladas
- Encharcamiento
- Olas de calor
- Sequía
- Malas condiciones de siembra y cosecha
  
- Para distintos cultivares (temprano, medio, tardío)
- Para distintos momentos del ciclo

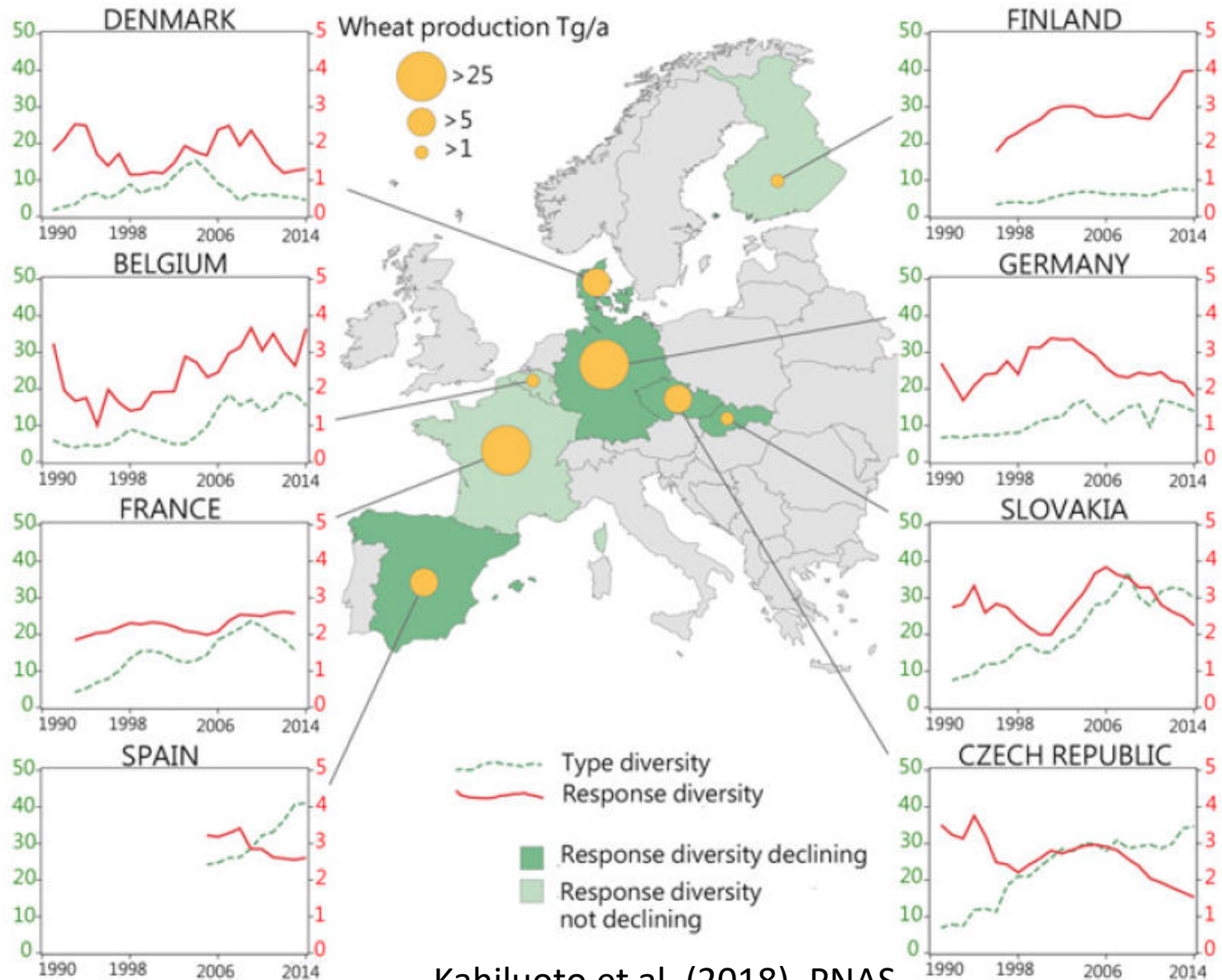
MACSUR

<http://www.macsur.eu/>

Trnka et al. (2014) Nature CC



# Resiliencia al clima- ej. Trigo



Kahiluoto et al. (2018), PNAS

# En ciertos periodos podemos predecir las cosechas y el consumo de agua, ej: 2010

- Calculamos el rendimiento y las necesidades de riego (mm) del maíz en cinco localidades con un pronóstico estacional del clima

