



# **El impacto y la adaptación de la producción agraria al cambio climático: tendencias, variabilidad e incertidumbre**

**Margarita Ruiz-Ramos**  
**CEIGRAM-UPM**

**Jornada EL SEGURO AGRARIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**  
**19 de Noviembre 2019, Madrid**  
**Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación**

- Contexto
  - Problemática actual
  - Conceptos clave
- El futuro: Ejemplos de impactos y adaptaciones
  - Global, Europa, España, localidades
  - Regadío, secano
  - Herbáceos, leñosos
  - Manejo de la incertidumbre
- Conclusiones

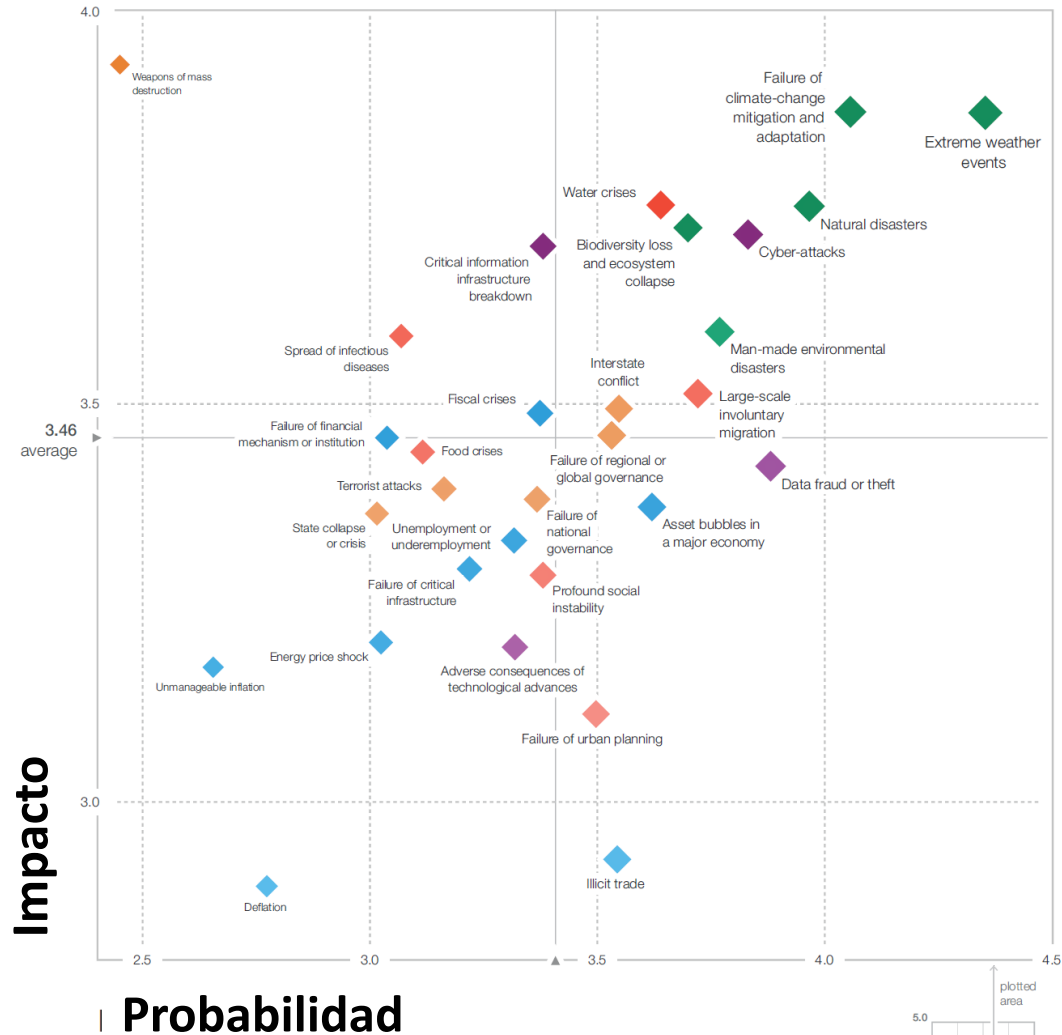


- Contexto
  - Problemática actual
  - Conceptos clave
- El futuro: Ejemplos de impactos y adaptaciones
  - Global, Europa, España, localidades
  - Regadío, secano
  - Herbáceos, leñosos
  - Manejo de la incertidumbre
- Conclusiones



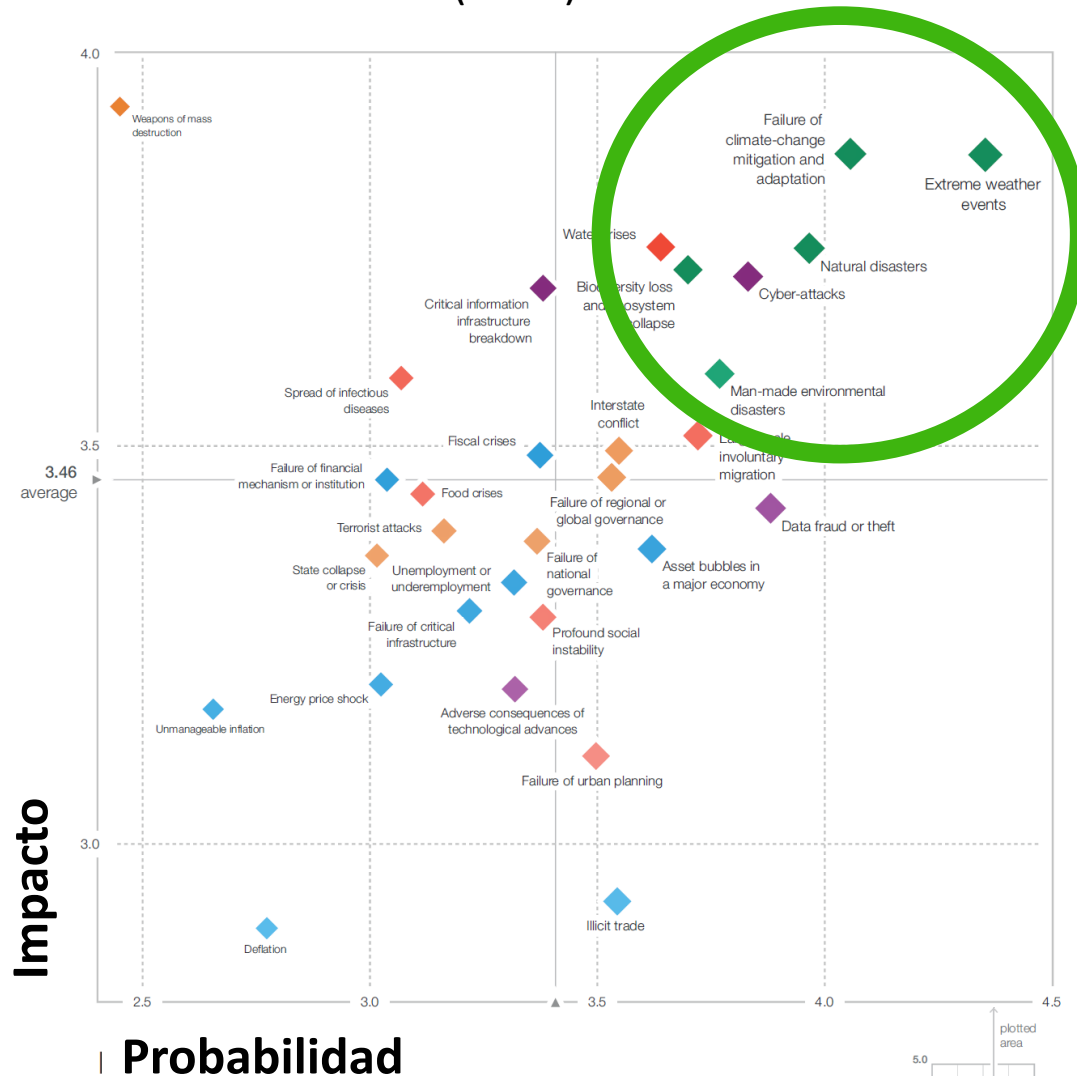
# Informe 2019 del riesgos globales

World Economic Forum (2019)

