

webinar

AS ALTERAÇÕES
CLIMÁTICAS
E A CULTURA DO MILHO:
PRINCIPAIS DESAFIOS
E FERRAMENTAS
DE APOIO À DECISÃO

05 JUNHO 2025



10H00.
Abertura



12H30.
Encerramento

Alterações Climáticas:
que perspectivas para
os próximos anos?

Ricardo Trigo (FCUL)

As principais pragas emergentes

Nuno Faria (InnovPlantProtect)

Alterações Climáticas:
como nos podemos adaptar?
O exemplo espanhol

Ignacio Lorite (IFAPA, Junta de Andalucía)

Plataforma Agroclimática -
Ferramenta de apoio à decisão

Ricardo Dese (IPMA)

Boletins com as Recomendações
de Rega para o Milho -
Campanha 2025

Marta Santos (COTR)

Alterações Climáticas: como nos podemos
adaptar? O exemplo espanhol

Cambio Climático: ¿cómo podemos
adaptarnos? El ejemplo español

Ignacio J. Lorite Torres

El cambio climático sobre la agricultura del sur de Europa

- El cambio climático en el sur de Europa, asociado a un **incremento en la concentración de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera**, implicará:

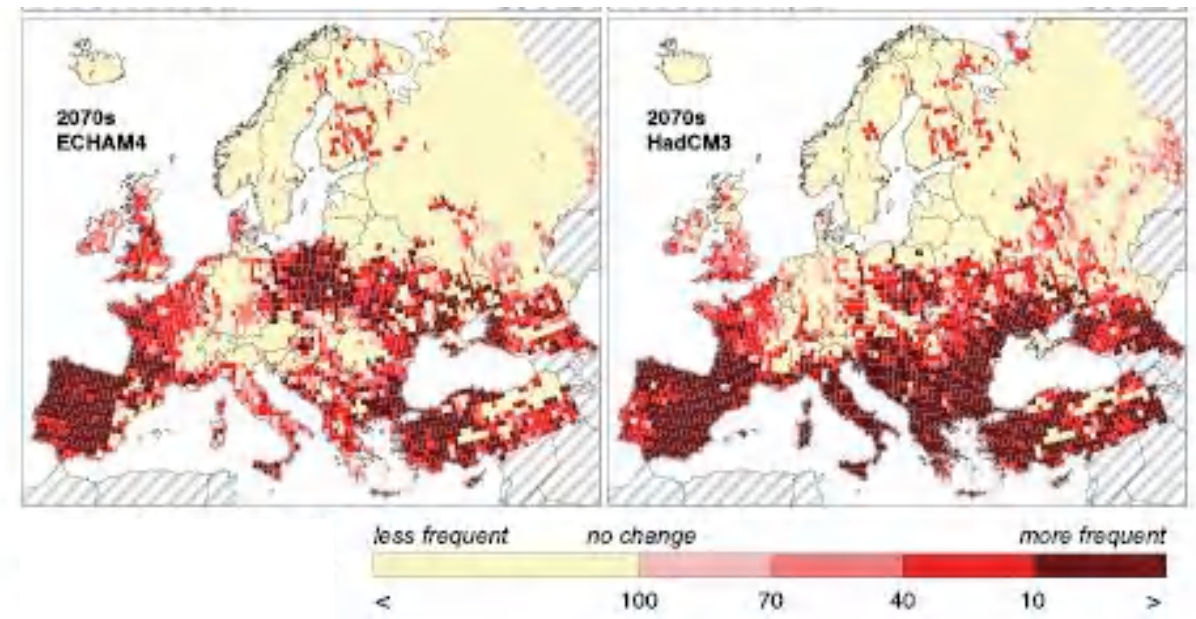
- Incremento en las temperaturas
- Aumento de la frecuencia de sequías

- Generando:

- Frecuentes eventos de estrés hídrico y térmico
- Cambios en la fenología de los cultivos
- Incrementos en la eficiencia en el uso del agua

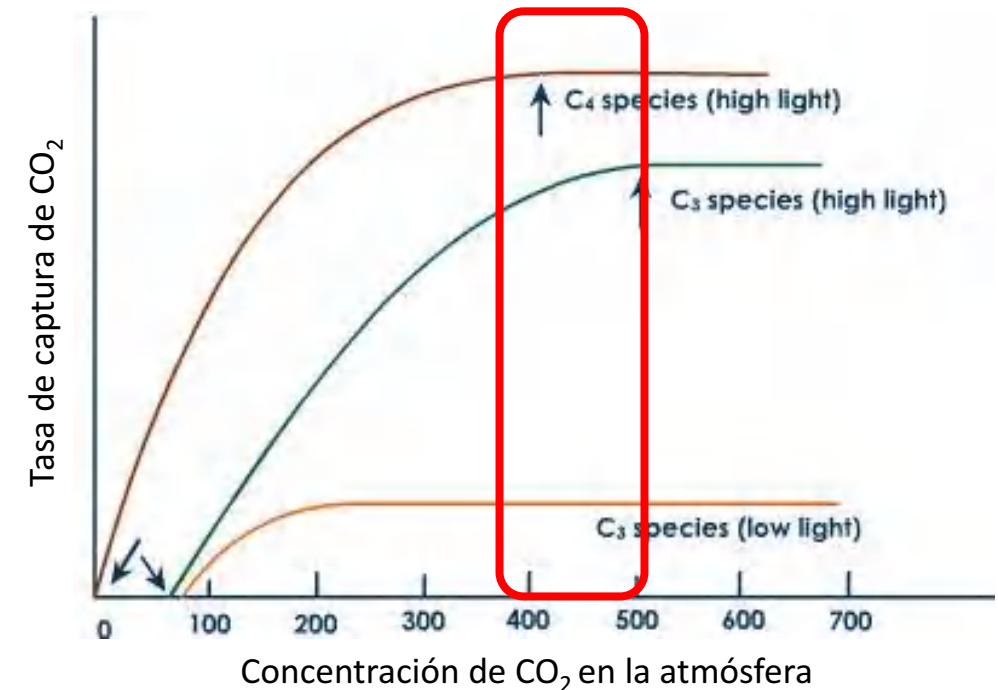
- En relación a las **necesidades de riego de los cultivos**, estas se verán afectadas por todos los procesos anteriores, y en cultivos herbáceos, además, por la **fecha de siembra y la longitud del ciclo del cultivo**

Periodo de retorno de episodios de sequía



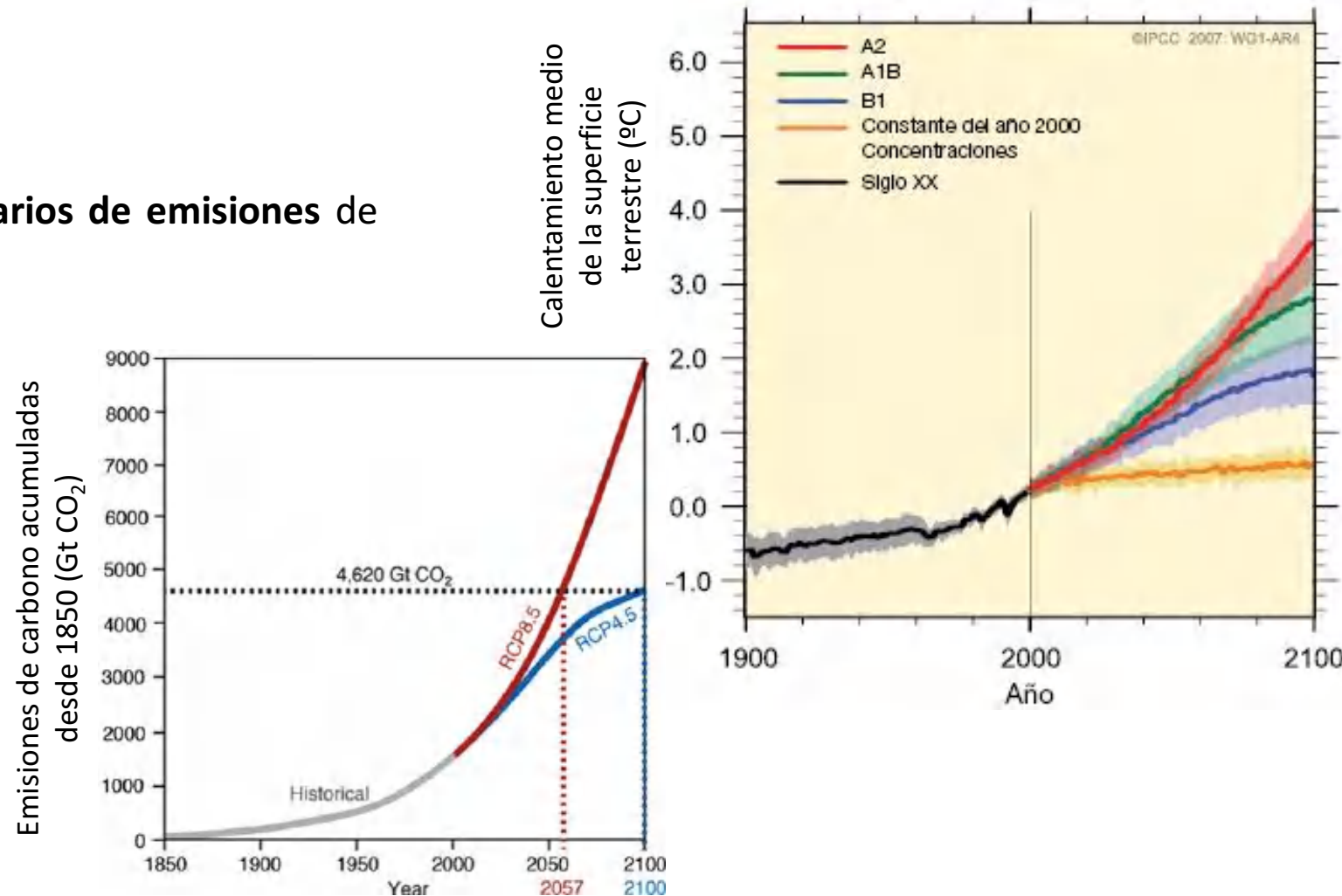
El cambio climático sobre la agricultura del sur de Europa

- El **incremento de la concentración de CO_2** tendrá un papel muy importante sobre las **producciones y las necesidades de riego**, pero no será igual en todos los cultivos (C_3 vs. C_4)
- Los primeros resultados **muestran reducciones en las producciones de maíz, con cambios poco significativos en las necesidades de riego**, requiriendo en muchos casos implantar **medidas de adaptación** para asegurar la sostenibilidad de estos sistemas agrícolas
- Para determinar el **impacto del cambio climático y medidas de adaptación** que reduzcan este, la **modelización climática** y la **modelización de los cultivos** serán dos pilares fundamentales



Modelización climática

- Los **modelos climáticos** se basan en **escenarios de emisiones** de gases efecto invernadero
- Así, en función del **escenario de emisiones** (SRES/RCP), el incremento de temperaturas será mayor o menor, si bien con todos los escenarios se detecta un **incremento en las temperaturas**