Localidad	Simulación con clima observado (S)	Media pronóstico (P)	Simulación con clima observado (S)	Media pronóstico (P)
	<b>Requerimientos de riego (mm)</b>		<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	
<b>Albacete</b>	522	566	11152	11229
<b>Córdoba</b>	555	565	13562	13733
<b>Madrid</b>	347	363	9758	9796
<b>Lérida</b>	490	494	11415	11391
<b>Lugo</b>	238	190	12057	12028

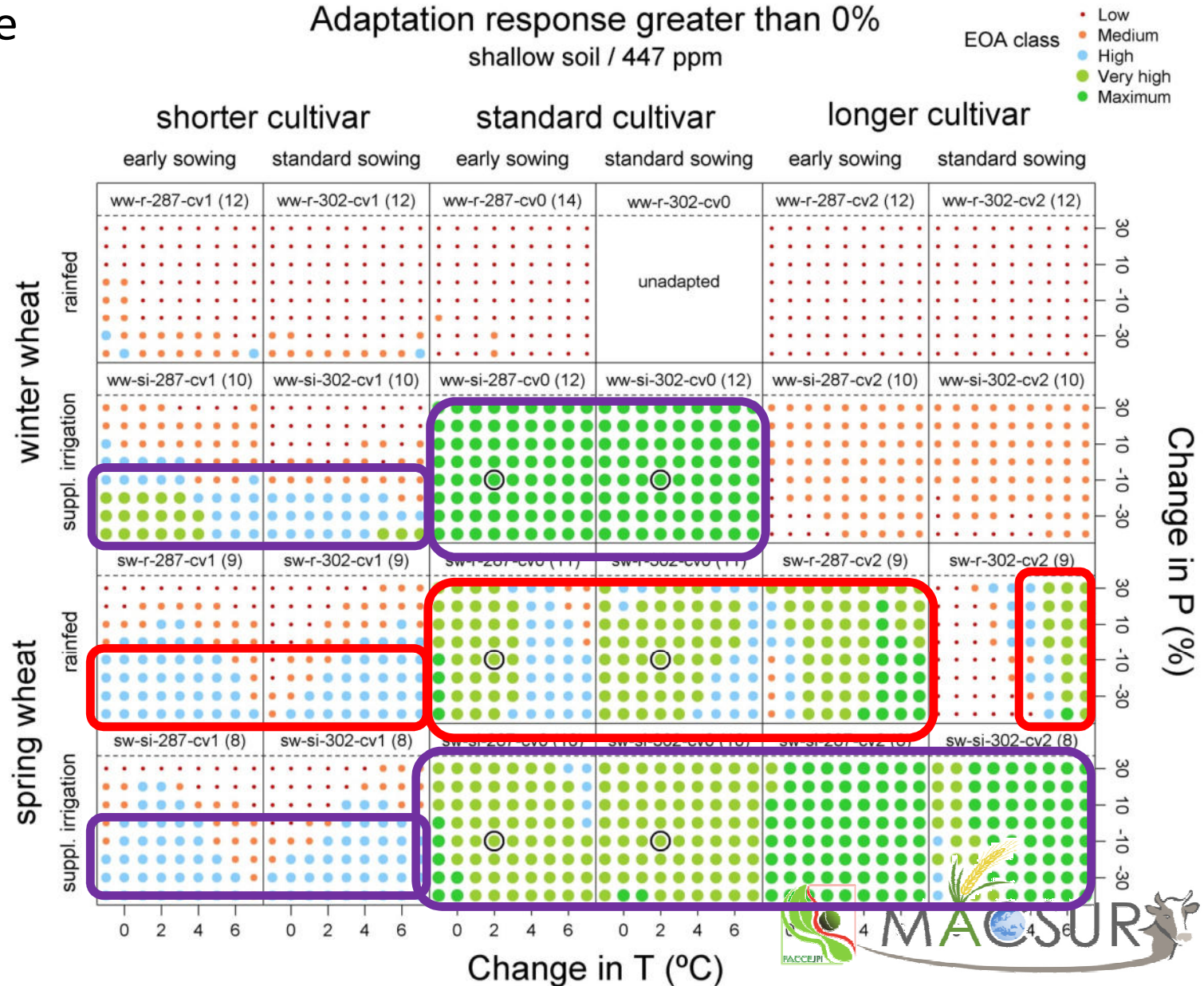


# Cuánta confianza tenemos en las recomendaciones de adaptación?

Incertidumbre de la adaptación:

Ensemble Outcome Agreement (EOA)

Rodríguez et al., (2018)



# Intensificación Sostenible en Explotaciones

Indicador: Ingreso de la explotación (euros/ha)

- Simulación ejemplo RCP6 (3\_a\_50)-DSSAT4.7-ISIMIP en Córdoba, Genil-Cabra
- Dos tipos de resultados:

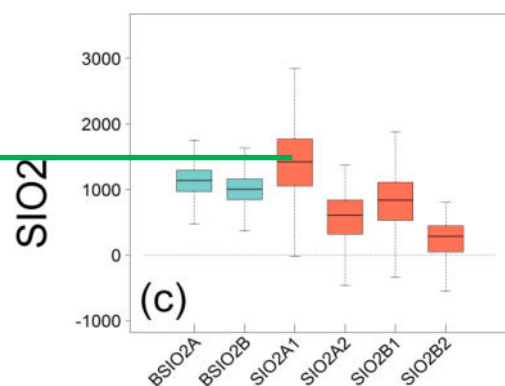
## Algunas opciones que funcionan

Rotación de maíz en regadío con cebada **en seco**, ambos con **no laboreo**

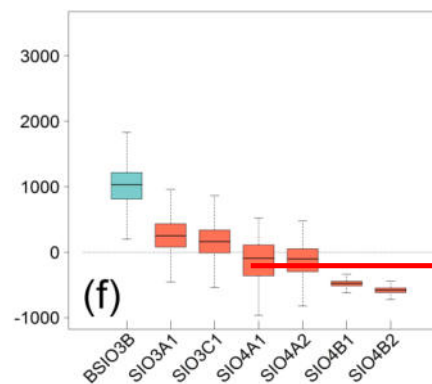
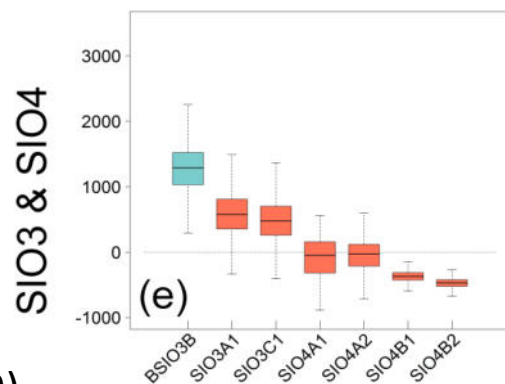
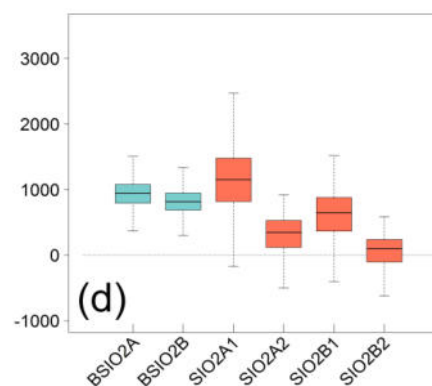
También: Rotación de trigo, maíz, regadío y girasol (full riego maíz, **2 riegos de 40 mm en y tras floración** para trigo y girasol)

## Algunas opciones a evitar

Location: Fuentevieja



Location: El Bascón



Monocultivos (maíz u otros)

# Cómo regar para la adaptación ej. olivo

**Table 3**

Average simulated olive oil yield and irrigation requirements for B, RCP4.5-NF, RCP4.5-FF, RCP8.5-NF and RCP8.5-FF scenarios (see Table 2 for description), for the five analyzed locations (Co, Gr, Ja, Je and Se) and the three irrigation strategies (rainfed, R0; deficit irrigation, DI, and full irrigation, FI).

		Olive Oil Yield (kg ha <sup>-1</sup> )					Irrigation (mm)				
		B	RCP4.5 NF	RCP4.5 FF	RCP8.5 NF	RCP8.5 FF	B	RCP4.5 NF	RCP4.5 FF	RCP8.5 NF	RCP8.5 FF
R0	Co	1628	1817	1015	949	79					
R0	Gr	750	930	806	707	483					
R0	Ja	1401	1612	1316	1172	291					
R0	Je	1721	1280	535	475	0					
R0	Se	1544	853	255	248	0					
DI	Co	1923	2297	1438	1408	94	120	119	129	133	145
DI	Gr	1680	1922	1844	1813	1712	216	181	187	193	194
DI	Ja	1893	2207	2018	1967	698	138	131	145	150	160
DI	Je	2026	1509	730	720	0	114	112	126	132	139
DI	Se	1977	1225	474	461	0	123	123	136	142	147
FI	Co	2342	2832	1871	1873	128	413	405	446	464	488
FI	Gr	2091	2589	2644	2644	2641	520	518	562	578	596
FI	Ja	2357	2834	2742	2740	1084	430	429	477	496	518
FI	Je	2470	1866	962	962	0	395	385	425	440	462
FI	Se	2456	1596	641	641	0	423	417	457	474	492

- Pasar de riego deficitario a completo en RCP 4.5 NF (2040-2069)
  - Cambio 21% en el rendimiento
  - Cambio 69% en mm de agua de riego