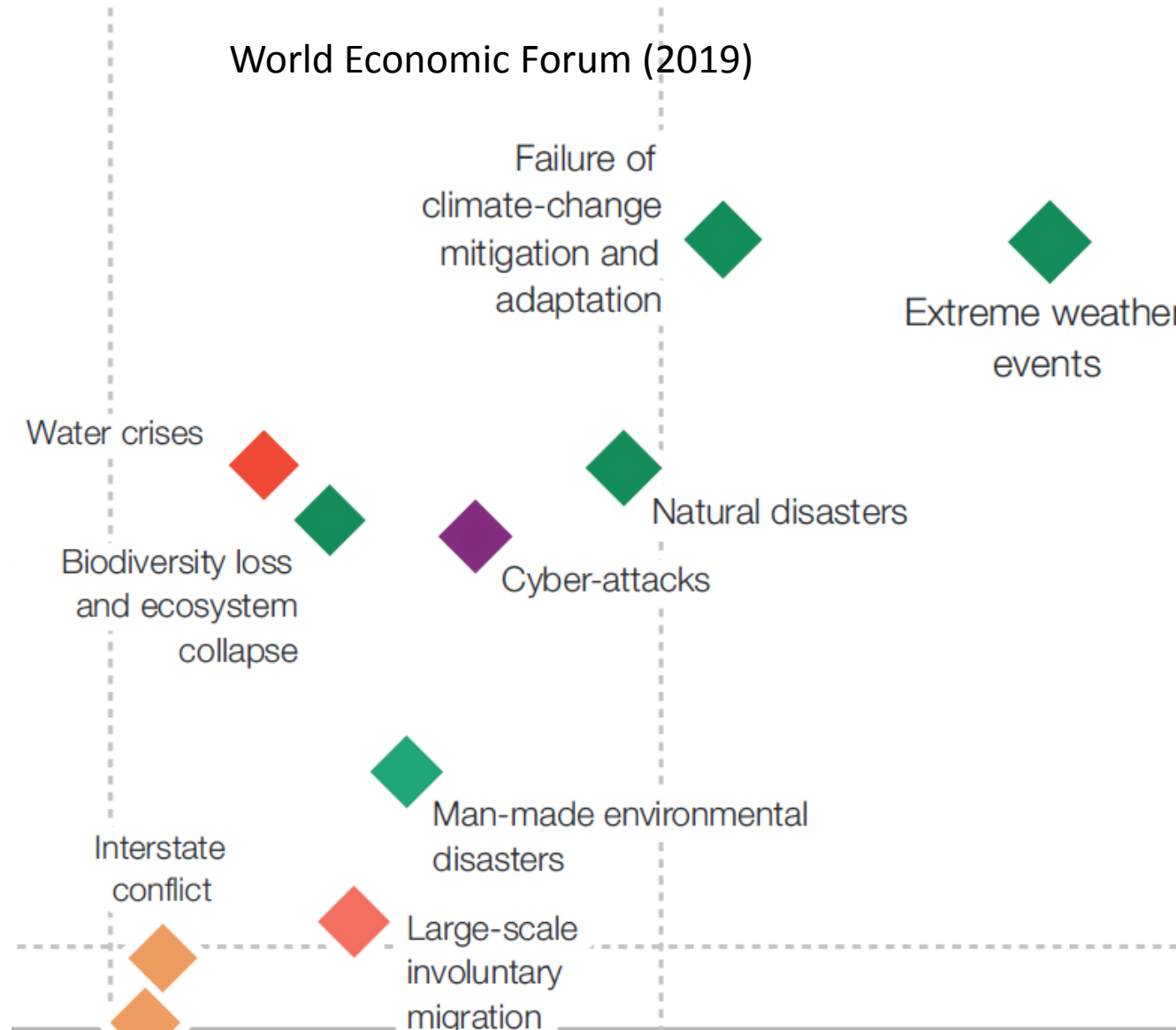


# Informe 2019 del riesgos globales

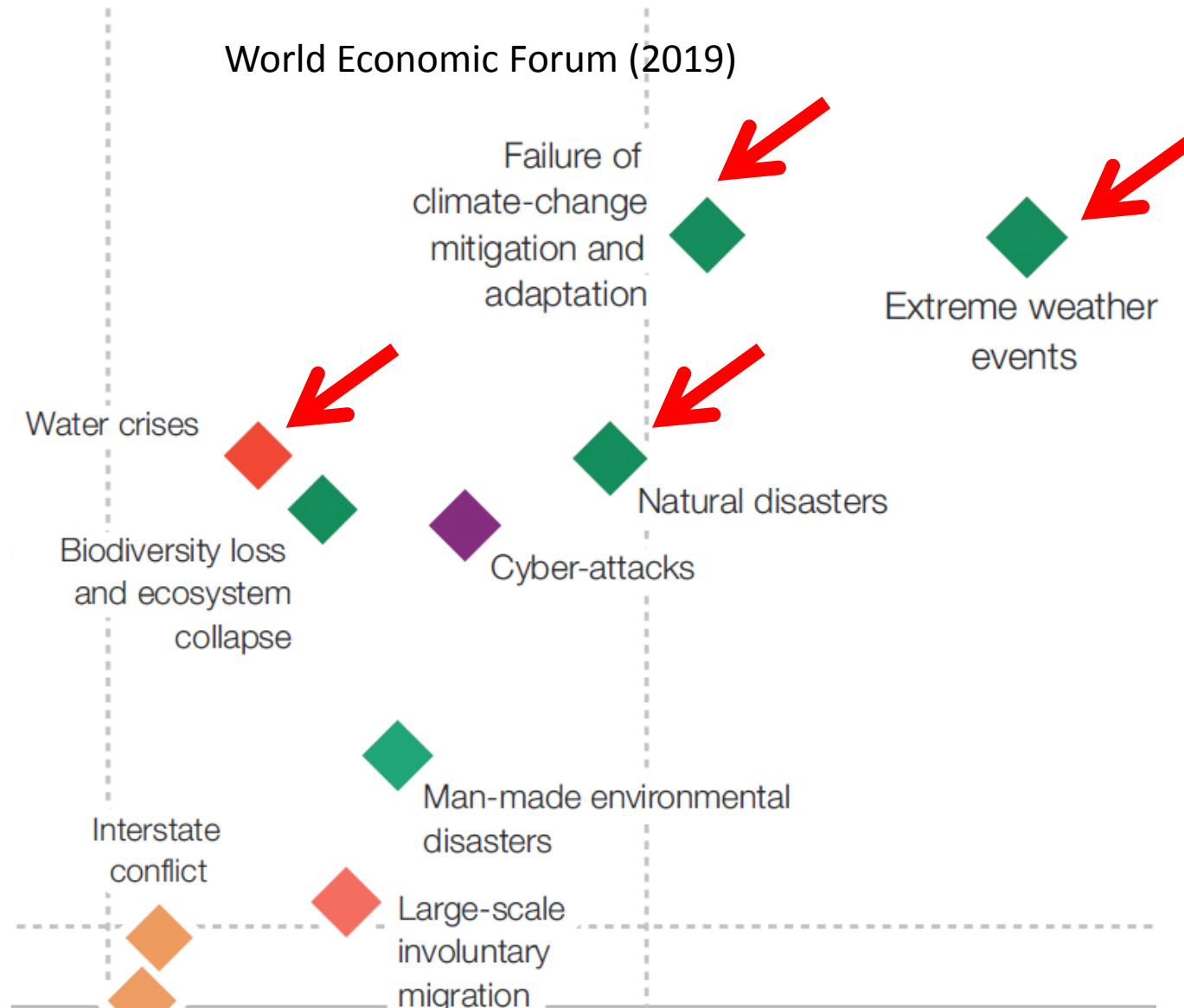
World Economic Forum (2019)



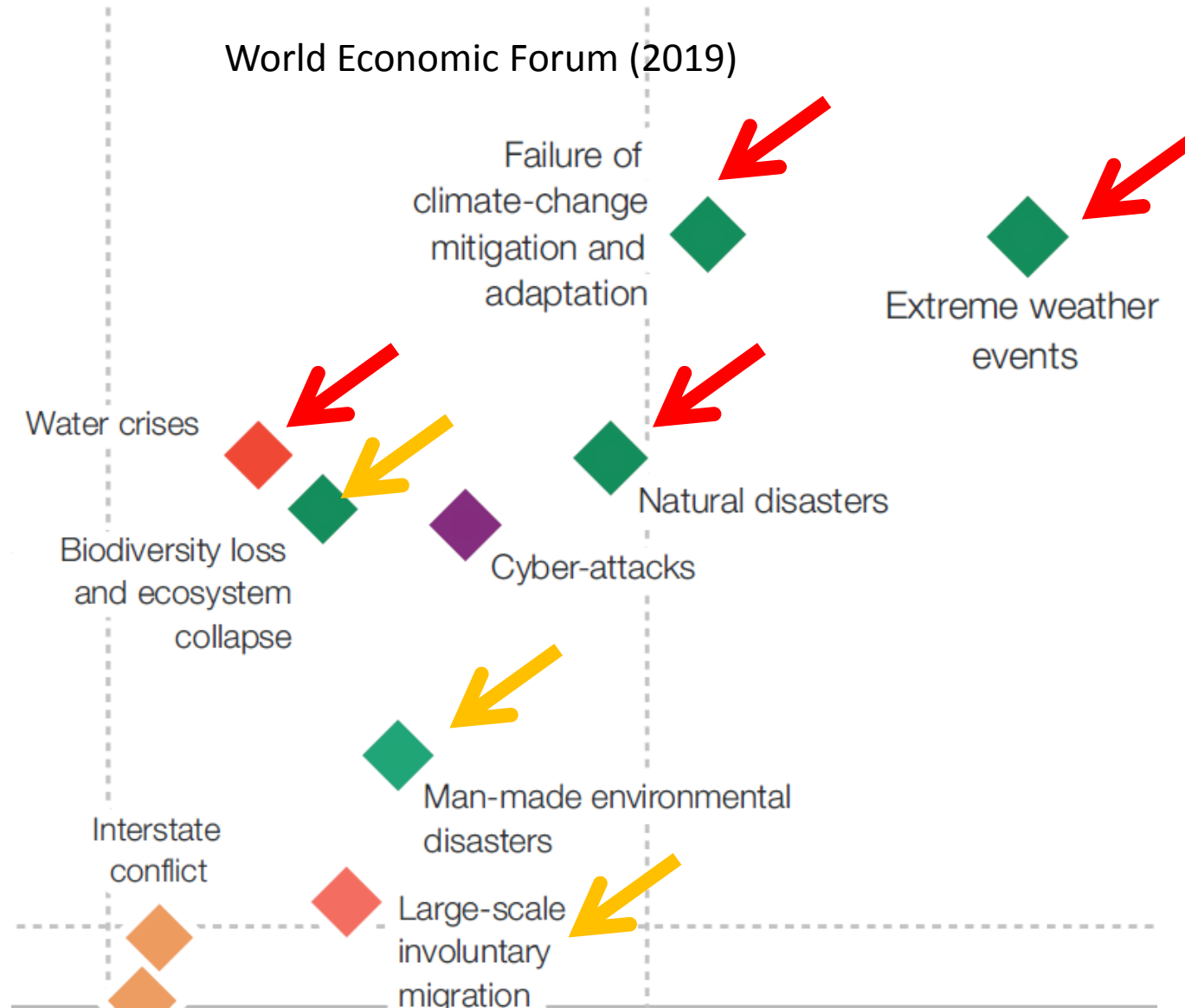
# Informe 2019 del riesgos globales



# Informe 2019 del riesgos globales



# Informe 2019 del riesgos globales





# Agricultura s. XXI: España

## Pérdidas de unos 480 M€ para los agricultores de Castilla y León en esta campaña de siembra, según COAG

14/06/2019

Cuando aún siguen, y muy presentes, los efectos en la memoria y en el bolsillo de los agricultores y ganaderos de Castilla y León de la desastrosa cosecha de 2017, y pese a que el 2018 fue un año que había permitido compensar parte de las pérdidas del año anterior, la cosecha de 2019 va a jugar de nuevo una mala pasada en Castilla y León.

## La ola de calor arrasa los campos de media España llevándose gran parte de su cosecha

Las organizaciones agrarias dan la voz de alarma y reclaman ayudas ante los cuantiosos daños

15/05/2015

Con la mirada dividida, con un ojo hacia el cielo y el otro a las previsiones meteorológicas, el campo español empieza a ver que la extrema ola de calor va mucho más allá de si se baten records de temperatura o si se adelanta o no el verano

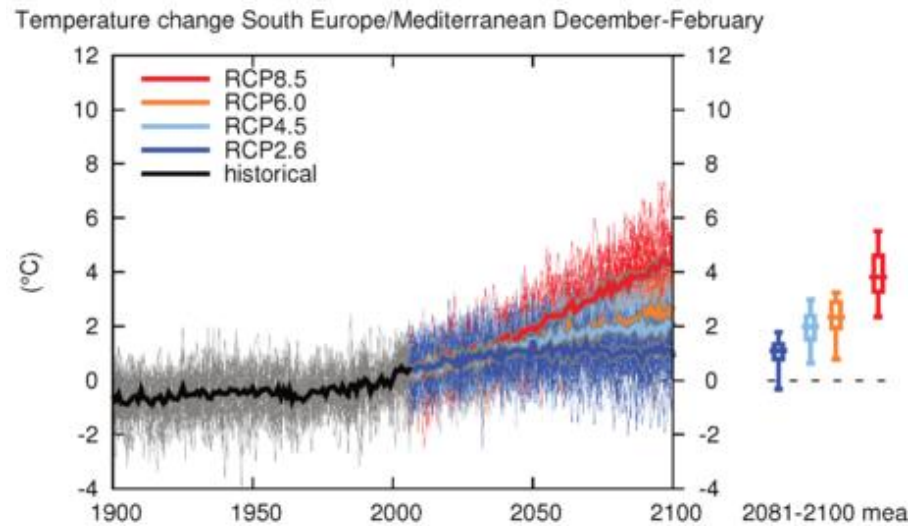
## El calentamiento global obliga a cambiar la gestión del agua en España

Estudios científicos apuntan a una reducción de entre el 24% y el 40% de los recursos disponibles. El Gobierno plantea una moratoria que impida que crezca el regadío

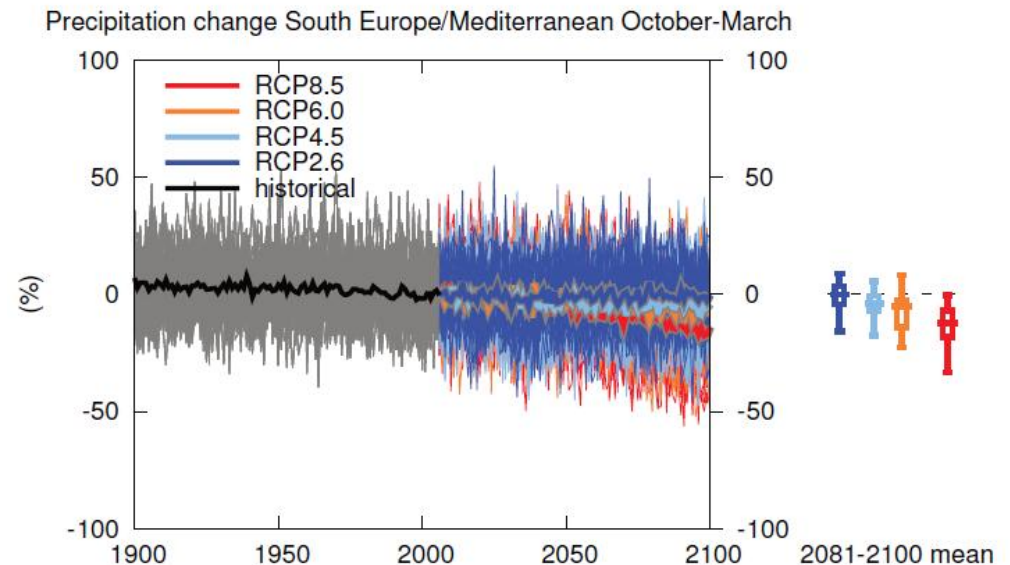


# Cambio climático en curso

Temperaturas: aumento de más de 2°C, en especial en verano



Precipitación Octubre-Marzo:  
Ligero/importante descenso



# ¿Cómo impacta el CC en los cultivos?

## 1. Incremento de CO<sub>2</sub>:

Más fotosíntesis y menos transpiración

## 2. Incremento de la temperatura:

Más evapotranspiración, fenología más rápida

Menor limitación/acumulación de frío (ej. Trigo)

Desacoples de ciclos de cultivo con polinizadores, plagas y enfermedades

## 3. Cambios en el suministro de agua:

Precipitación total y estacional, intensidad, frecuencia

eg. La extensión del periodo de déficit hídrico (Ruiz-Ramos & Mínguez, 2010)

## 5. Eventos extremos:

Tmin, Tmax, precipitaciones y sequías

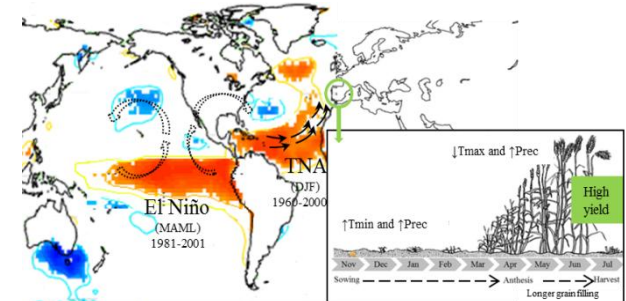
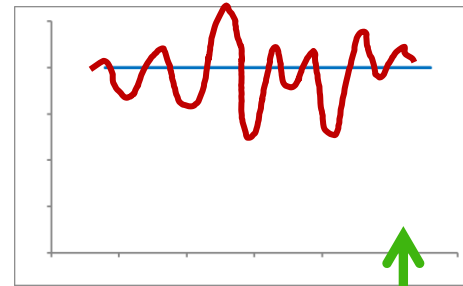
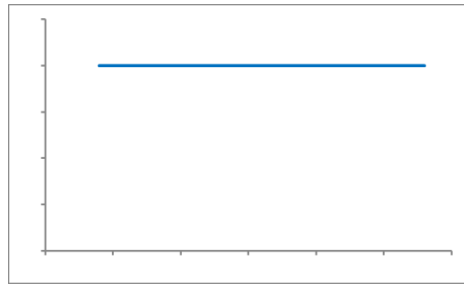
→ relevantes para la adaptación y para el seguro