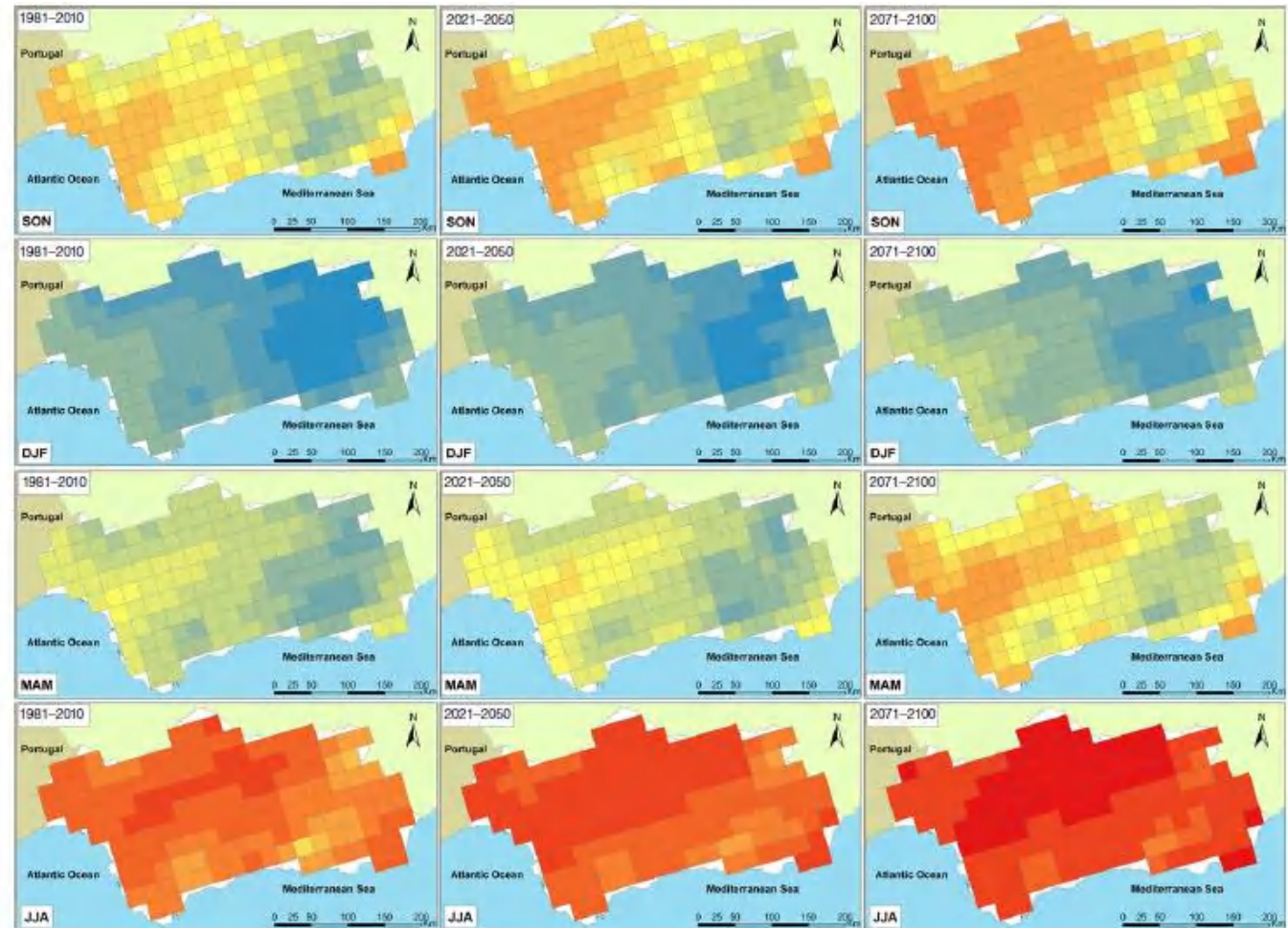


Modelización climática

- Algunos modelos climáticos permiten una caracterización del clima futuro bastante precisa, llegando a **resoluciones espaciales de hasta 5 km**



- Sin embargo, muchos modelos, incluso los más avanzados, presentan una resolución mucho peor, llegando a **40 x 50 km**



$T_{media} (^{\circ}C)$

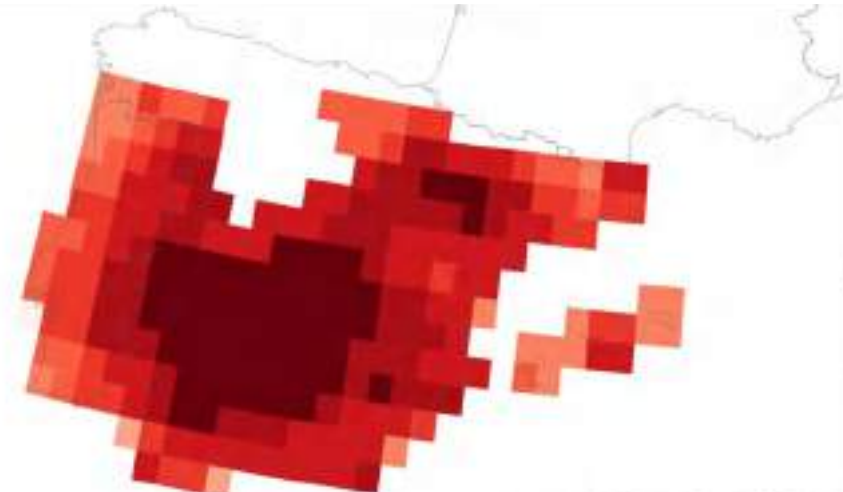
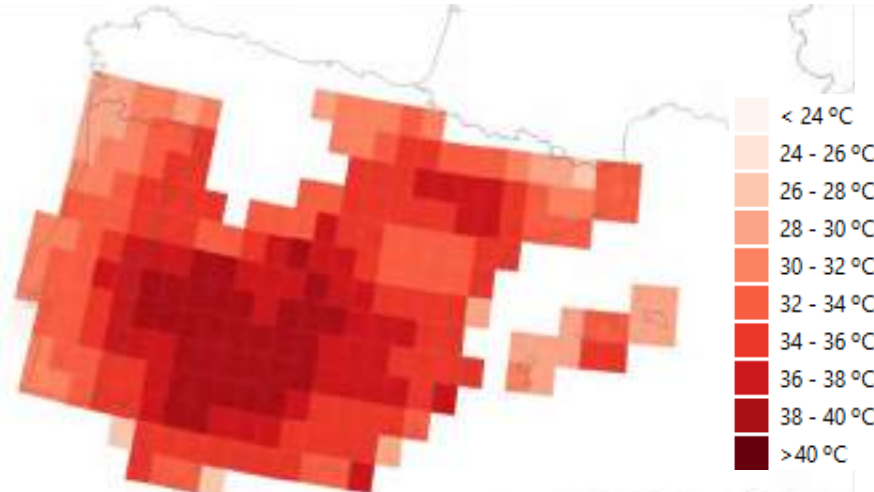


Modelización climática

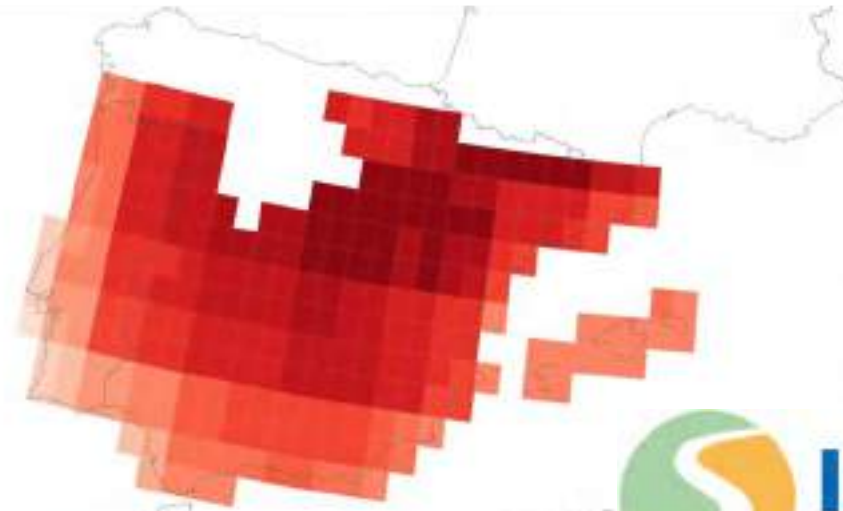
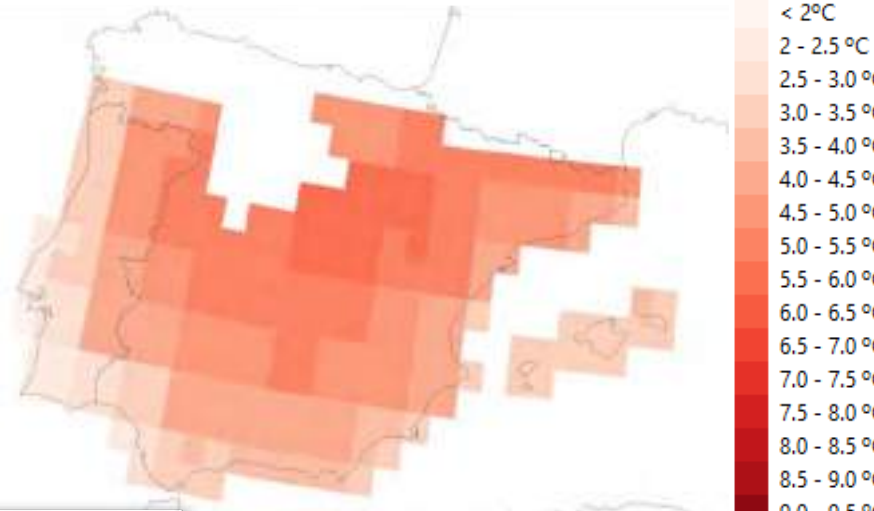
Futuro Cercano

Futuro Lejano

**Temperatura
máxima (medias)**



**Cambios en
temperatura
máxima respecto
Control**



Modelización del comportamiento de los cultivos

- La **experimentación** en **condiciones climáticas actuales y futuras** constituye la base para conocer el comportamiento de los cultivos en el futuro
- Son múltiples **los modelos de cultivo** empleados y todos ellos se basan en esta **experimentación**
- La **integración de modelos climáticos y de cultivo** son la base para determinar el impacto del cambio climático sobre los cultivos y medidas de adaptación



simplace

AQUACROP

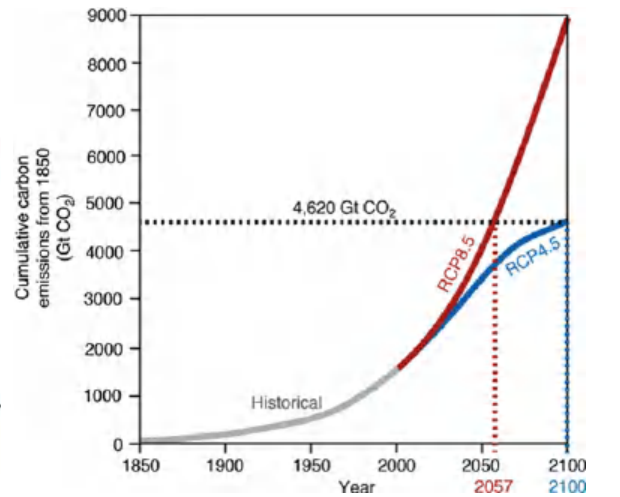
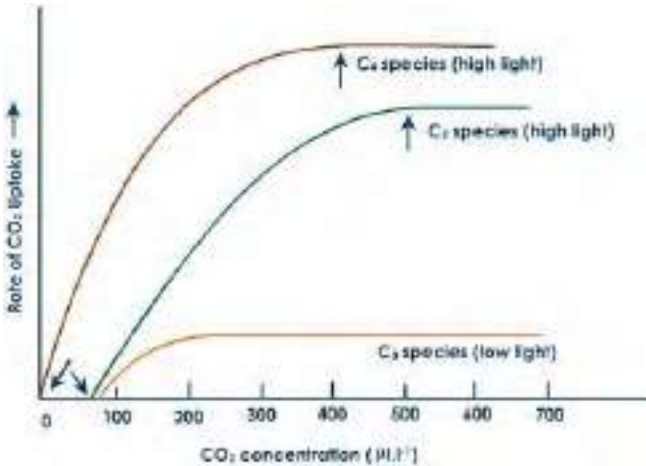
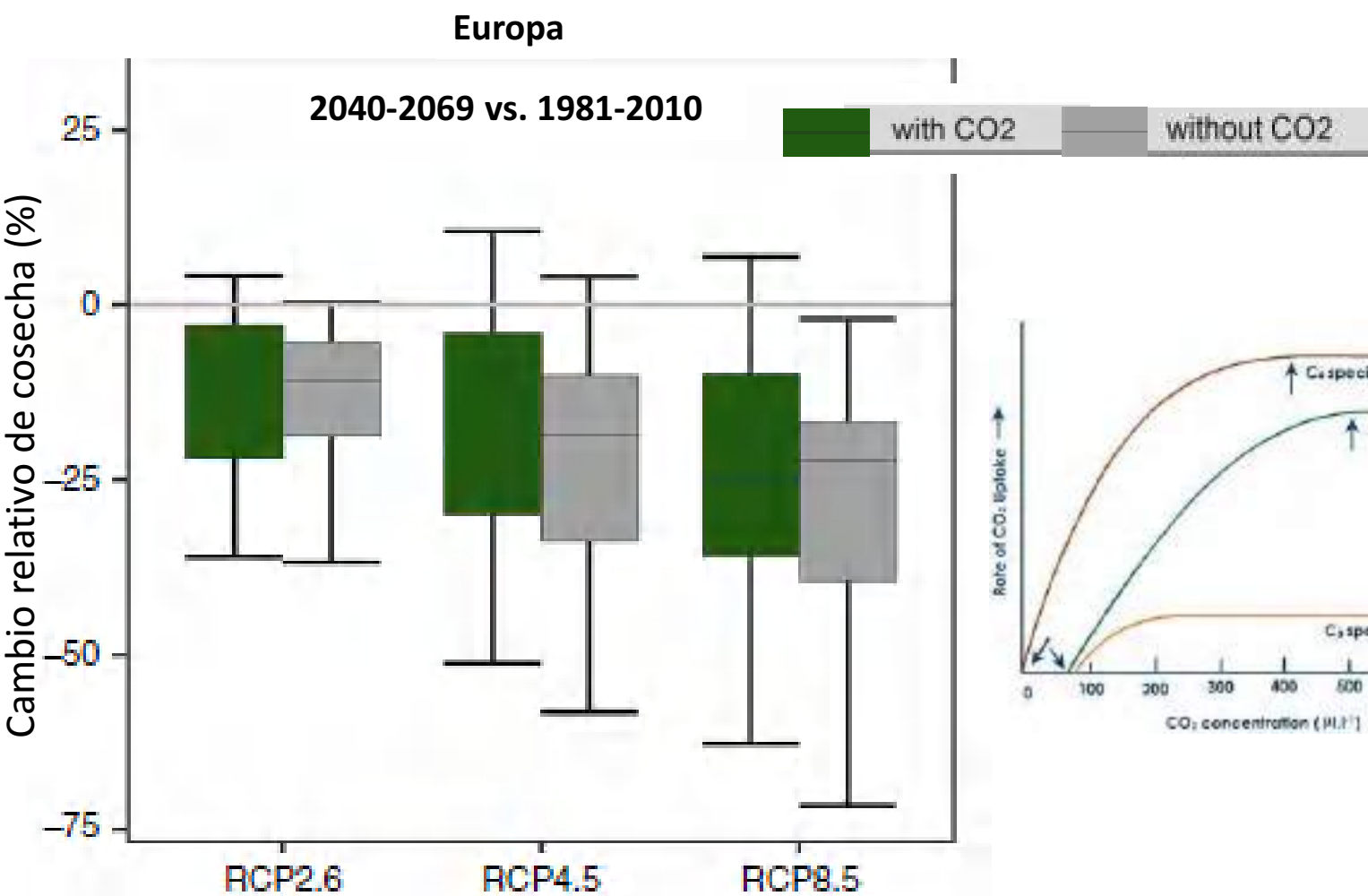
monica



Impacto del cambio climático sobre el cultivo del maíz

Producción

Maíz

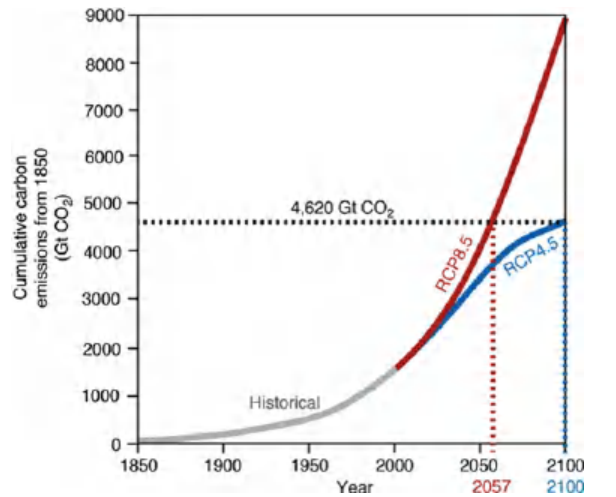
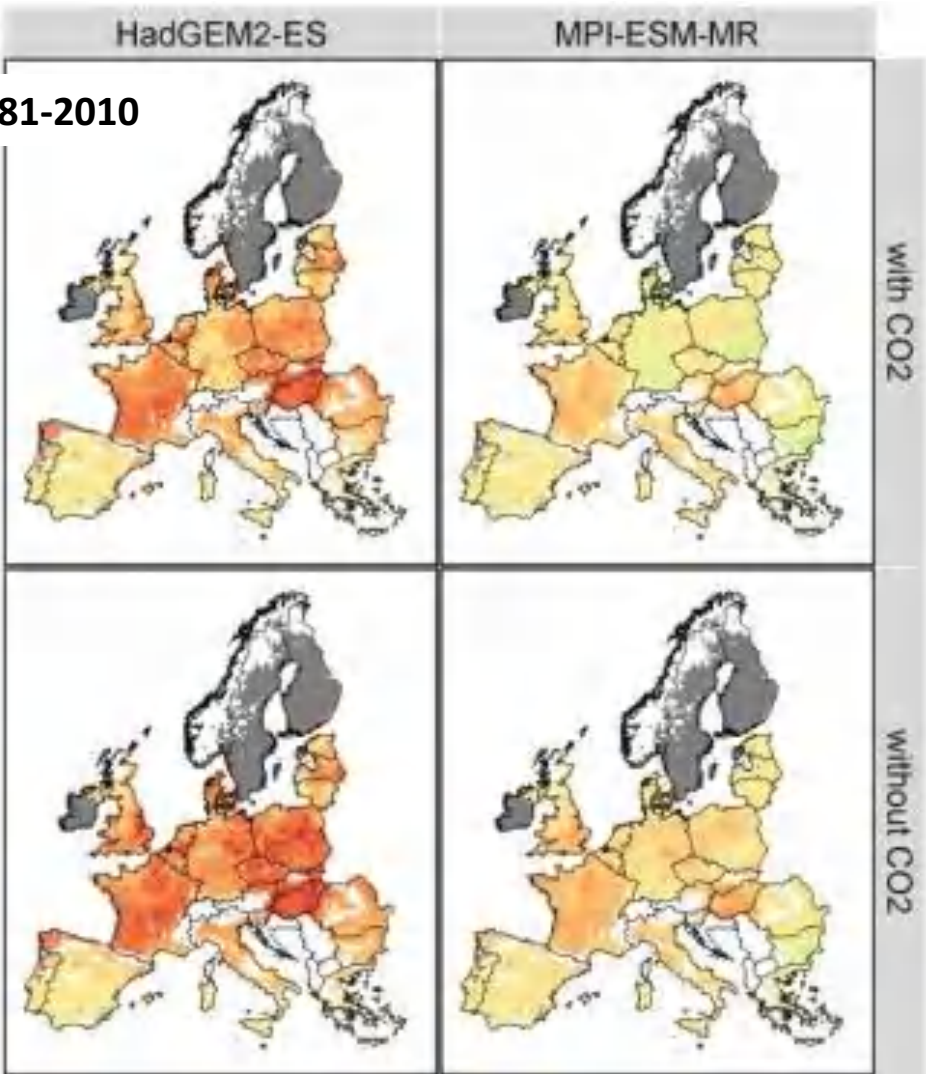
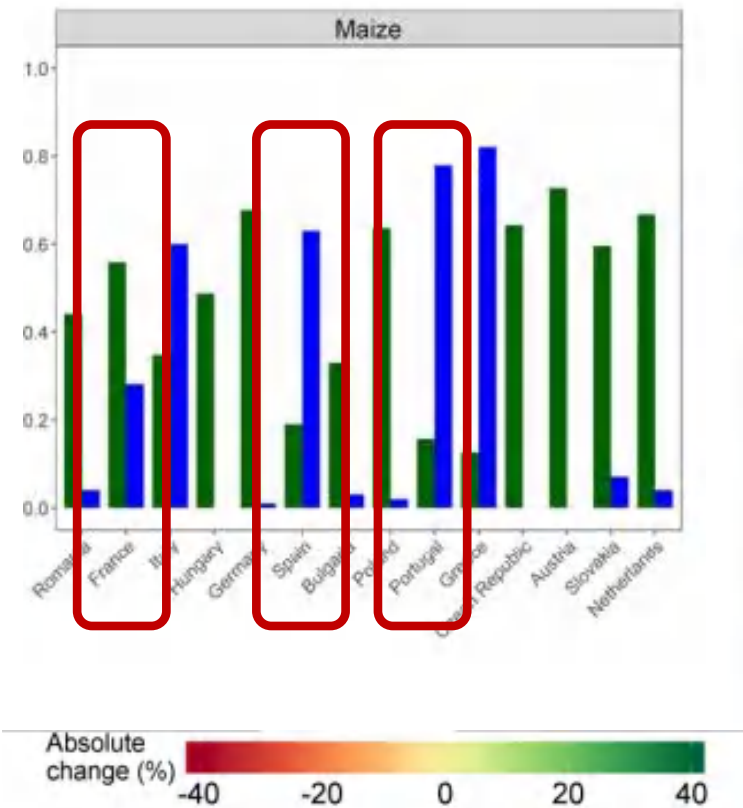