→ cambio + variabilidad climáticos

# Cambio vs. variabilidad climática

## Climatología vs. Meteorología

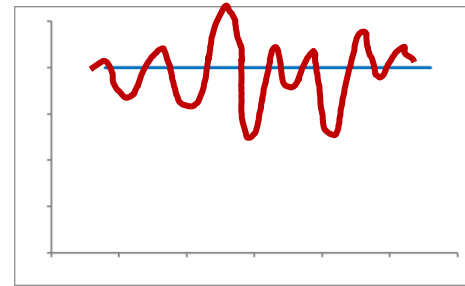
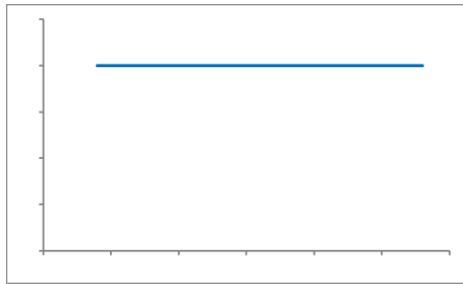
- El clima es la descripción estadística de un periodo (ej. 30 años), con su variabilidad
- Meteorología es el tiempo diario



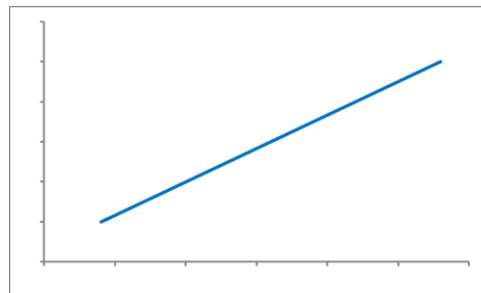
# Cambio vs. variabilidad climática

## Climatología vs. Meteorología

- El clima es la descripción estadística de un periodo (ej. 30 años), con su variabilidad
- Meteorología es el tiempo diario



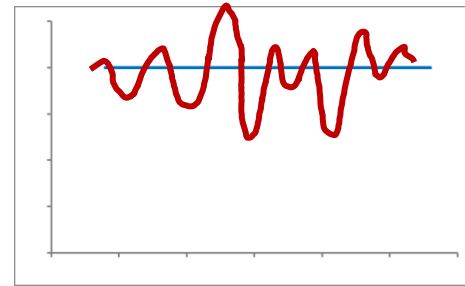
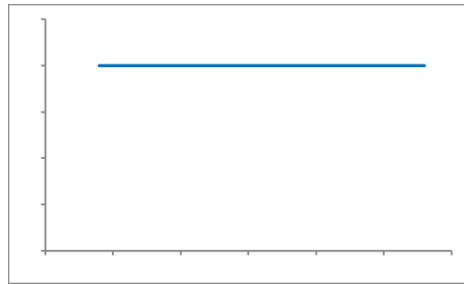
- El cambio climático es el cambio en la tendencia



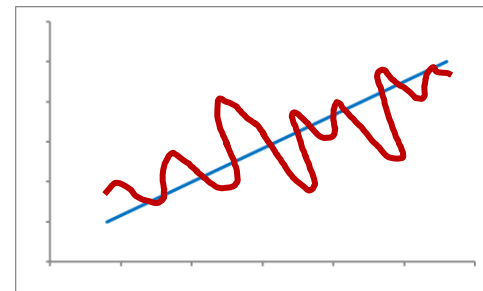
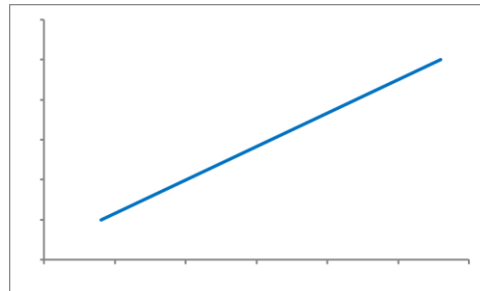
# Cambio vs. variabilidad climática

## Climatología vs. Meteorología

- El clima es la descripción estadística de un periodo (ej. 30 años), con su variabilidad
- Meteorología es el tiempo diario



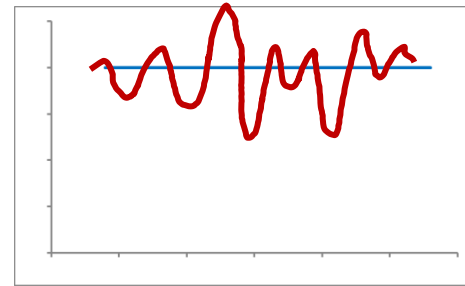
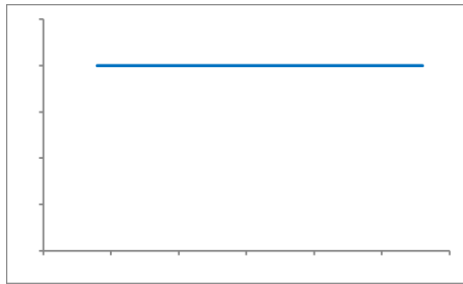
- El cambio climático es el cambio en la tendencia
- La variabilidad existe siempre



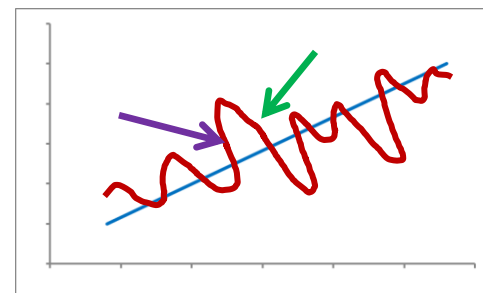
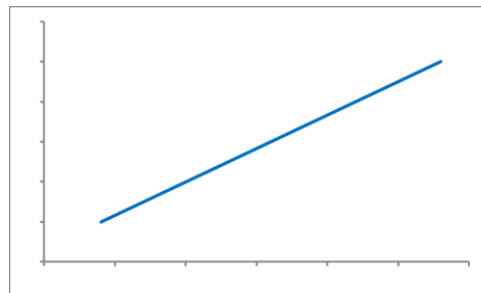
# Cambio vs. variabilidad climática

## Climatología vs. Meteorología

- El clima es la descripción estadística de un periodo (ej. 30 años), con su variabilidad
- Meteorología es el tiempo diario

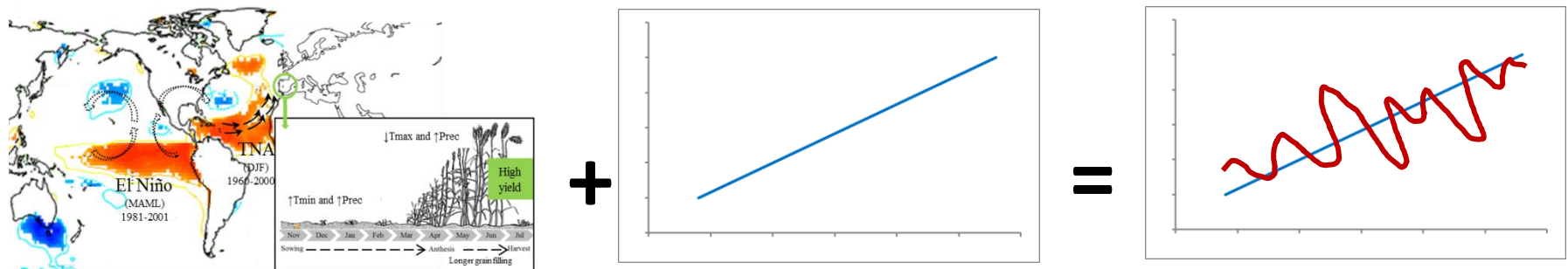


- El cambio climático es el cambio en la tendencia
- La variabilidad existe siempre



# La predictibilidad: diferentes escalas, diferentes objetivos

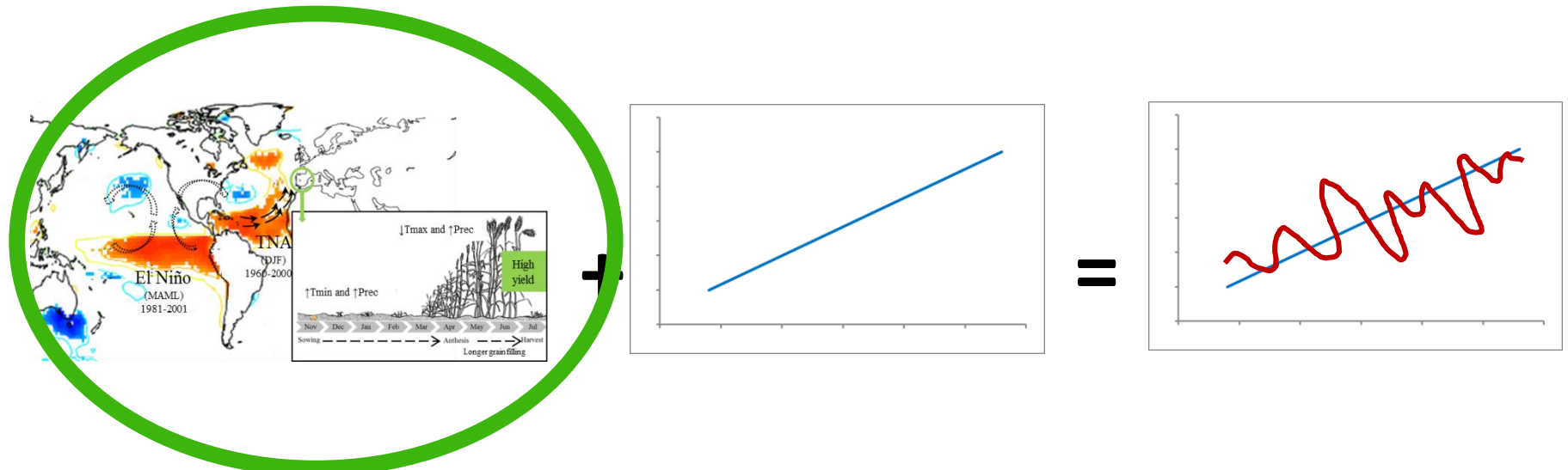
- **Pronóstico de cosechas:** rendimiento, consumo de agua, fechas fenológicas, tipo de campaña
- **Variación de medias** de T y P durante periodos críticos de la fenología de los cultivos
- **Comienzo** medio de las lluvias, distribución estacional, cambios
- **Duración y frecuencia** de los periodos secos, cambios
- Comienzo y **final** del periodo de heladas, cambios
- **Tmax en verano, Tmin en invierno**, cambios
- **Eventos extremos** (T, P), cambios:
  - probabilidad de las condiciones que favorecen el granizo
  - Olas de calor, etc





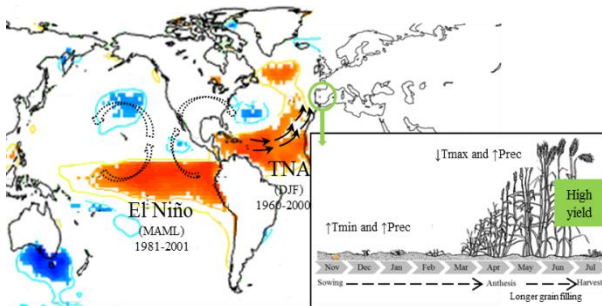
# La predictabilidad: diferentes escalas, diferentes objetivos

- Agricultor: Predicción del rendimiento y del tipo de campaña → Variabilidad interanual, pronóstico estacional modulado por datos decadales
- Seguros agrarios → escalas interanual y decadal
- Impacto de cambio climático → multidecadal
- Adaptación al cambio climático
  - Autónoma → interanual
  - Estructural → decadal, multidecadal

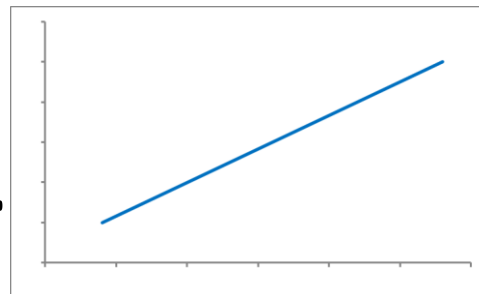


# La predictabilidad: diferentes escalas, diferentes objetivos

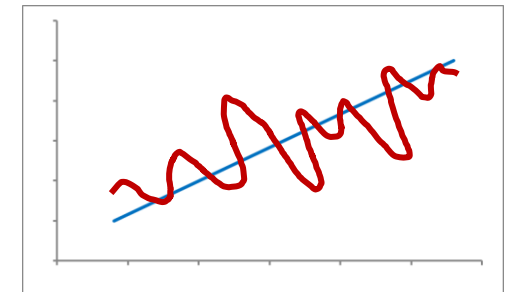
- Predicción del rendimiento y del tipo de campaña → Variabilidad interanual, pronóstico estacional modulado por datos decadales
- Seguros agrarios → escalas interanual y decadal
- Impacto de cambio climático → multidecadal
- Adaptación al cambio climático
  - Autónoma → interanual
  - Estructural → decadal, multidecadal



+

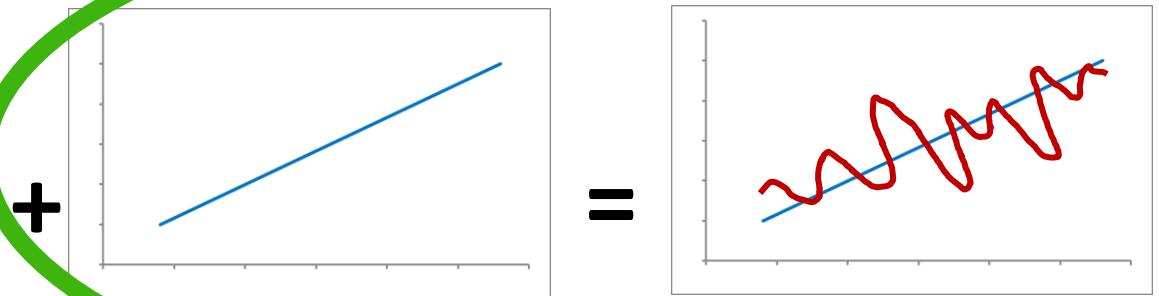
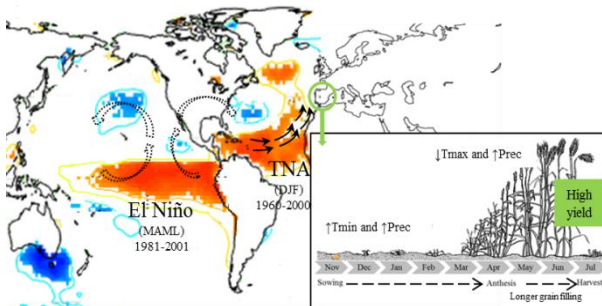