Producción

Maíz

RCP4.5

2040-2069 vs. 1981-2010

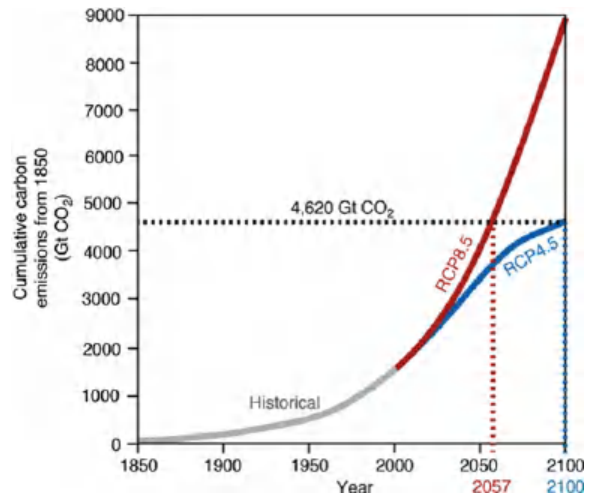
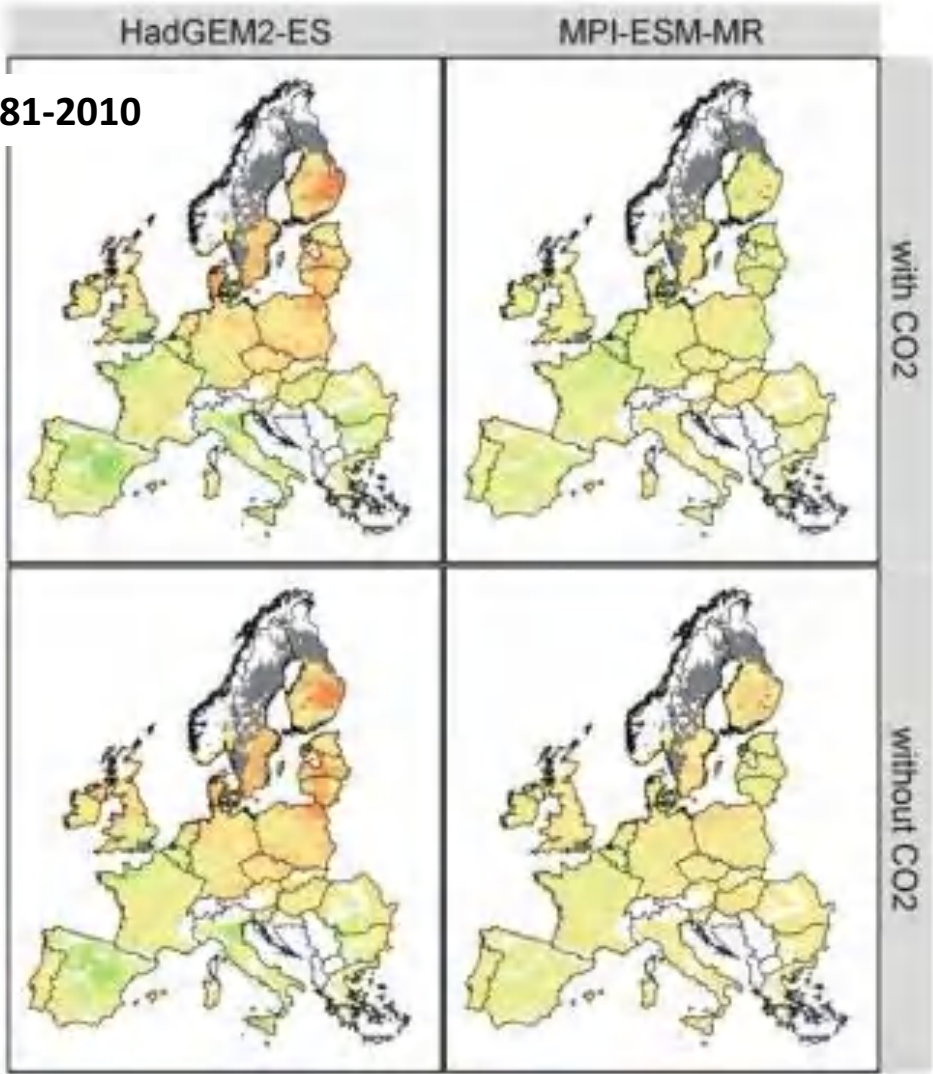
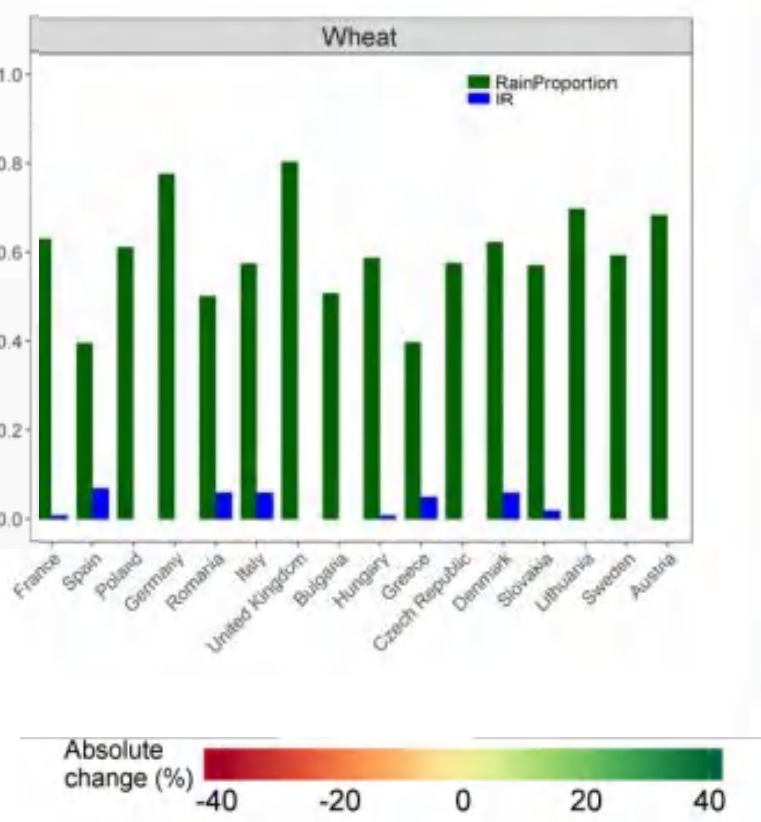


Producción

Trigo

RCP4.5

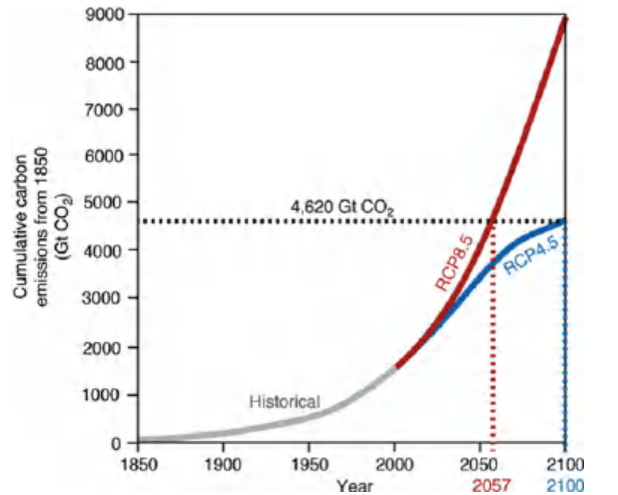
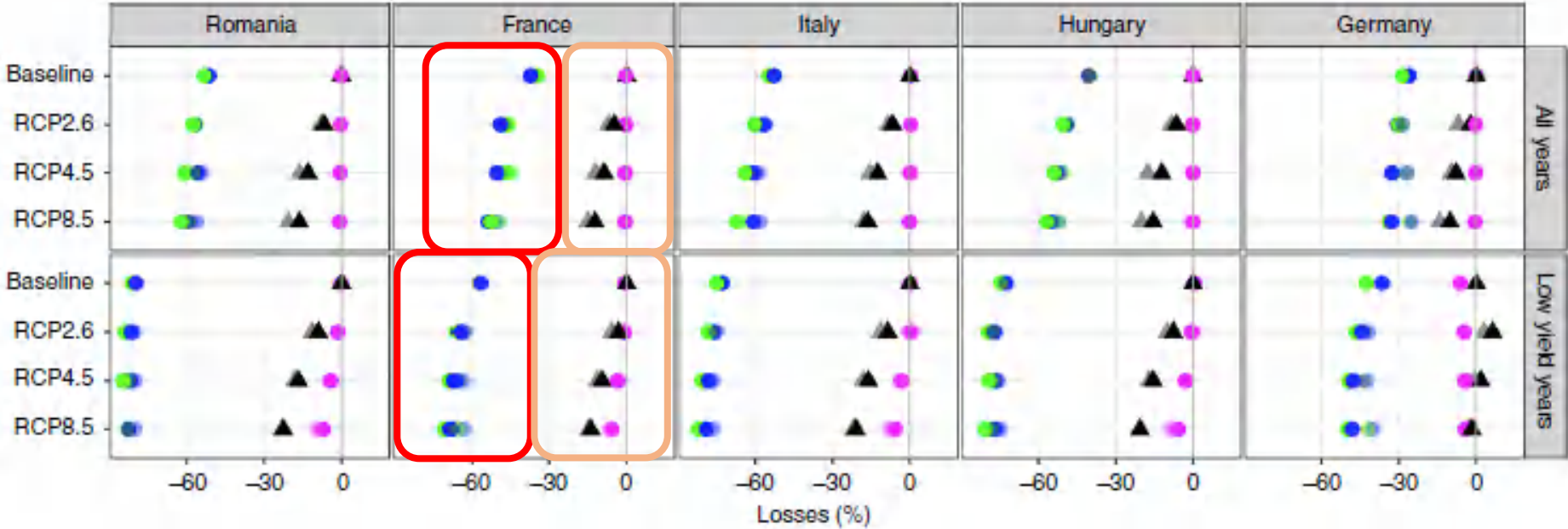
2040-2069 vs. 1981-2010



Causas de la caída de la producción

Maíz

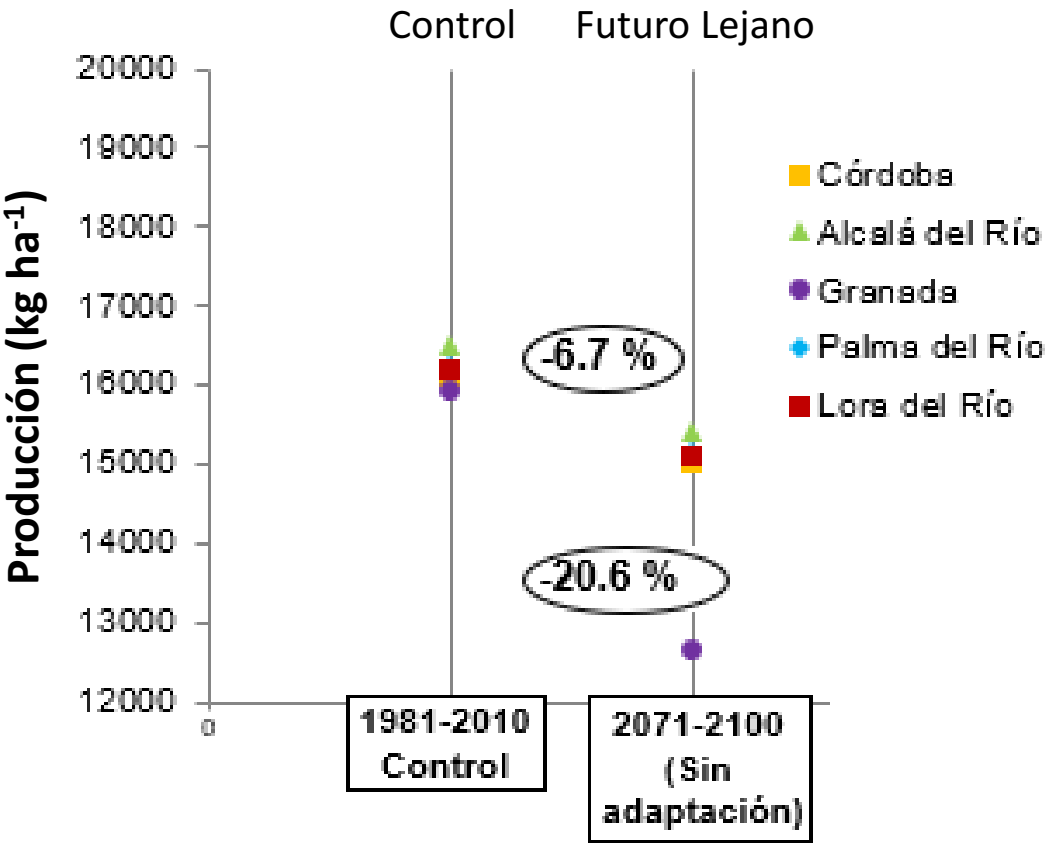
Sistemas de maíz en secano



— MeanT — Drought — Heat — DroughtHeat — No CO₂ — w CO₂ ▲ Relative to baseline potential ● Relative to scenario potential

Producción

Maíz



Maíz en regadío variedad Helen (FAO 700)

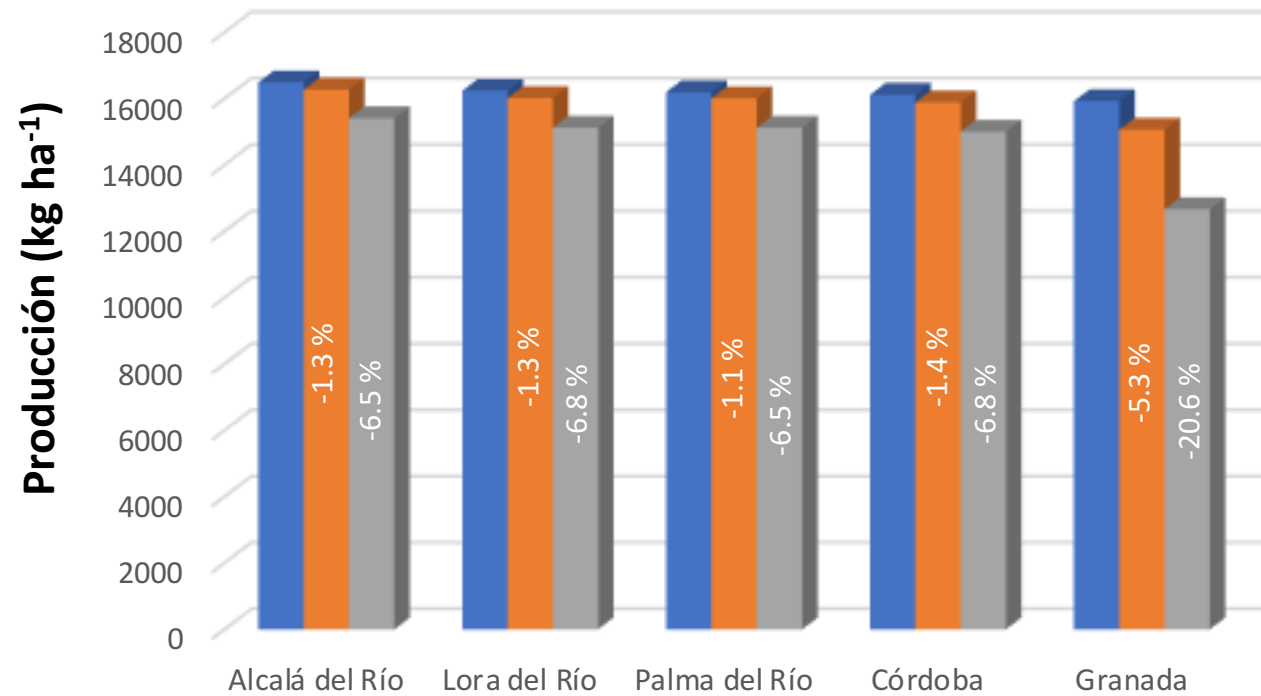
Producción

Maíz



Reducción de la producción en 2021-2050 (1.1 – 5.3%)

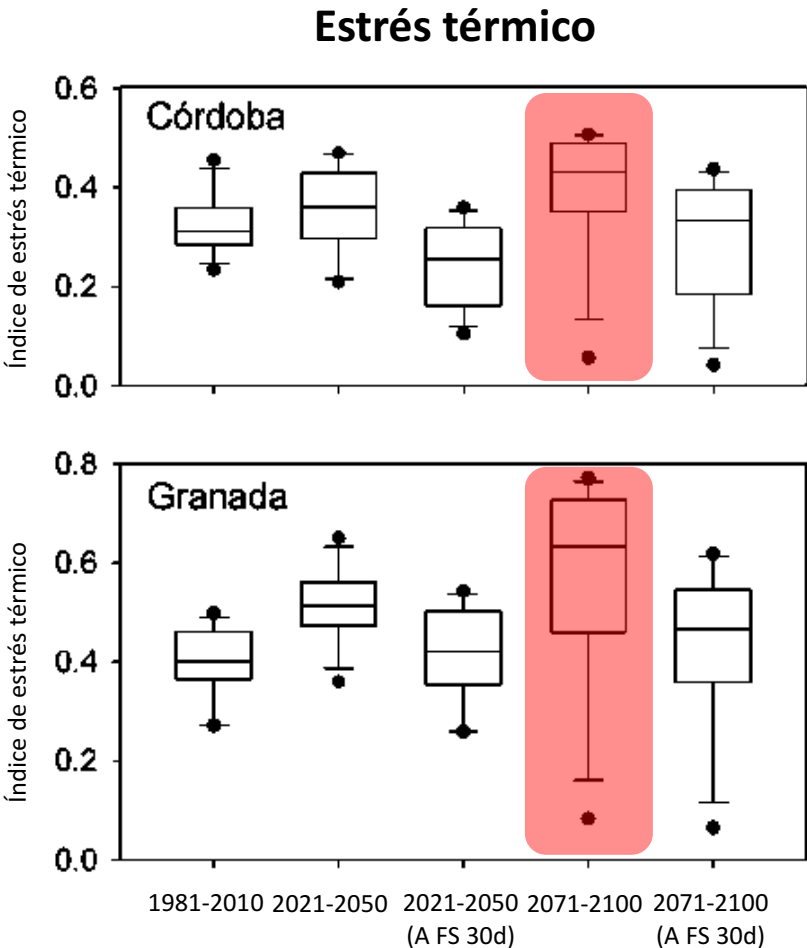
Reducción significativa de la producción en 2071-2100 (>20 %)



Maíz en regadío variedad Helen (FAO 700)

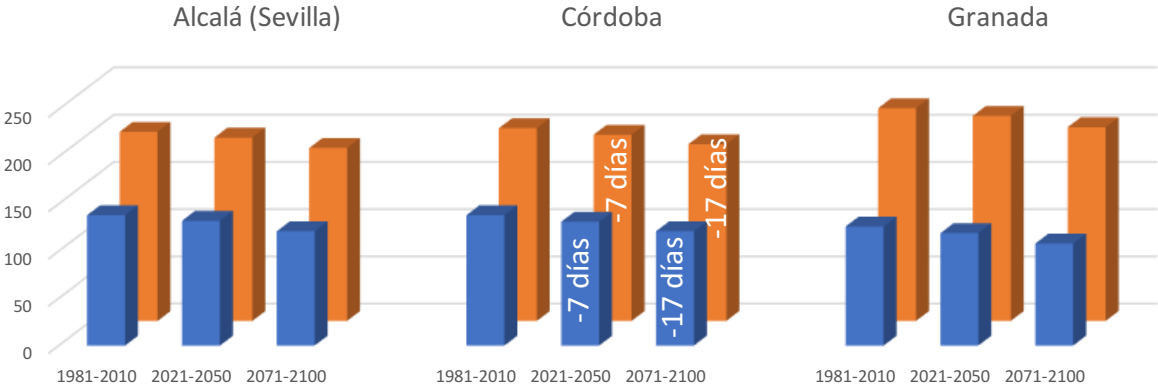
Causas de la caída de la producción

Maíz

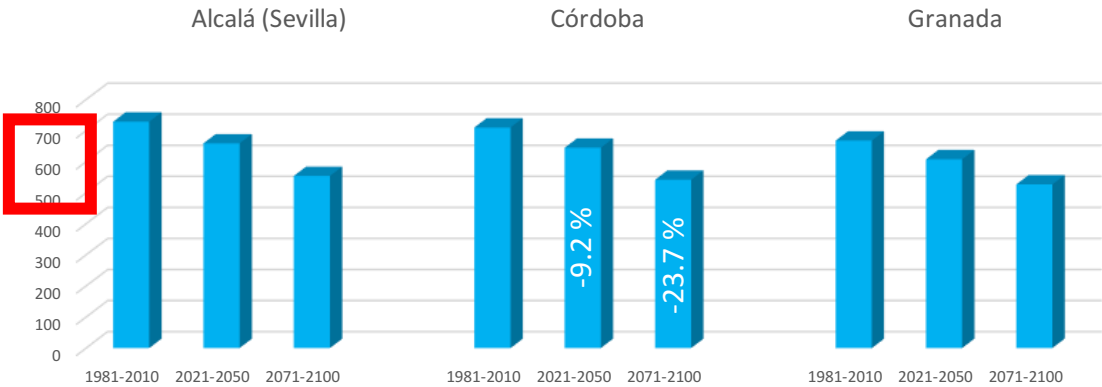


Cambios en la fenología, necesidades de riego y productividad

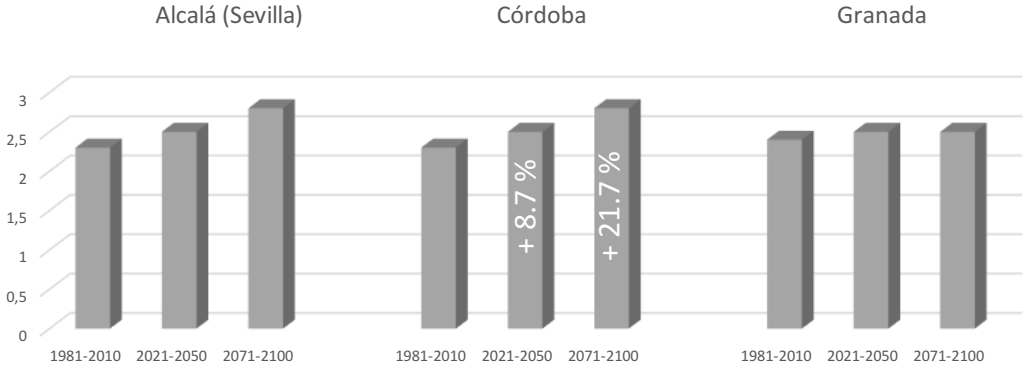
Maíz



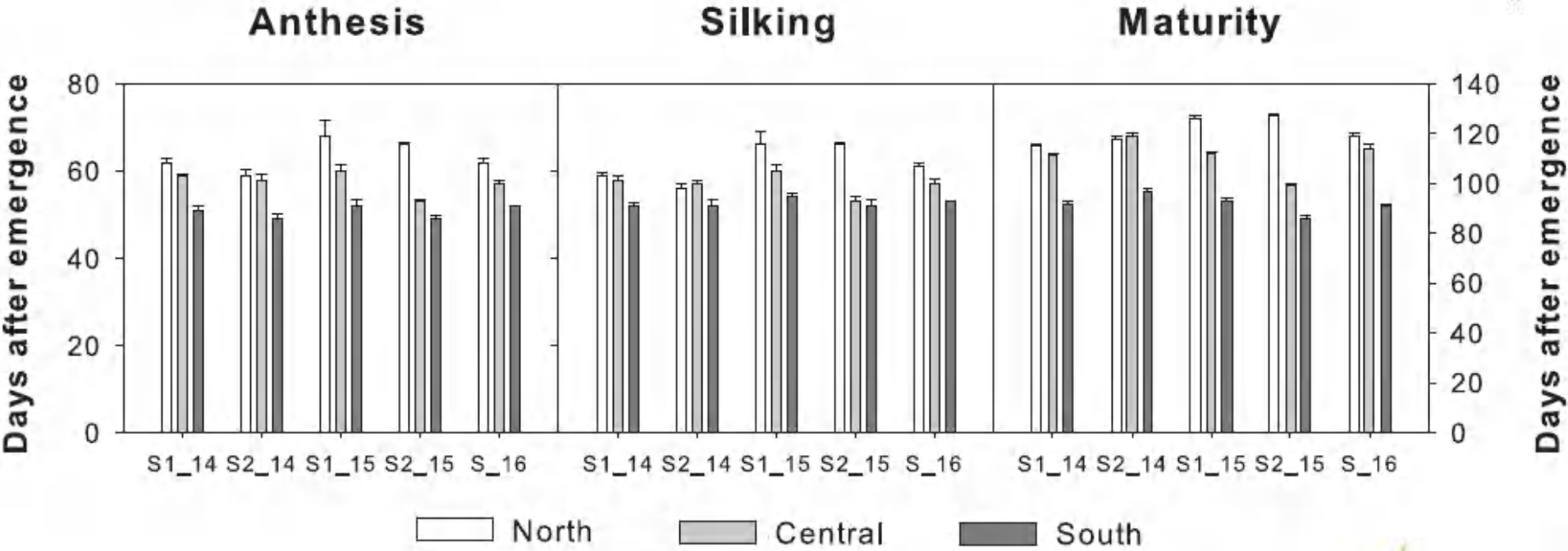
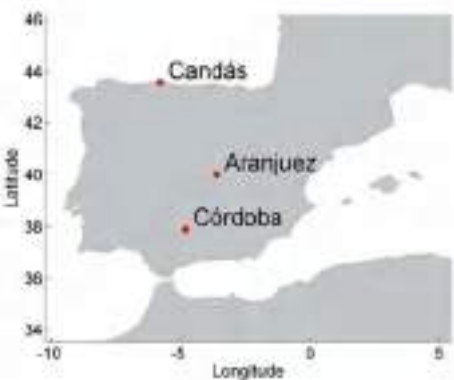
Necesidades de riego