=



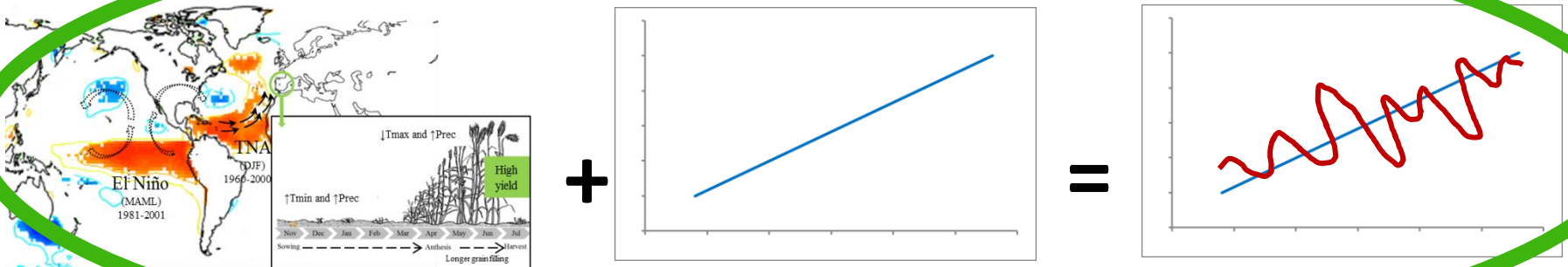
# La predictabilidad: diferentes escalas, diferentes objetivos

- Predicción del rendimiento y del tipo de campaña → Variabilidad interanual, pronóstico estacional modulado por datos decadales
- Seguros agrarios → escalas interanual y decadal
- Impacto de cambio climático → multidecadal
- Adaptación al cambio climático
  - Autónoma → interanual
  - Estructural → decadal, multidecadal



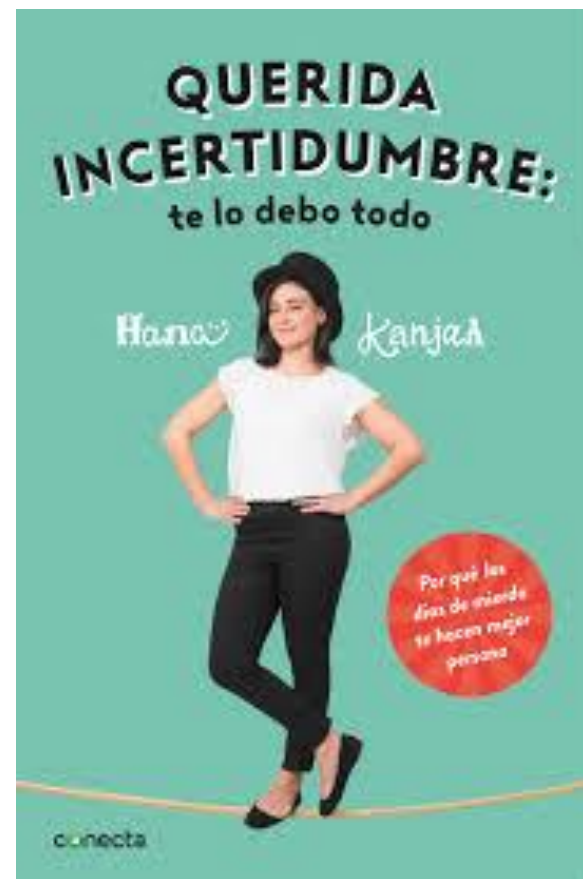
# La predictabilidad: diferentes escalas, diferentes objetivos

- Predicción del rendimiento y del tipo de campaña → Variabilidad interanual, pronóstico estacional modulado por datos decadales
- Seguros agrarios → escalas interanual y decadal
- Impacto de cambio climático → multidecadal
- Adaptación al cambio climático
  - Autónoma → interanual
  - Estructural → decadal, multidecadal



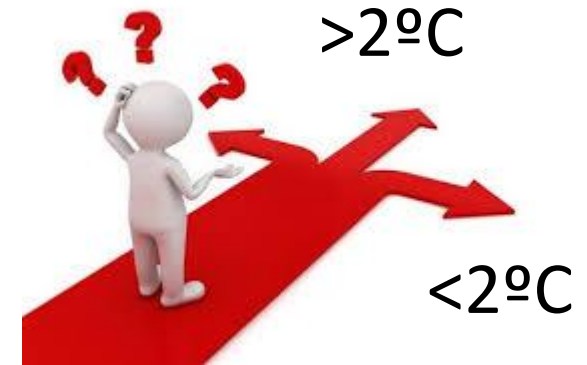
# Predictibilidad, adaptación y seguros agrarios

- **La predictibilidad nos beneficia a todos**
    - Avance imparable
    - **Incertidumbre inevitable**
      - La precipitación es más difícil de predecir localmente, y relevante para
        - » Secano
        - » Granizo
        - » Disponibilidad de agua de riego
      - Fechas de los eventos extremos
      - No todos los periodos y zonas tienen la misma predictibilidad
- ¿es la próxima década predecible?**
- Si hay predictibilidad
    - Estimación del volumen de negocio
    - Riesgo para la adaptación



# Incertidumbre

- De la variabilidad de clima
- Del CC y la mitigación(RCPs): *futuro sobre o por debajo de  $\Delta 1,5-2^{\circ}\text{C}$  (IPCC, 2018)*
- De los modelos de clima y cultivos
  - No son perfectos
  - Sistemas de regadío: incertidumbre moderada
  - Sistemas de secano: mayor incertidumbre



**Modelización  
por  
“ensembles”**

# Adaptación al cambio, la variabilidad y la incertidumbre





- Objetivos
  - Aumentar/mantener/reducir pérdidas en rendimiento medio
  - Estabilizar el rendimiento:
    - Aumento de la variabilidad interanual y eventos extremos
    - Un amplio rango de posibles futuros (incertidumbre)
  - Optimizar el uso de los recursos
- 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
  - Seguros agrarios



- Objetivos
  - Aumentar/mantener/reducir pérdidas en rendimiento medio
  - Estabilizar el rendimiento:
    - Aumento de la variabilidad interanual y eventos extremos
    - Un amplio rango de posibles futuros (incertidumbre)
  - Optimizar el uso de los recursos
- 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
  - Seguros agrarios

## EUROPA YA (Olesen, 2011)

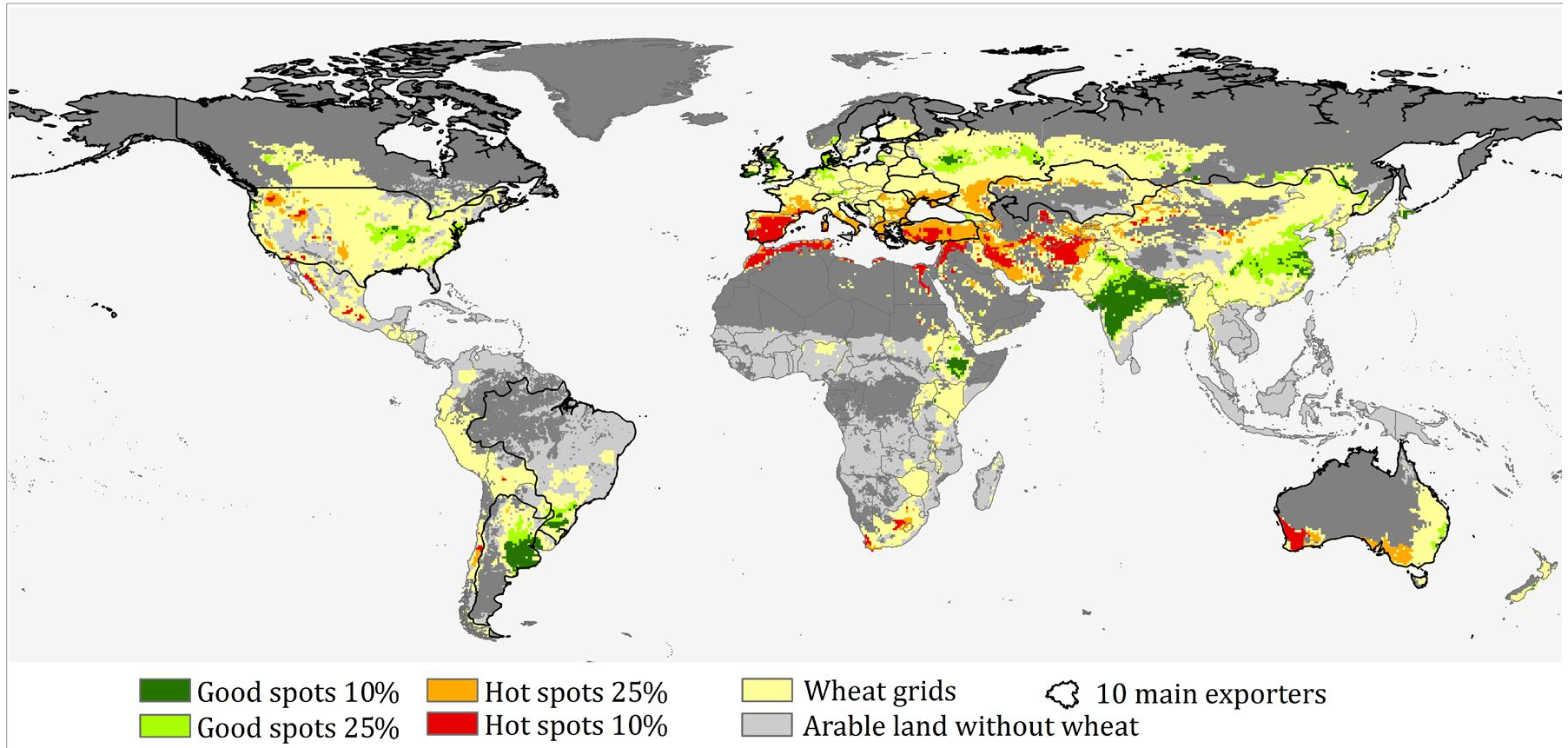
- Tiempo de cultivo (escape al déficit hídrico)
- Ahorro de agua
- Expansión y reducción de regadío
- Variedades resistentes a sequía

# Contenidos

- Contexto
  - Problemática actual
  - Conceptos clave
- El futuro: Ejemplos de impactos y adaptaciones (**CEIGRAM**)
  - Global, Europa, España, localidades
  - Regadío, secano
  - Herbáceos, leñosos
  - Manejo de la incertidumbre
- Conclusiones



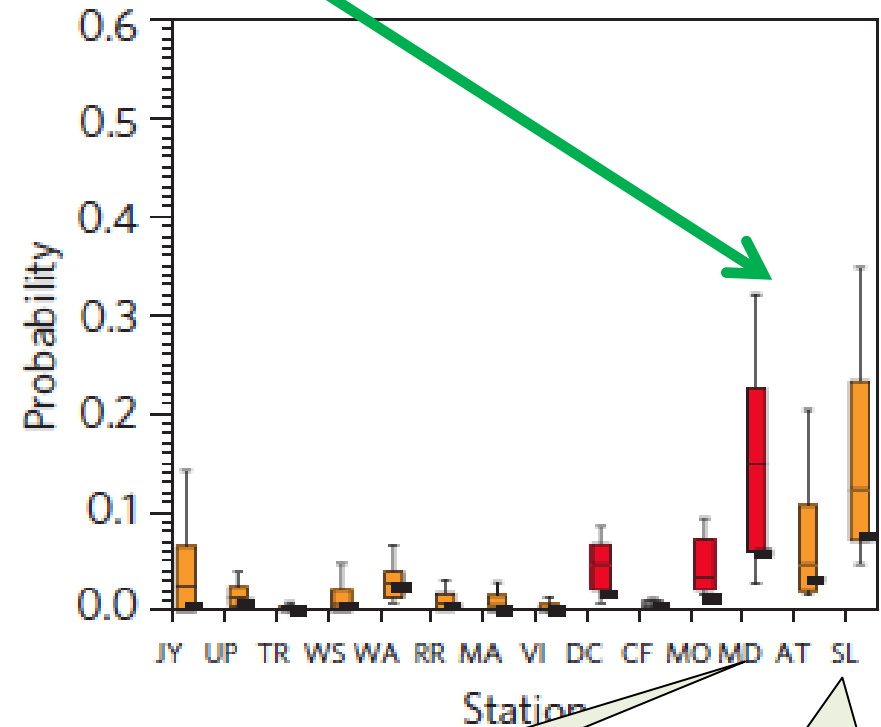
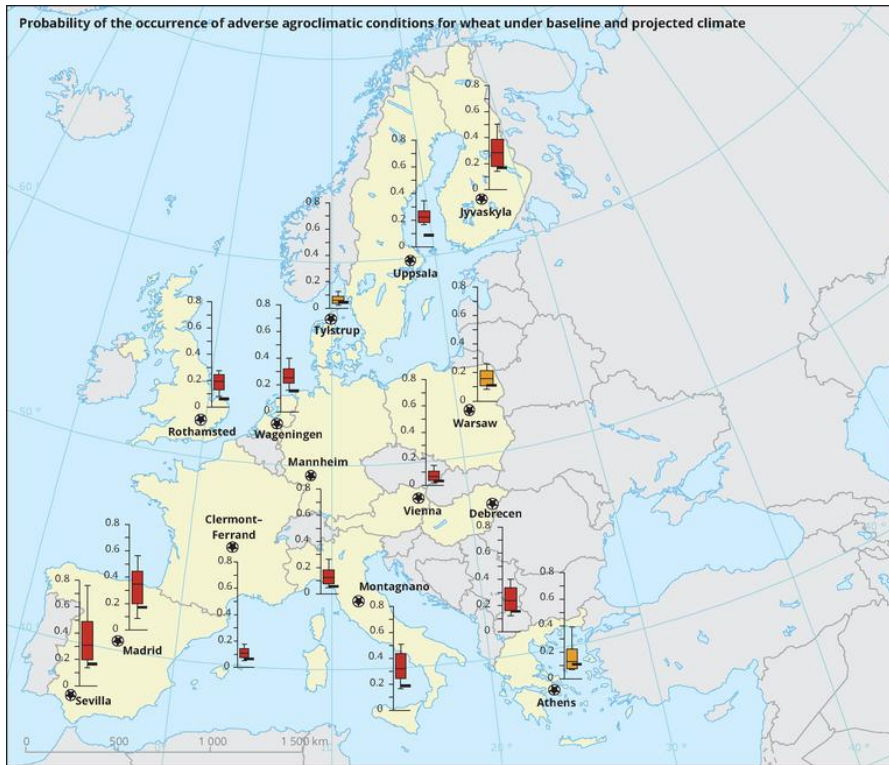
# Cambios en el riesgo de estrés hídrico severo en zonas productoras de trigo



Trnka M., et al. (2019). Mitigation efforts will not fully alleviate the increase in the water scarcity occurrence probability in wheat-producing areas. **Science Advances**.

# Eventos extremos 2010-2100

- Probabilidad de 2 eventos extremos en trigo en la misma campaña agrícola (Trnka et al., 2014. *Nature Climate Change*)
- Mediterráneo: ej. Sequía y ola de calor



European Projects: **MACSUR**  
<http://www.macsur.eu/>

MD Madrid

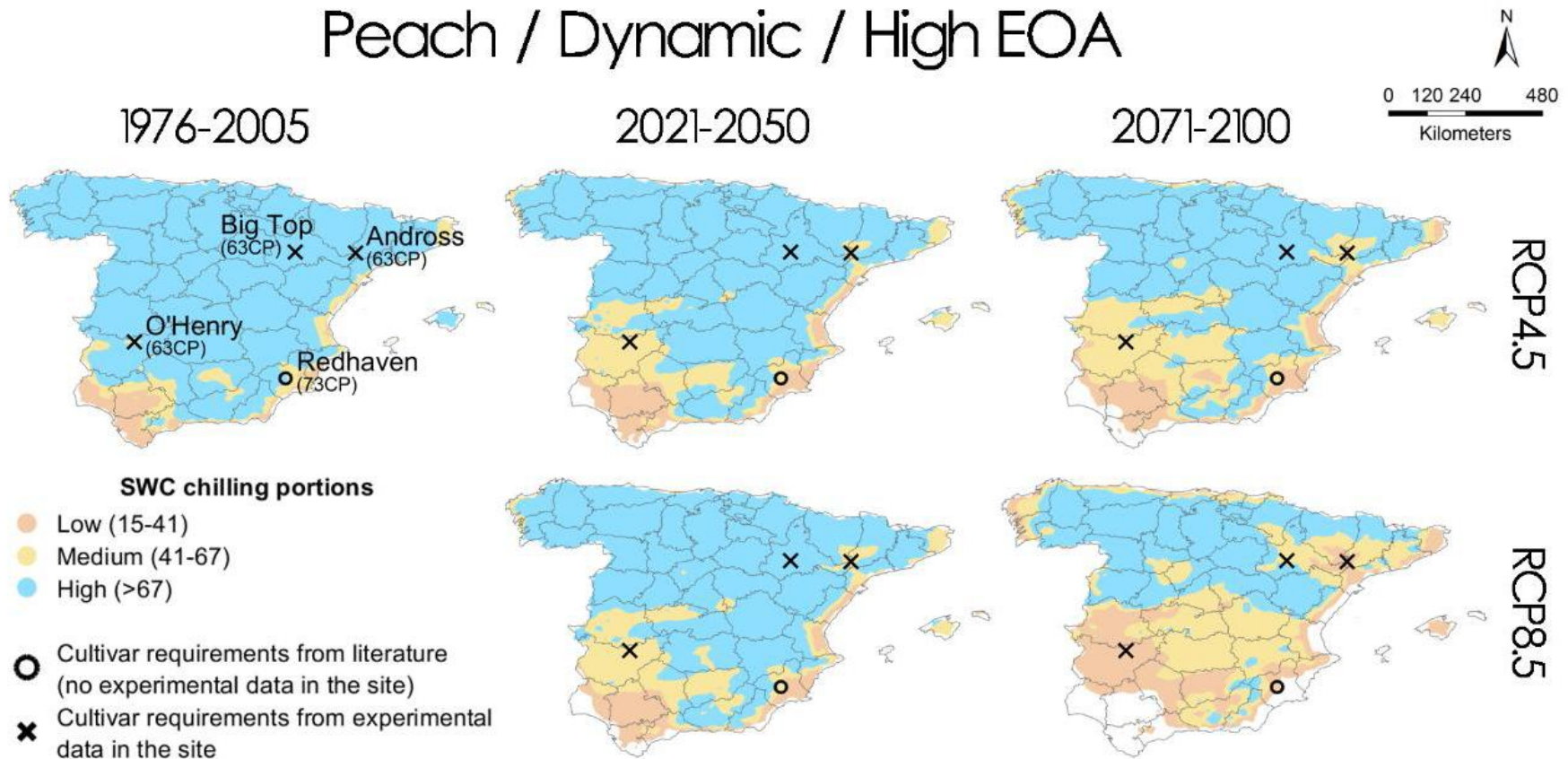
SL Sevilla



# Cambios en la zona de adecuación de cultivos y variedades

- Melocotón: cumplimiento de horas-frío

## Peach / Dynamic / High EOA



# Cambios en la zona de adecuación de cultivos y variedades

- Melocotón: cumplimiento de horas-frío

**El cultivo es viable**  
**Adaptación: cambio de variedad**

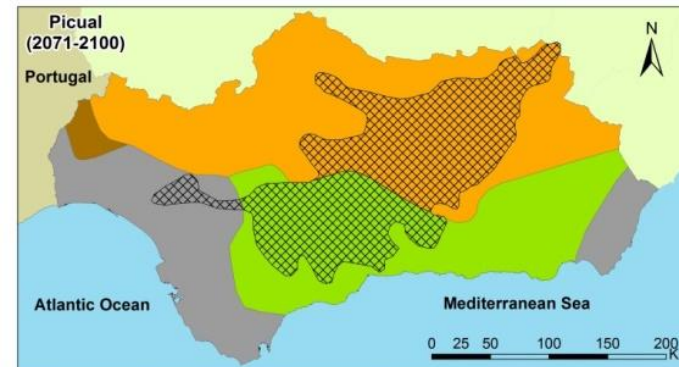
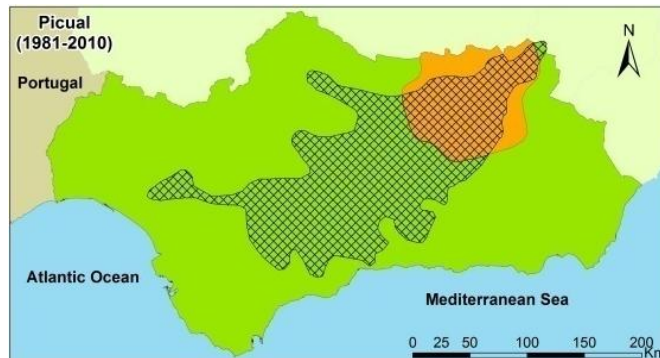
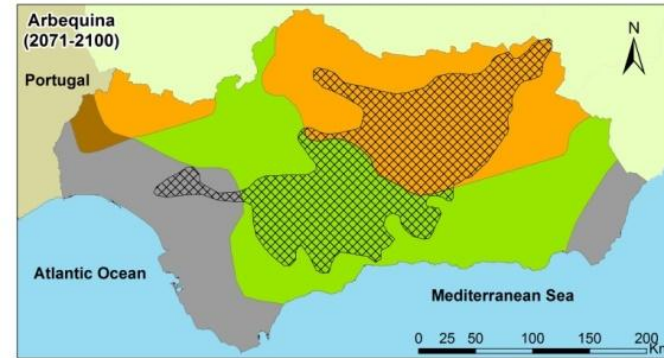
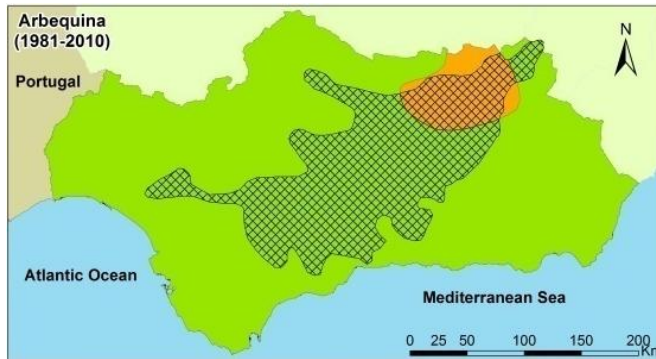


# Cambios en la zona de adecuación de cultivos y variedades

- Olivo: cumplimiento de horas-frío+ estrés por calor

Baseline

Futuro lejano



|               | Vulnerable |     |                | Suitable |
|---------------|------------|-----|----------------|----------|
|               | Lack chill | HSF | Lack chill/HSF |          |
| Cultivated    |            |     |                |          |
| No cultivated |            |     |                |          |

Gabaldón (2016)

# Cambios en la zona de adecuación de cultivos y variedades

- Olivo: cumplimiento de horas-frío+ estrés por calor

Baseline

Futuro lejano

**El cultivo es viable**  
**Adaptación: cambio de variedad y/o zona**

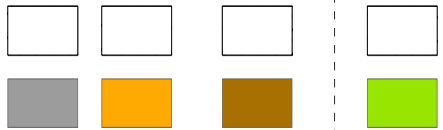


Vulnerable      Suitable

Lack chill    HSF    Lack chill/HSF

Cultivated

No cultivated

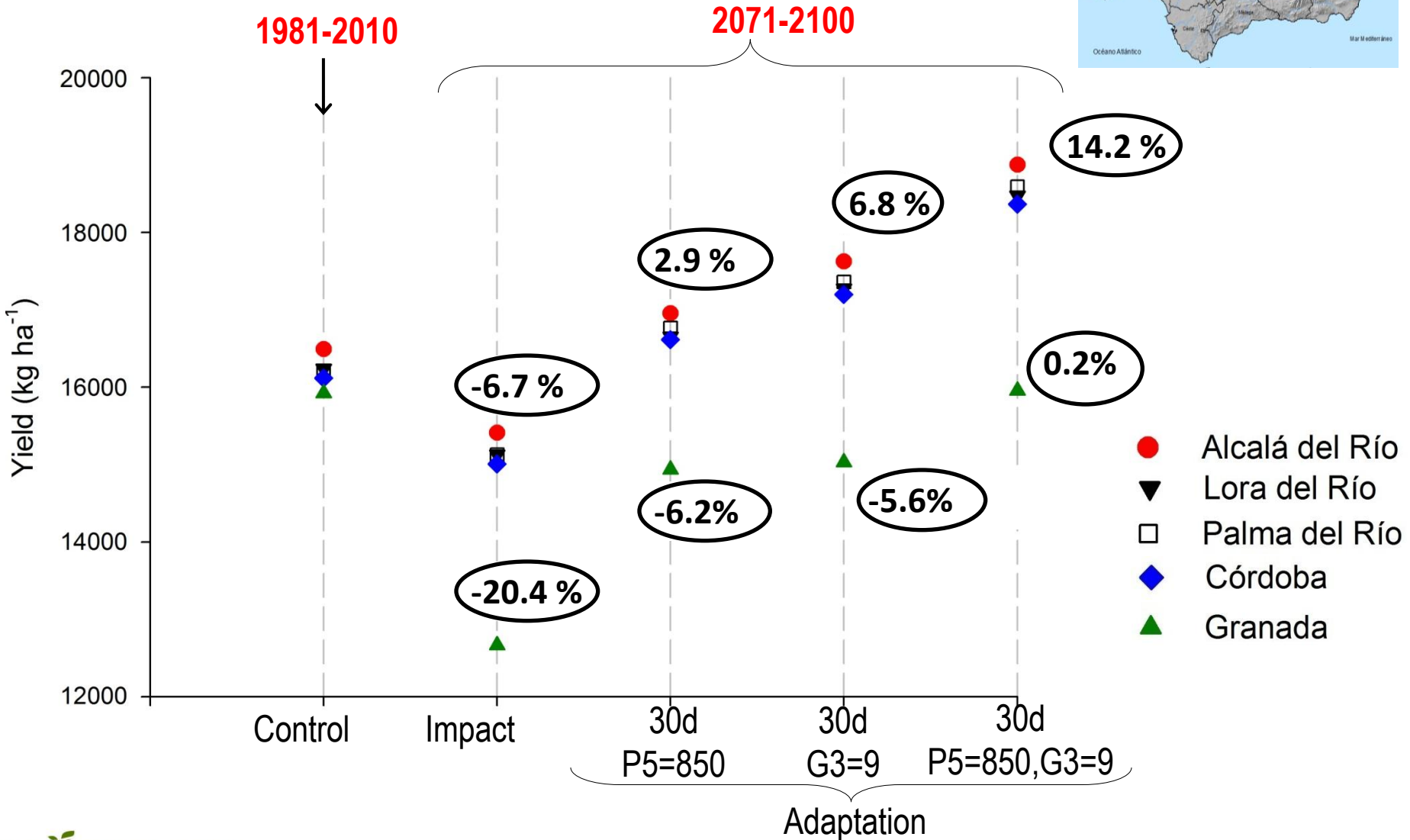
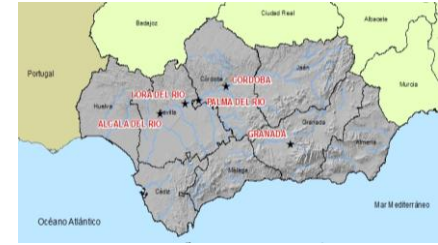