Productividad del agua de riego

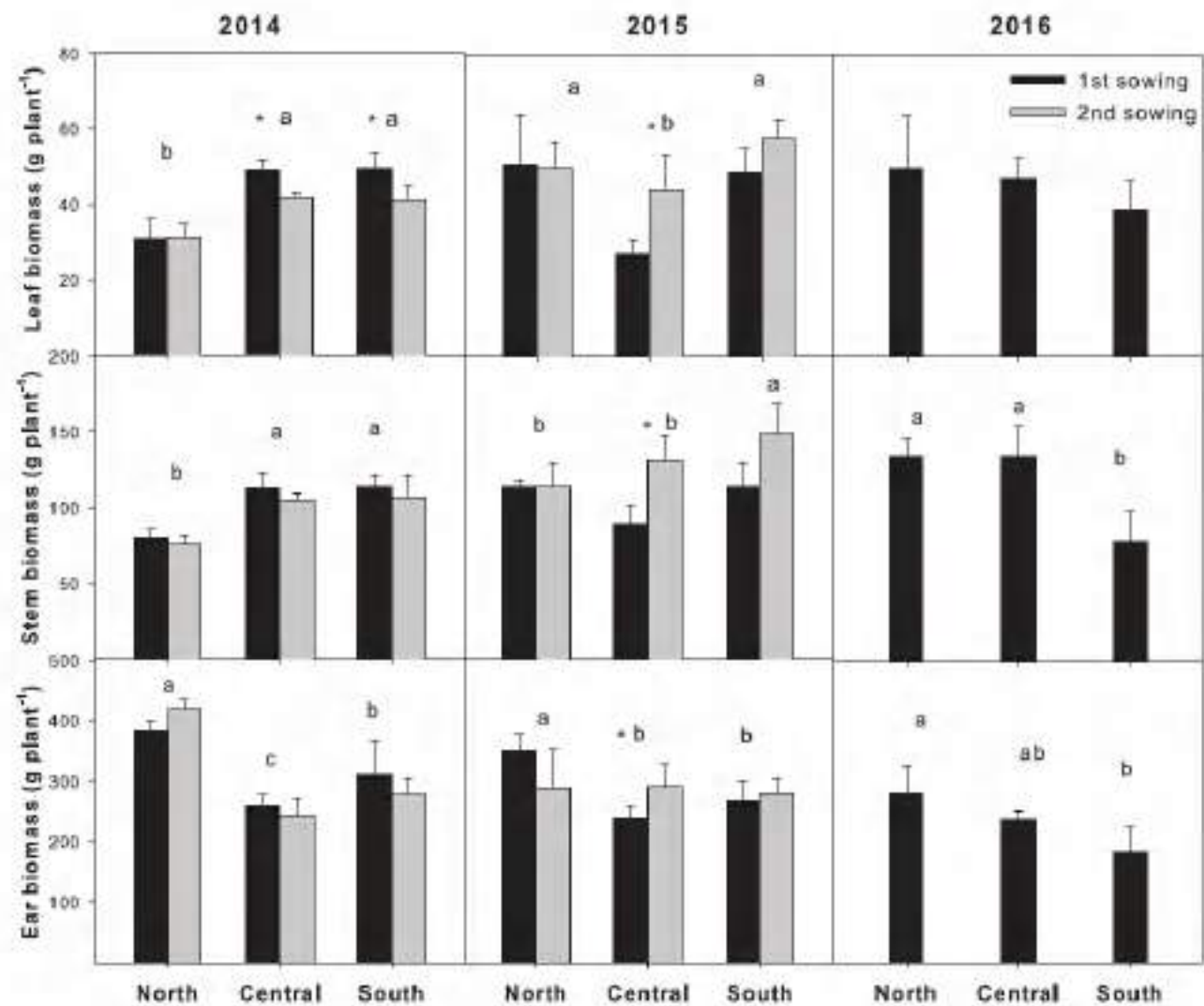


Fenología
Maíz



Hybrid PR37N01 (FAO 300)

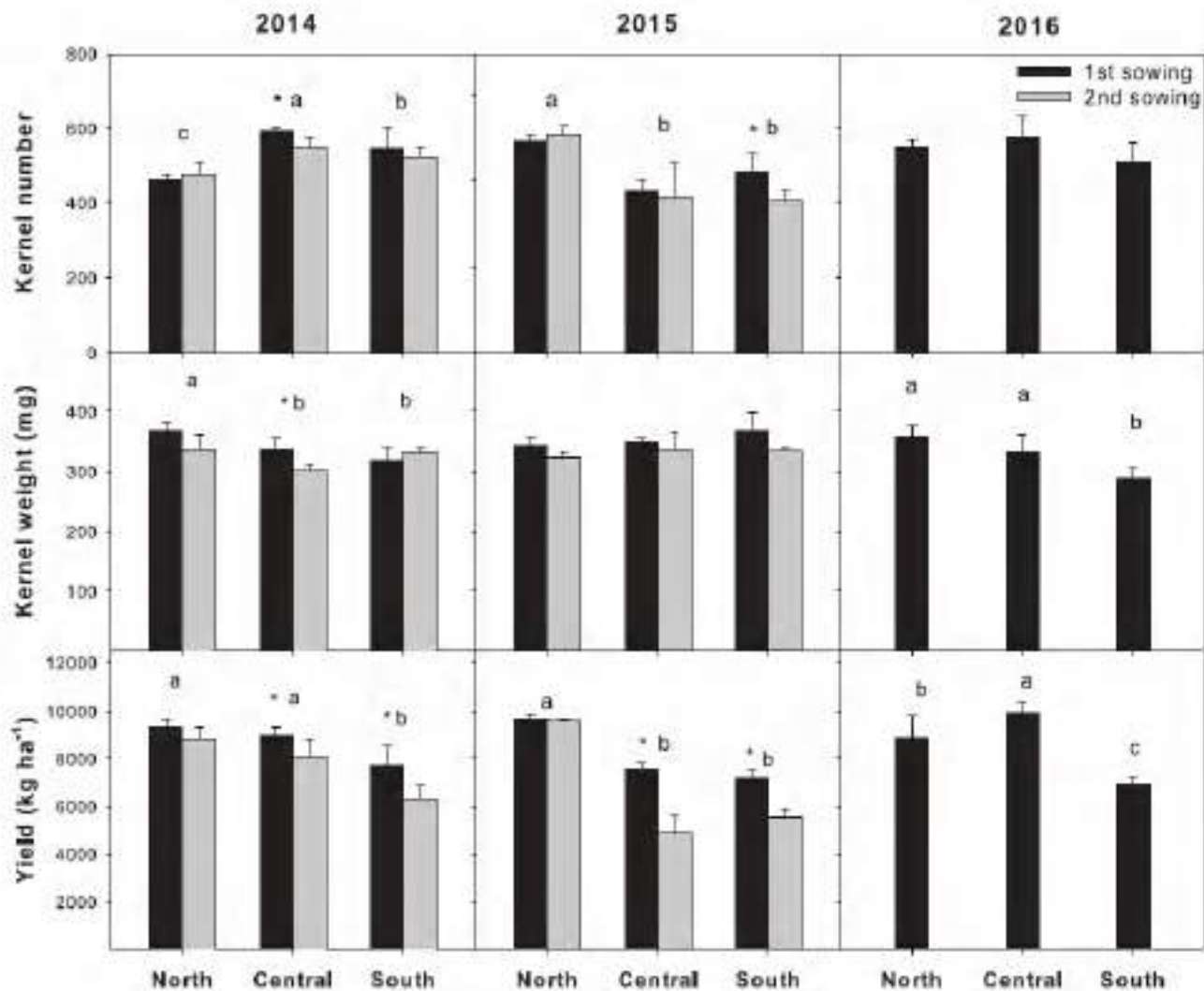
Biomasa
Maíz



Hybrid PR37N01 (FAO 300)

Producción

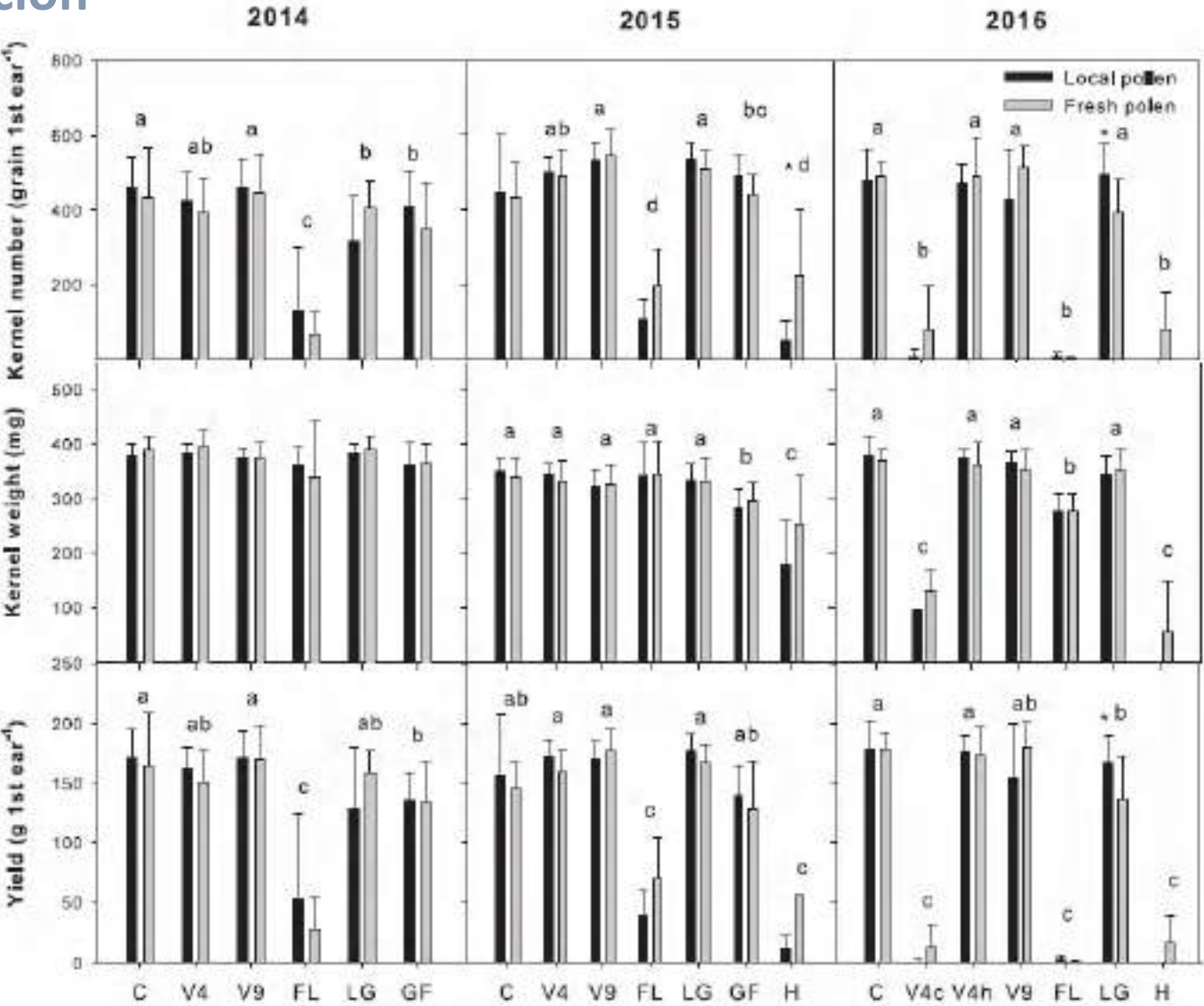
Maíz



Hybrid PR37N01 (FAO 300)