Gabaldón (2016)



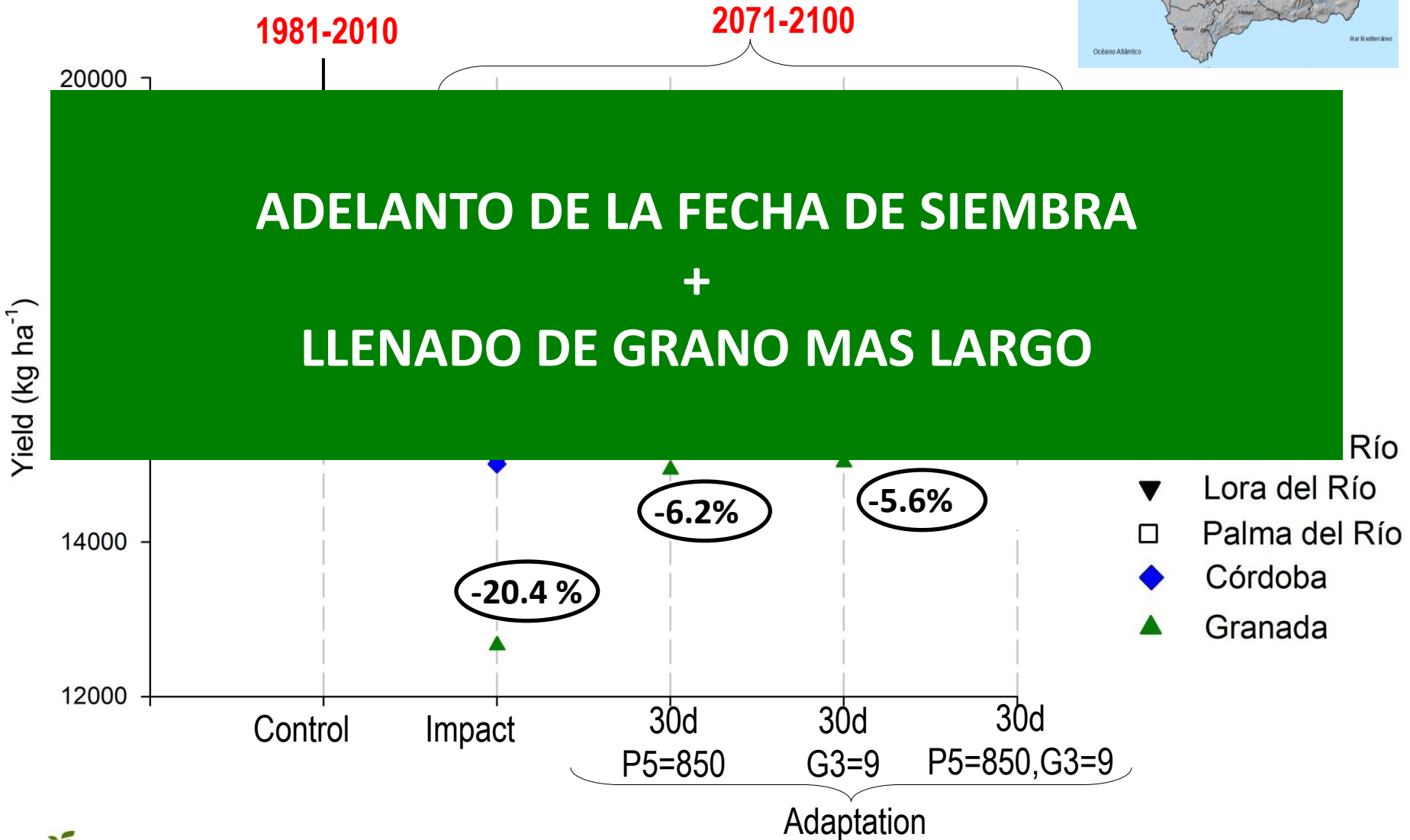
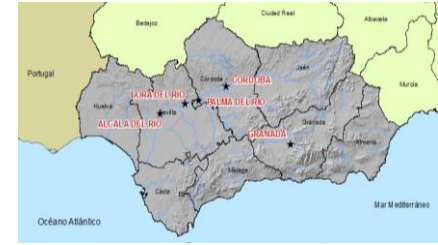
# Regadío: Adaptación local del maíz

Maíz cultivar Helen, regado, (FAO 700)



# Regadío: Adaptación local del maíz

Maíz cultivar Helen, regado, (FAO 700)

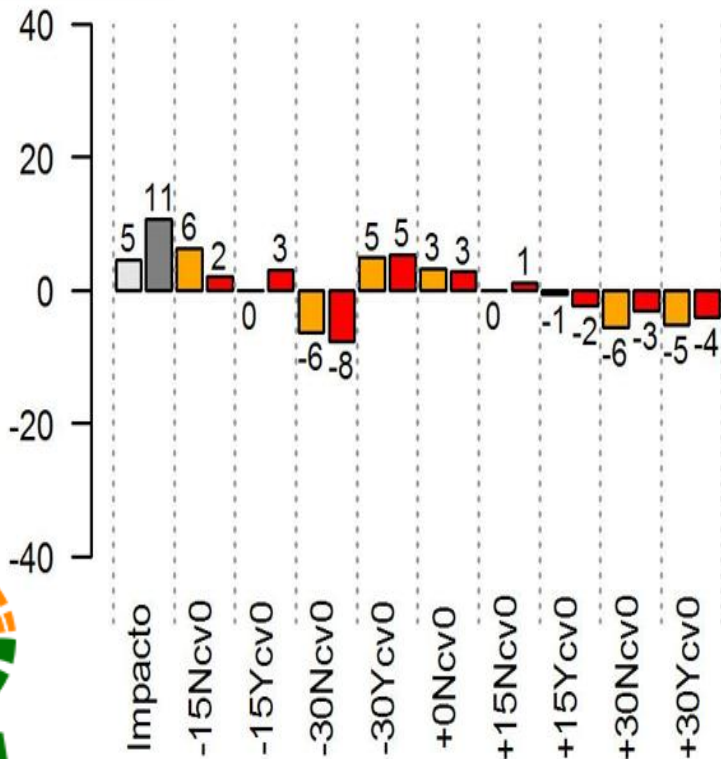


# Secano: Adaptación local del trigo 2020-2050

Adaptando fecha de siembra y vernalización y seleccionando la mejor opción

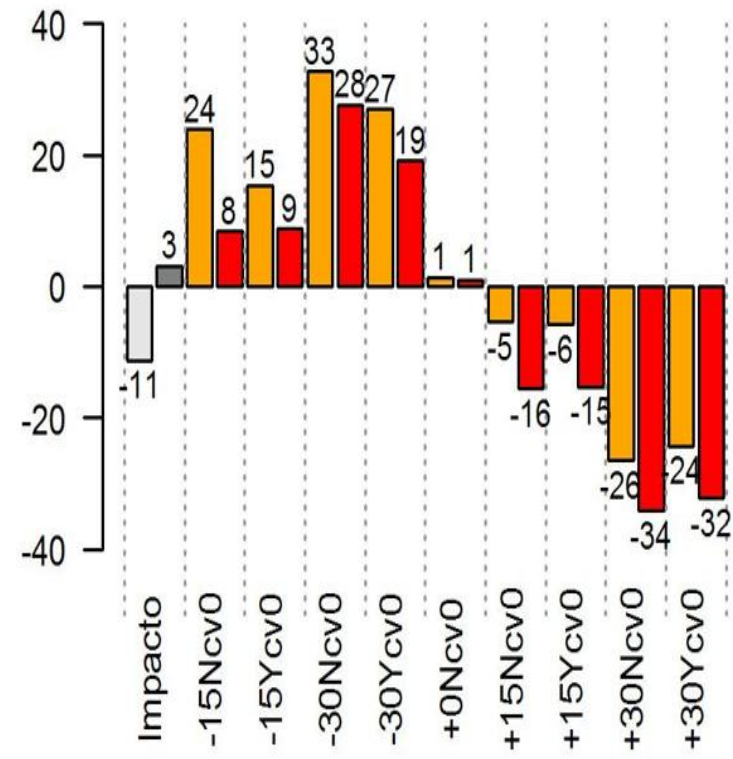
Norte

Vitoria\_Foronda (Alegria)



Cordoba (Canetotorres)

Sur



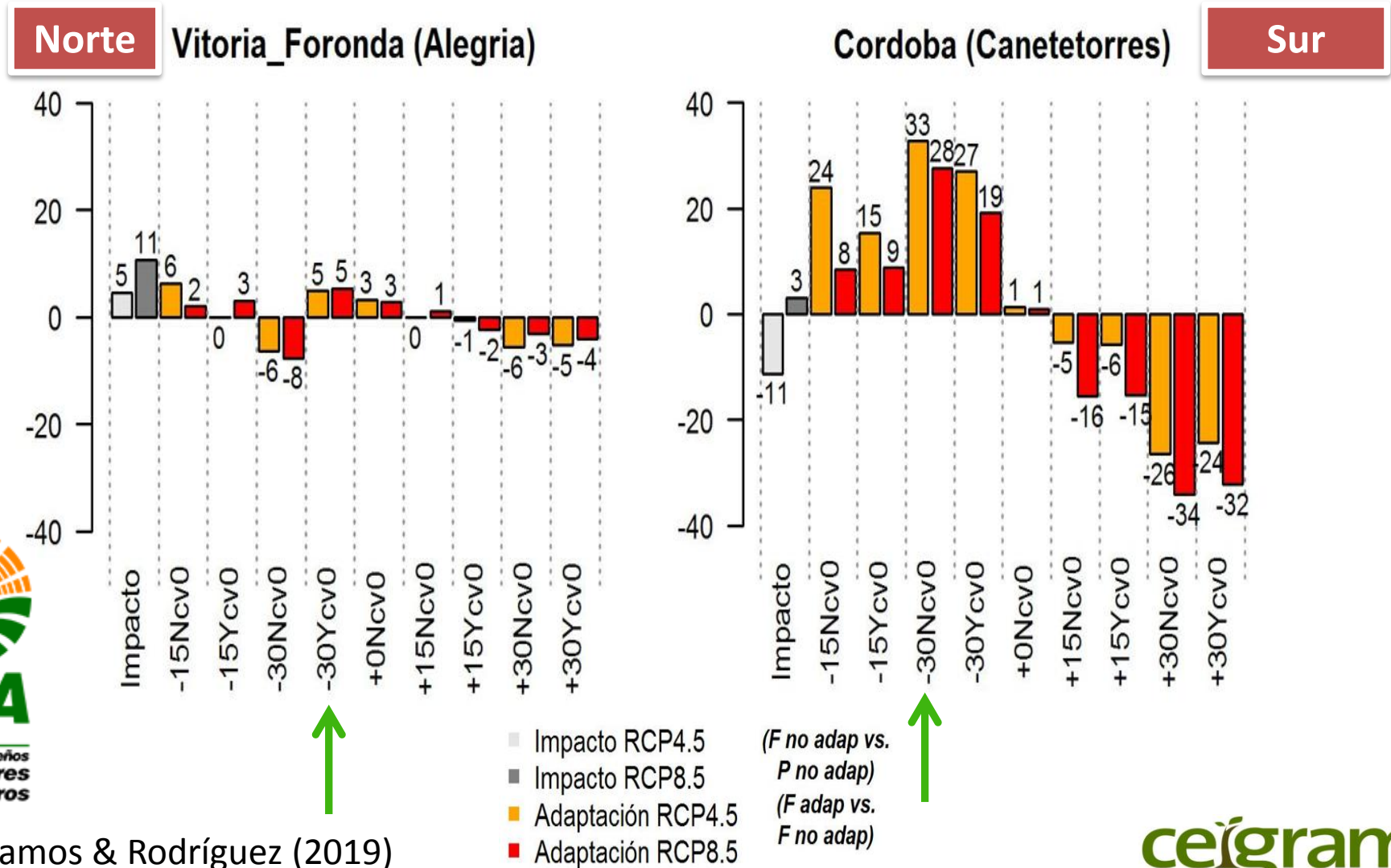
- Impacto RCP4.5
- Impacto RCP8.5
- Adaptación RCP4.5
- Adaptación RCP8.5

(F no adap vs.  
P no adap)  
(F adap vs.  
F no adap)