Producción

Maíz



- C Control (25°C)
- V4 Golpe Calor (35°C) en V4
- V9 Golpe Calor (35°C) en V9
- FL Golpe Calor (35°C) en Antesis
- LG Golpe Calor (35°C) en Post-Polinización
- GF Golpe Calor (35°C) en Llenado Grano
- H Calor en todo el ciclo (35°C)



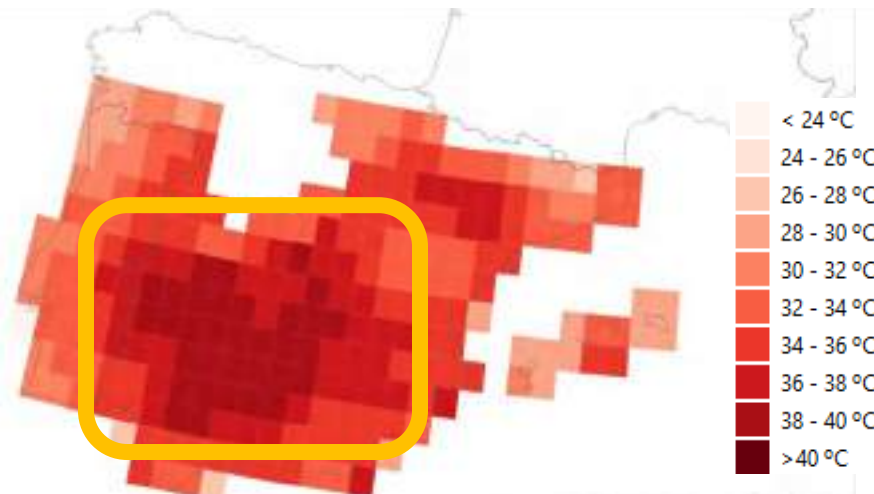
Hybrid PR37N01 (FAO 300)

Medidas de adaptación al cambio climático en el cultivo del maíz

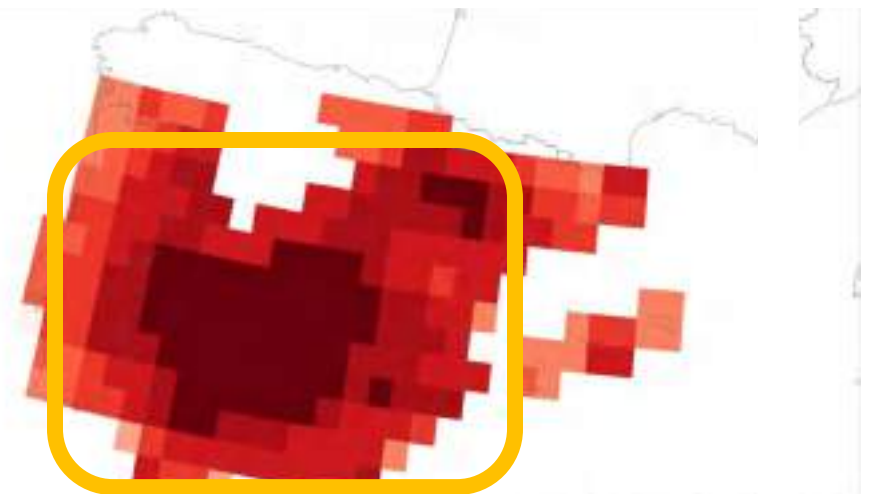
Delimitación de zonas vulnerables para el cultivo del maíz en el futuro

Temperatura
máxima (medias)

Futuro Cercano

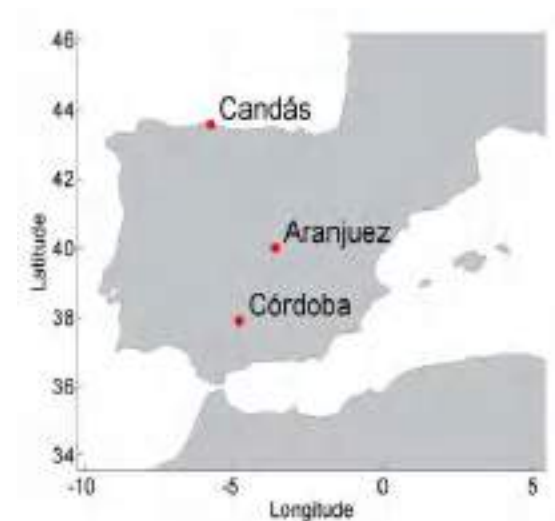
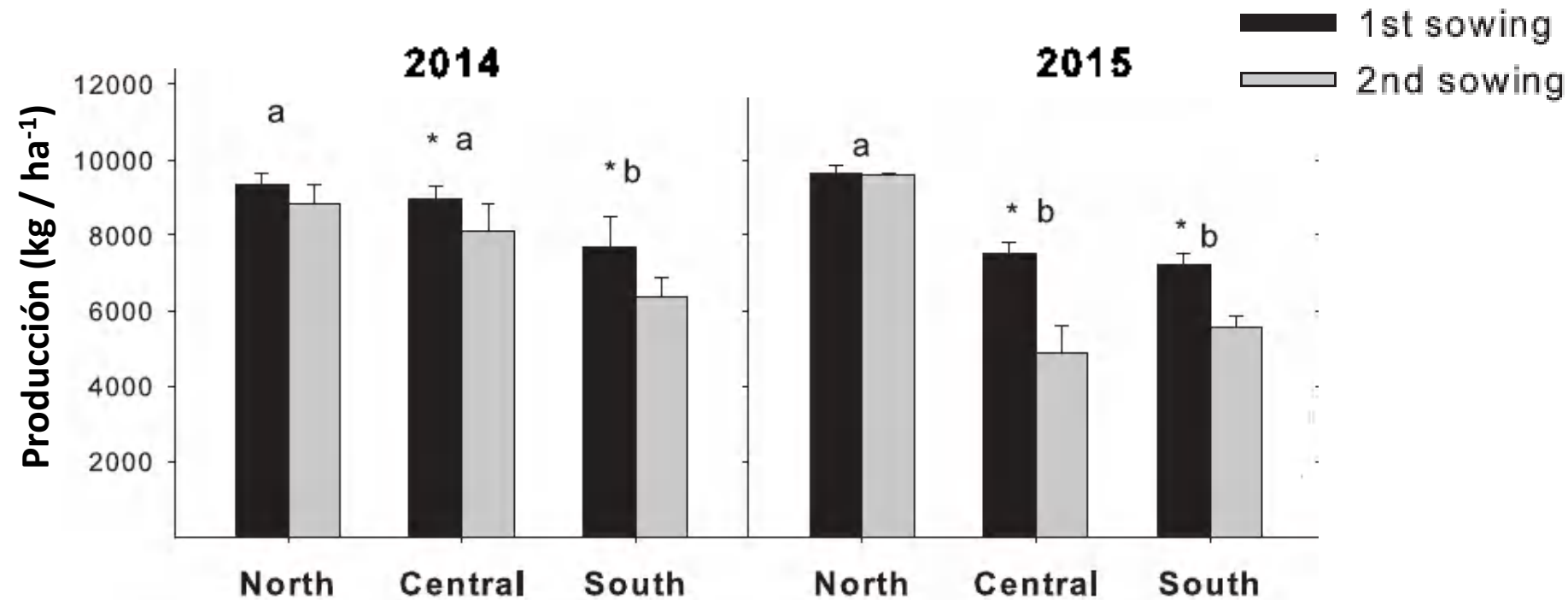


Futuro Lejano



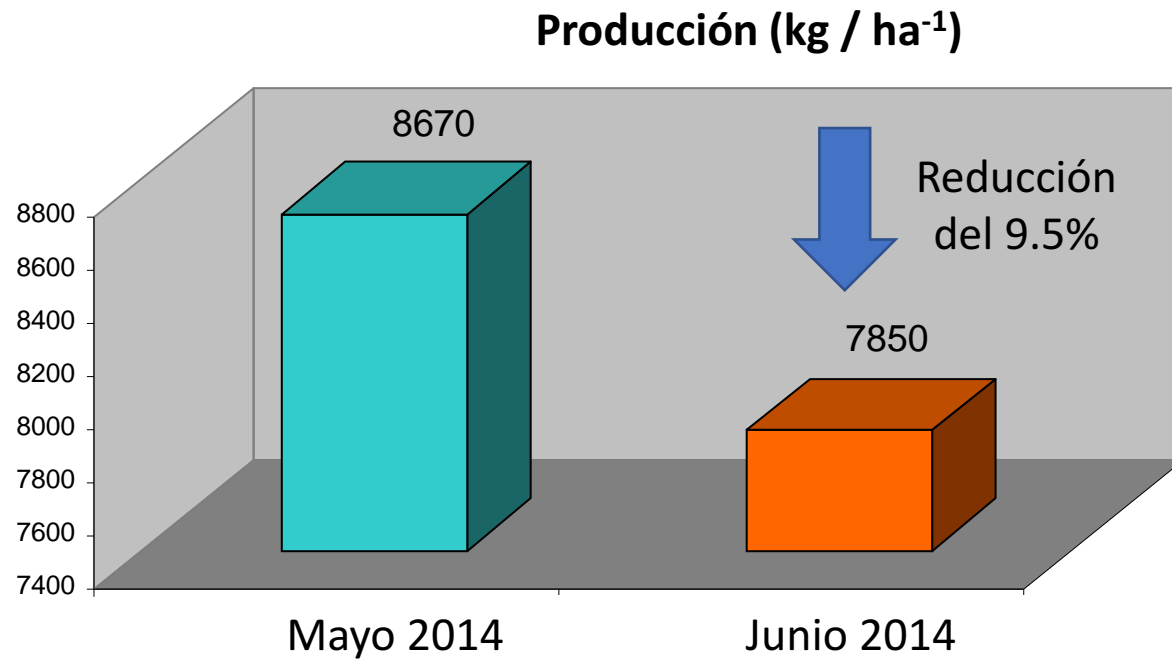
Efecto de la fecha de siembra (7N – 16CS días)