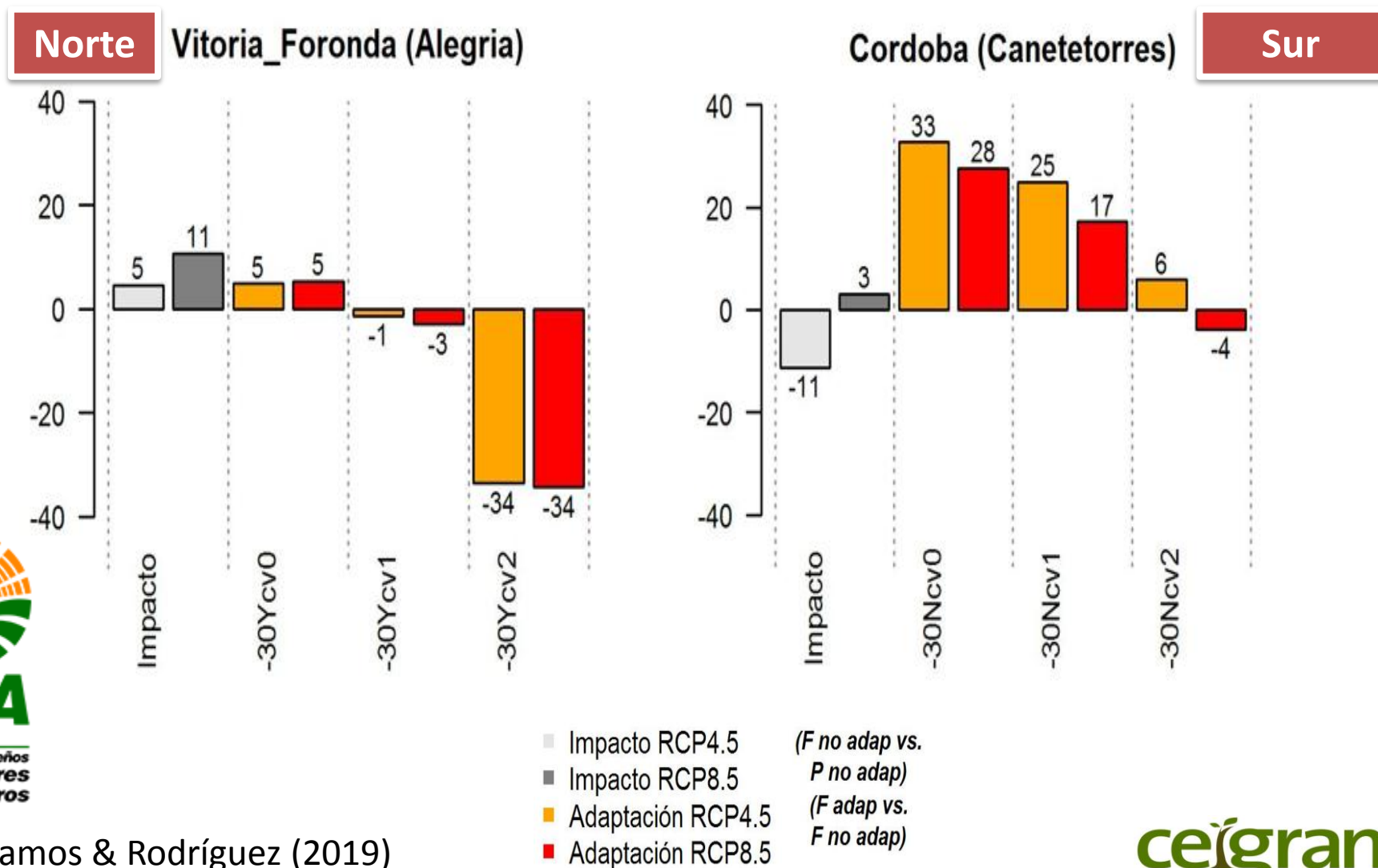
# Secano: Adaptación local del trigo 2020-2050

Adaptando fecha de siembra y vernalización y seleccionando la mejor opción



# Secano: Adaptación local del trigo 2020-2050

Probando la mejor opción con varias duraciones del ciclo






# Secano: Adaptación local del trigo 2020-2050

Probando la mejor opción con varias duraciones del ciclo

- **Trigo invierno: Adelanto** de un mes en la siembra, con variedades misma duración del ciclo
- **Dos tercios sur** de la península: variedades con **menores requerimientos de vernalización** (sembrándose como las de invierno) + **adelanto** de la siembra un mes + **ciclo más largo**



→ Conservar o alargar la duración del ciclo, aprovechando las temperaturas suaves invernales, favorables, completando el ciclo antes de la llegada del déficit hídrico

Unión de Pequeños  
Agricultores  
y Ganaderos

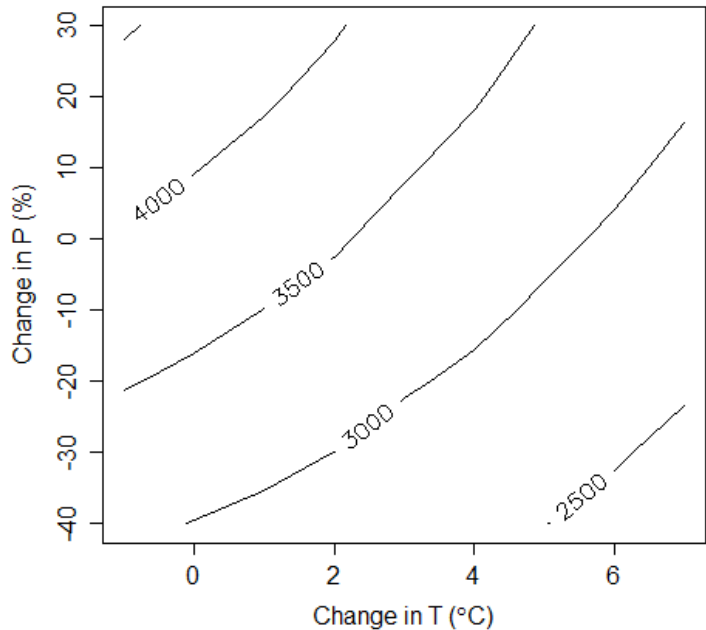
→ 2050 a 2070 impactos más severos

# Adaptación local en detalle: Secano: Trigo

## Superficies de respuesta al impacto y a la adaptación

Cambio en el rendimiento( kg ha<sup>-1</sup>)

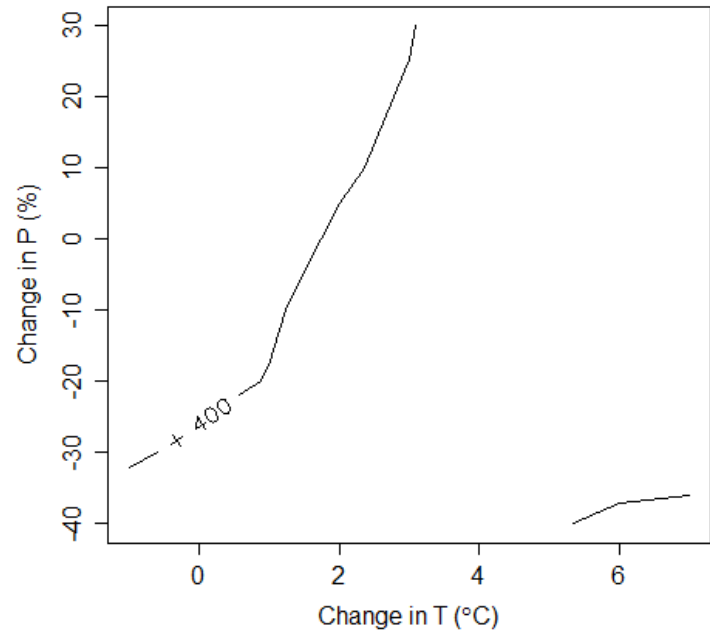
Lleida, trigo de invierno  
Siembra 30 Octubre



Siembra 15 días antes  
(14t Octubre), 447 ppm

447\_1\_WW\_CV0\_R\_287

1.6)



Ruiz-Ramos et al. (2015, 2016)

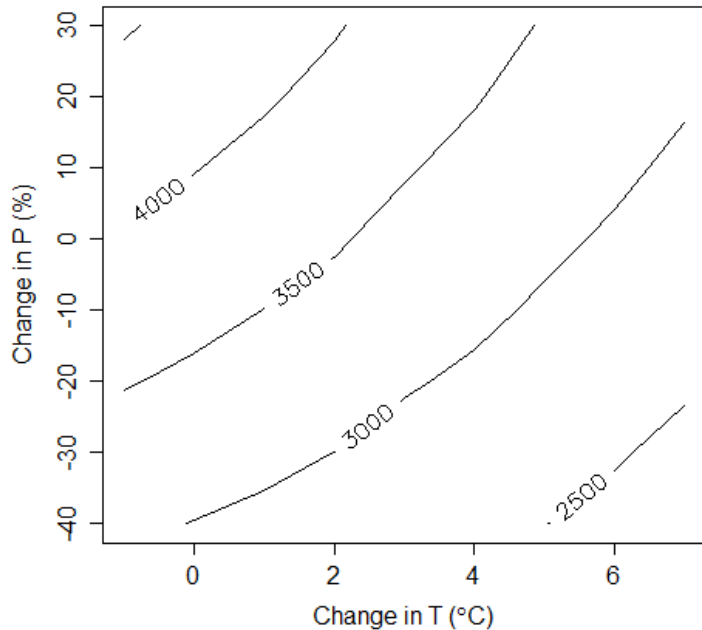
# Adaptación local en detalle

Secano: Trigo

Superficies de respuesta al impacto y a la adaptación

**Cambio en el rendimiento( kg ha<sup>-1</sup>)**

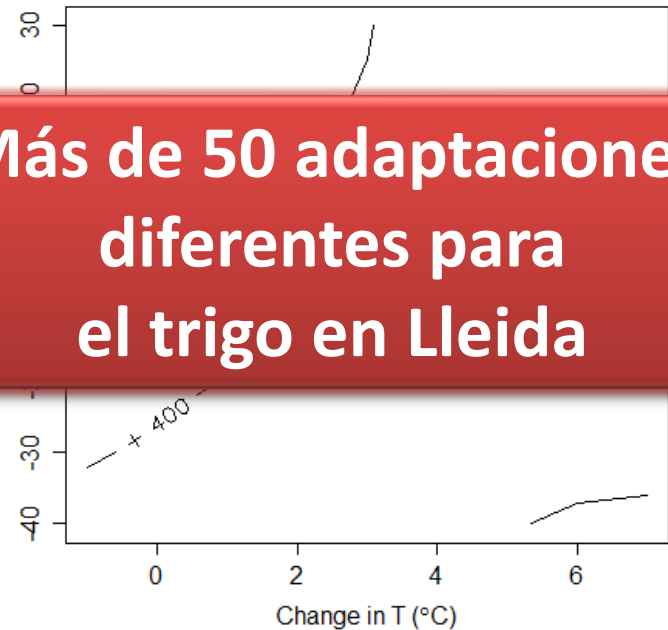
**Lleida, trigo de invierno  
Siembra 30 Octubre**



**Siembra 15 días antes  
(14t Octubre), 447 ppm**

447\_1\_WW\_CV0\_R\_287

1.6)



**Más de 50 adaptaciones  
diferentes para  
el trigo en Lleida**

Ruiz-Ramos et al. (2015, 2016)



# ¿Confianza en las recomendaciones de adaptación?

Trigo en Lleida:  
Incertidumbre  
de la  
adaptación:

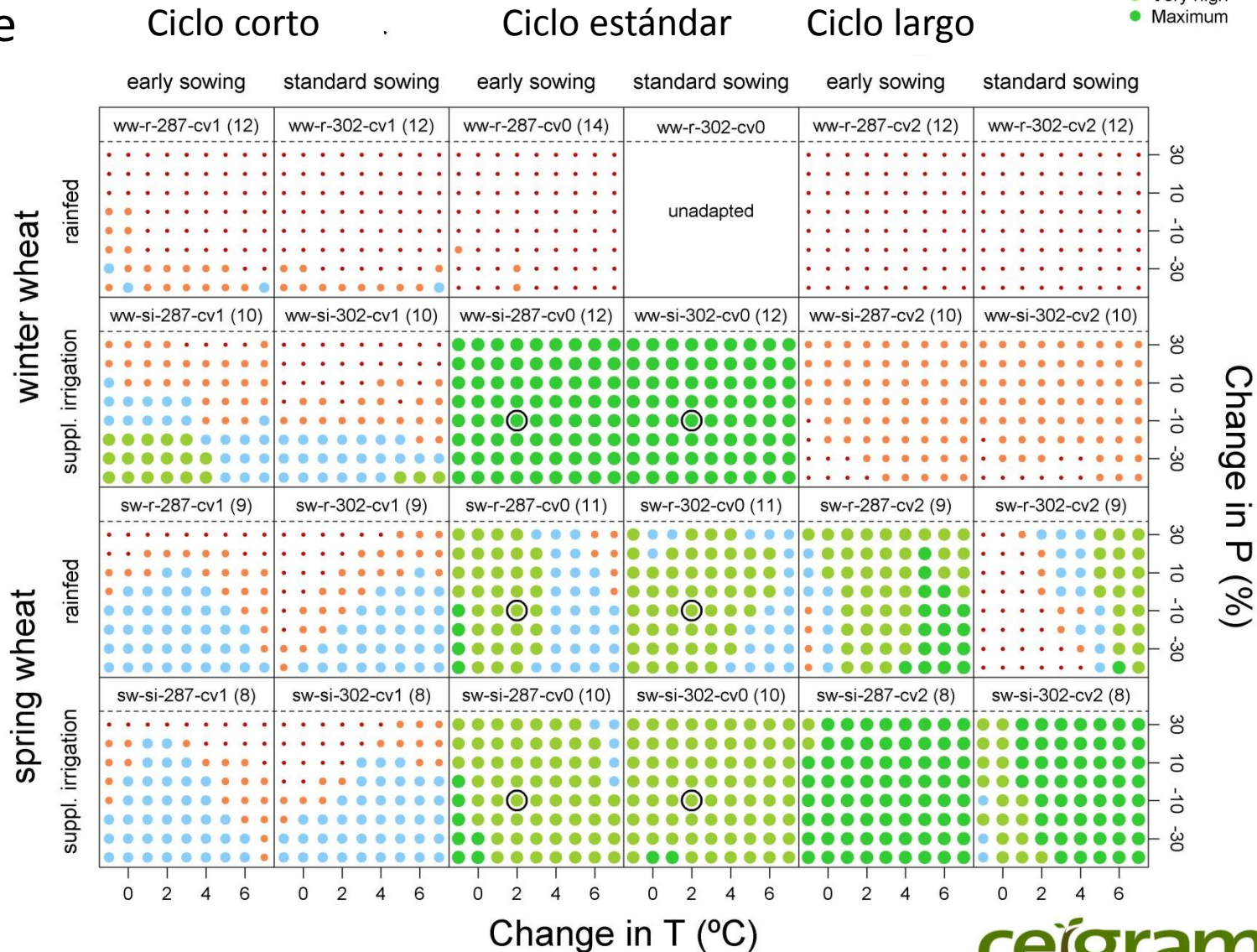
Ensemble  
Outcome  
Agreement  
(EOA)

Rodriguez et  
al. (2019)

Adaptation response greater than 0%  
shallow soil / 447 ppm

EOA class

- Low
- Medium
- High
- Very high
- Maximum



Change in P (%)

Change in T (°C)

ceigram

# ¿Confianza en las recomendaciones de adaptación?

Trigo en Lleida:

Adaptation response greater than 0%  
shallow soil / 447 ppm

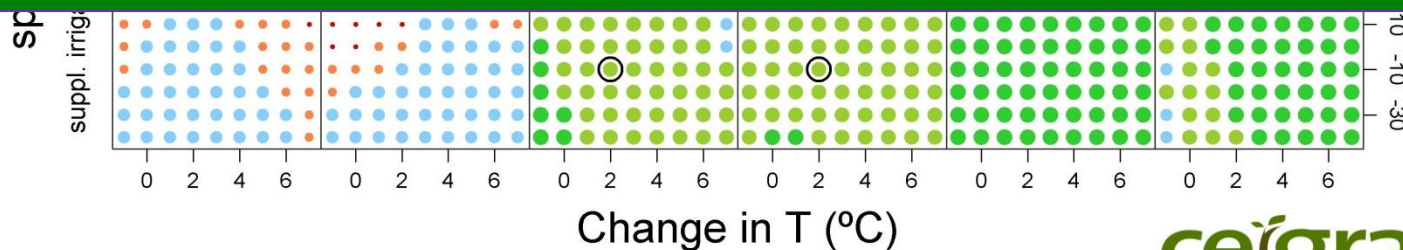
EOA class  
• Low  
• Medium  
• High  
• Very high  
• Maximum

## Trigo en Lleida:

La adaptación es posible con alta confianza  
40 mm en floración multiplican las posibilidades

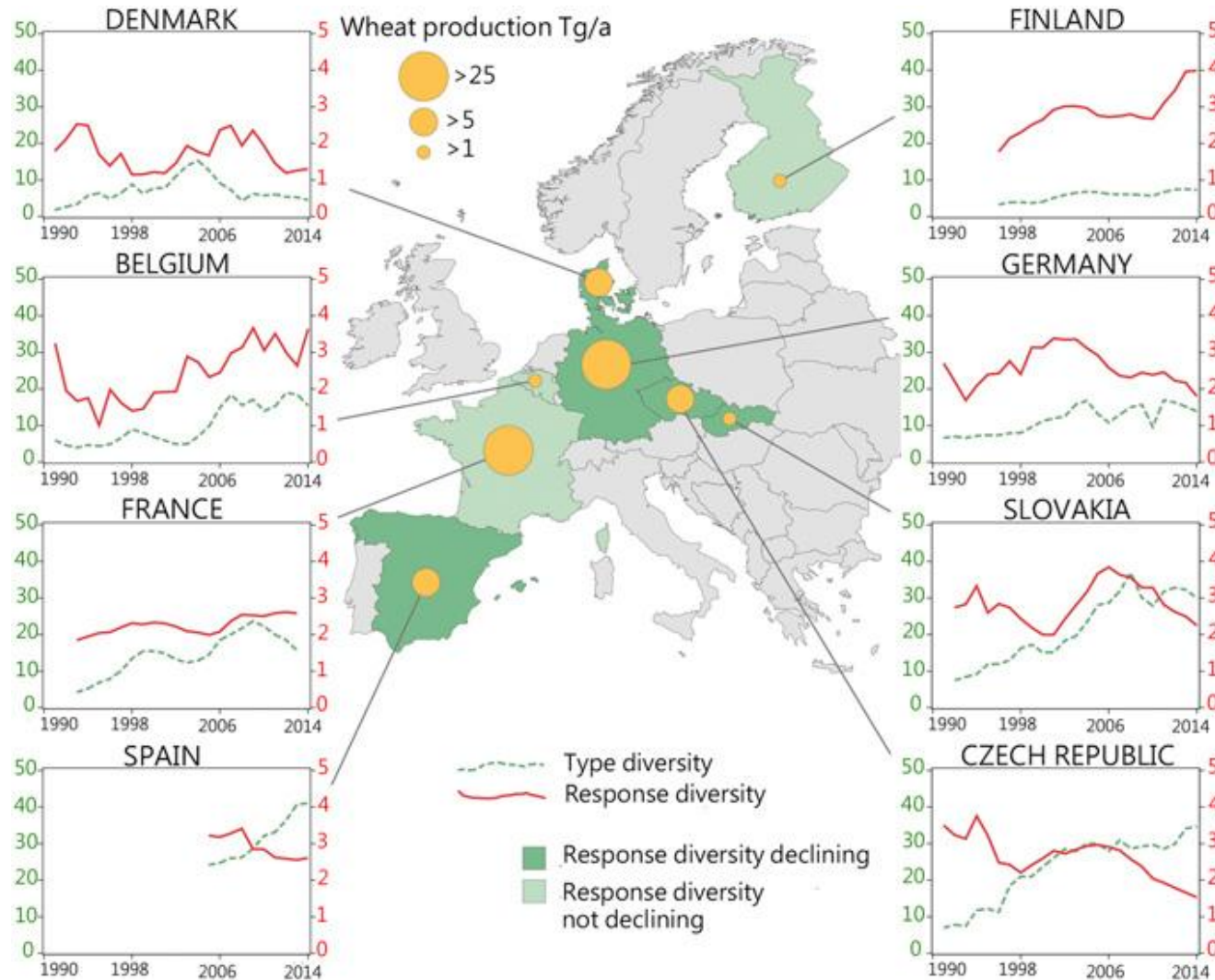
- Trigo de invierno solo con riego suplementario y siembras estándar o tempranas
- Trigo de primavera en seco o con riego suplementario, con siembras estándar o tempranas, cultivar estándar o más largo

Change in P (%)



Rodriguez et al. (2019)

# Más variedades, pero ¿más diversidad de respuesta a los estreses abióticos?

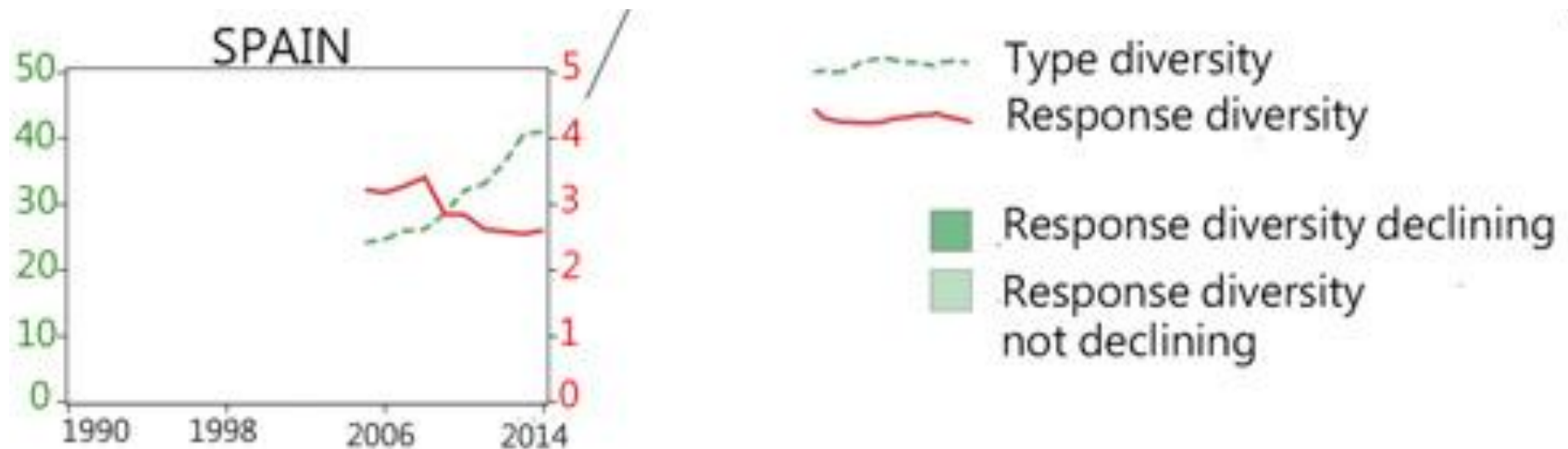




# Más variedades, pero ¿más diversidad de respuesta a los estreses abióticos?

**Type diversity:** cultivares genéticamente diferentes

**Response diversity:** el tipo de respuesta o comportamiento que tienen los cultivares frente al estrés

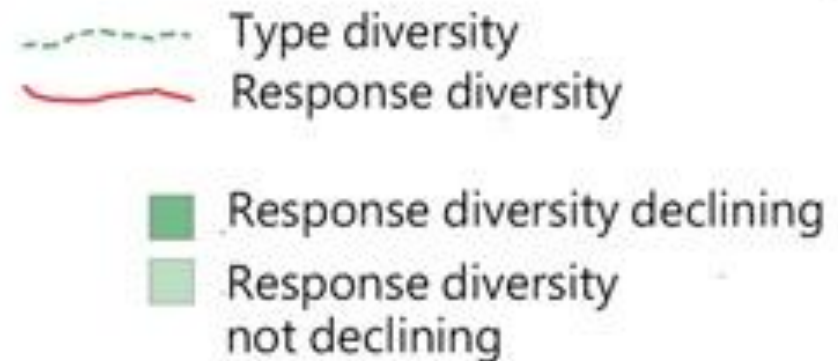
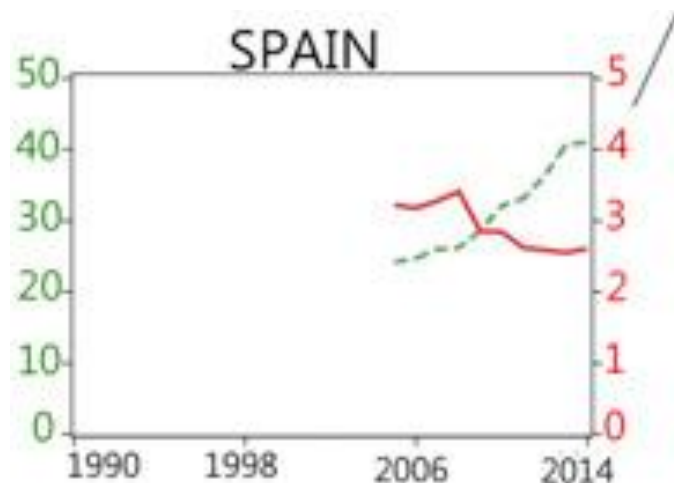


# Más variedades, pero ¿más diversidad de respuesta a los estreses abióticos?

**Type diversity:** cultivares genéticamente diferentes

**Response diversity:** el tipo de respuesta o comportamiento que tienen los cultivares frente al estrés

**¡Necesitamos mayor diversidad de respuesta!**



# Conclusiones

- La **adaptación**
  - Es **posible**
  - Tiene que ser **local**
  - Testar frente a **extremos**
  - Requiere testar muchas combinaciones de **manejo y cultivares** (fenología, componentes del rendimiento, resistencias)
  - Interacciona con la mitigación
  - Riego/secano
    - **Continuo desde el secano puro al regadío completo**
    - **El riego suplementario multiplica las opciones de adaptación**
    - ¿Disponibilidad de agua?
- Para producir información útil, la **incertidumbre**
  - Debe considerarse, reducirse e interpretarse: confianza
  - Es útil saber cuándo hay predictibilidad
- **Dinámica: variar al avanzar en el s. XXI**

# Trabajo futuro

- **Ampliar** el número de **simulaciones**
  - Más **cultivos**
  - **Más combinaciones**
  - **Más localidades en detalle**
- Profundizar en
  - Reducir/analizar la incertidumbre
  - Estudiar la influencia de **eventos extremos**
  - Análisis de la **variabilidad interanual y pronósticos de cosecha**
  - **Recomendaciones para la mejora genética**





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

ceigram

Gracias por su atención y discusión  
[margarita.ruiz.ramos@upm.es](mailto:margarita.ruiz.ramos@upm.es)

### Principales contribuyentes

Alfredo Rodríguez

Clara Gabaldón

Ignacio Lorite

Equipo MACSUR

Foto: PINDAL, Ruiz-Ramos (2014)