Maíz



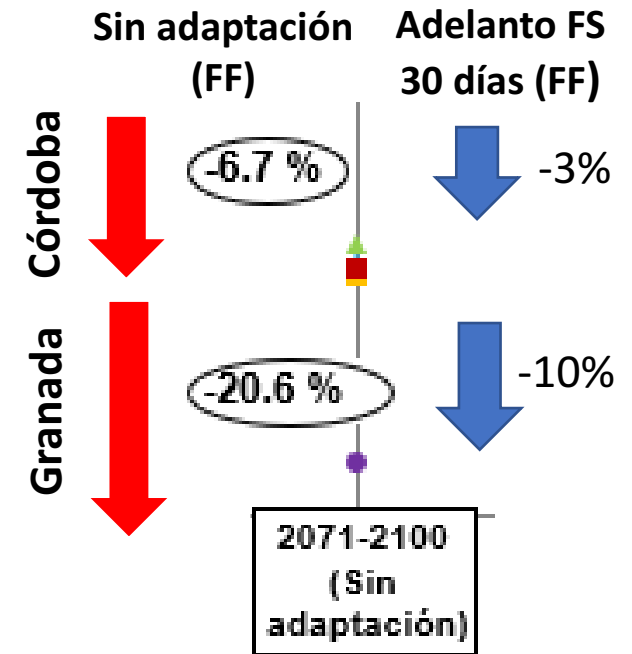
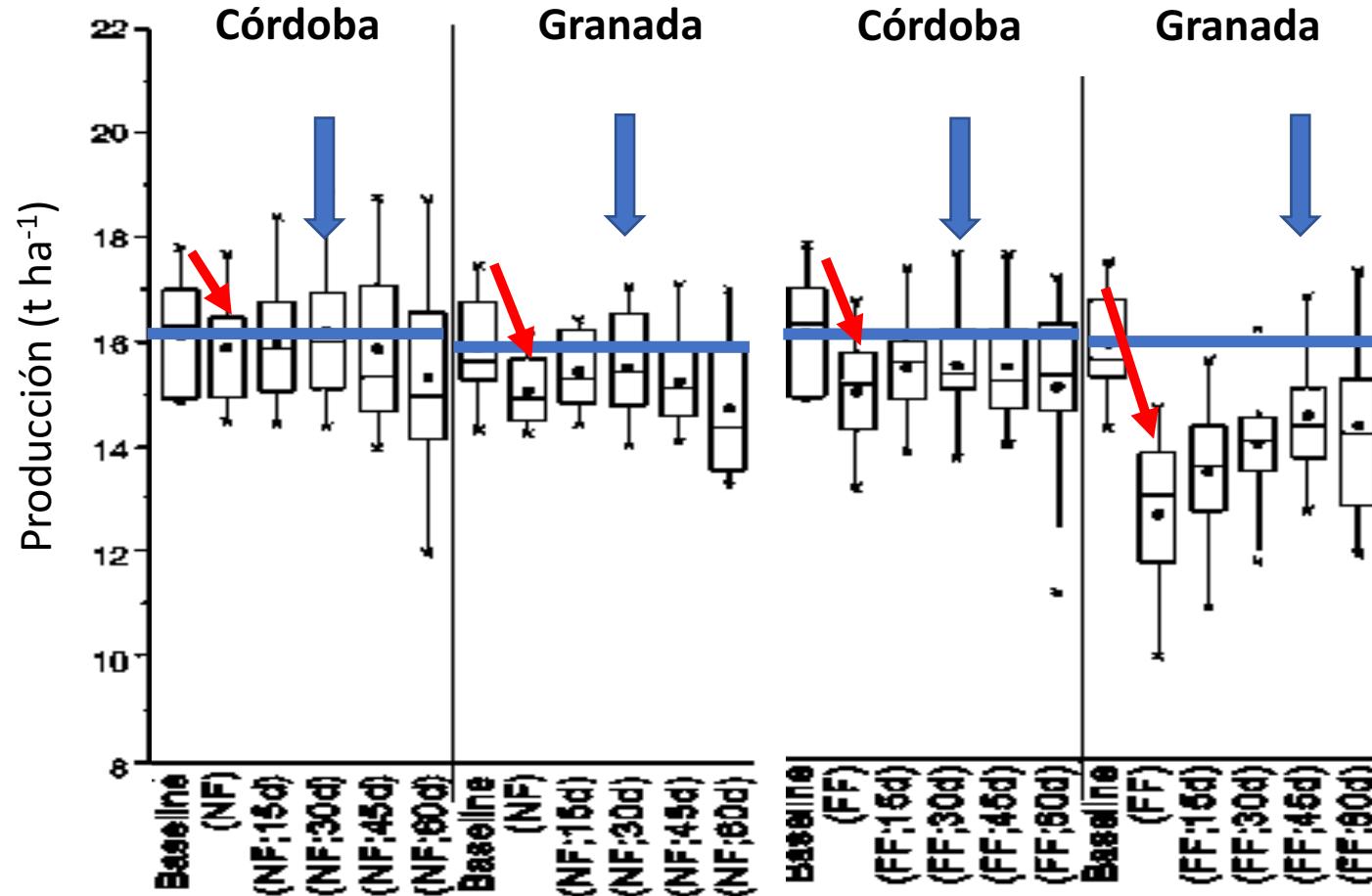
Efecto de la fecha de siembra (30 días)

Maíz



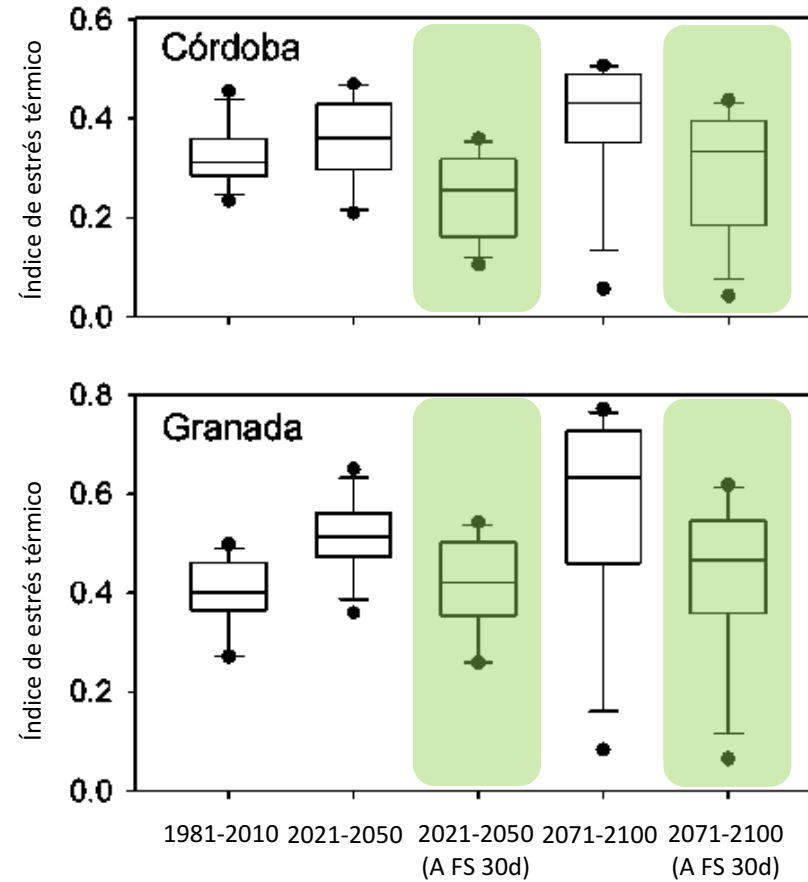
Adelanto de la fecha de siembra

Maíz



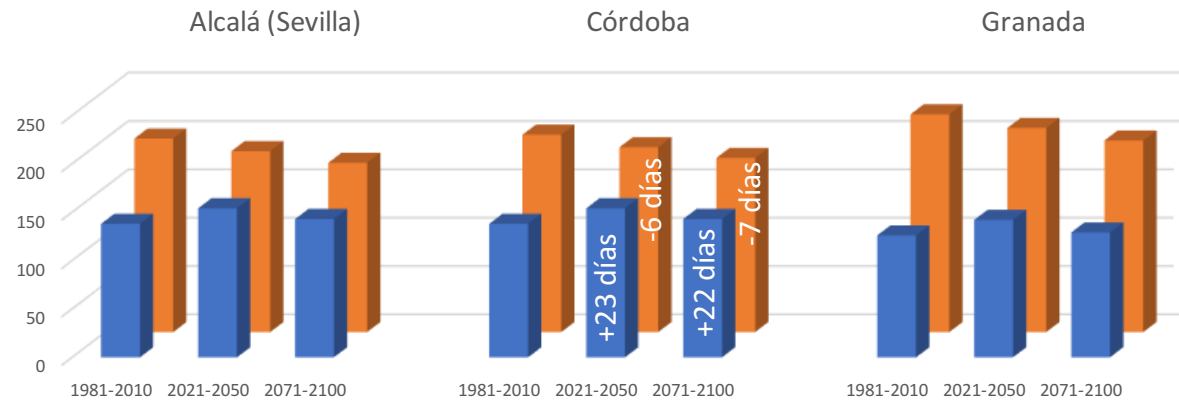
Adelanto de la fecha de siembra (30 días)

Maíz



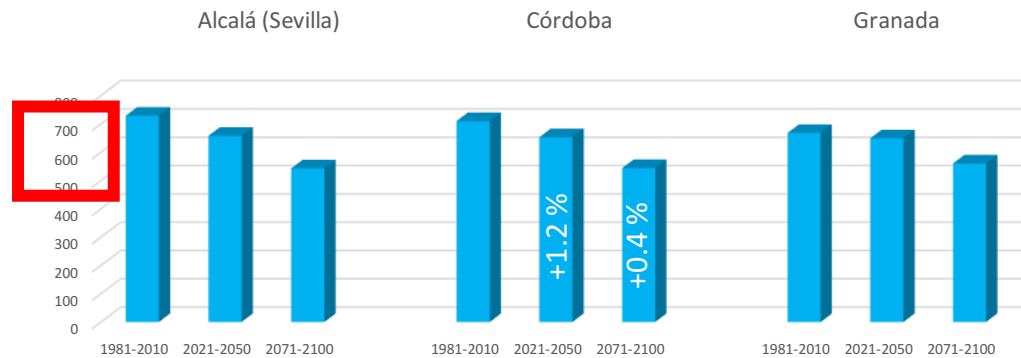
Adelanto de la fecha de siembra (30 días)

Maíz

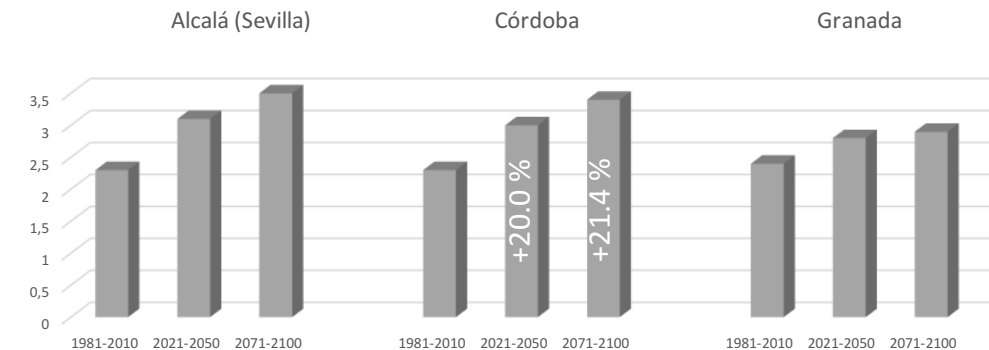


Menor vulnerabilidad a eventos extremos en floración

Necesidades de riego



Productividad del agua de riego

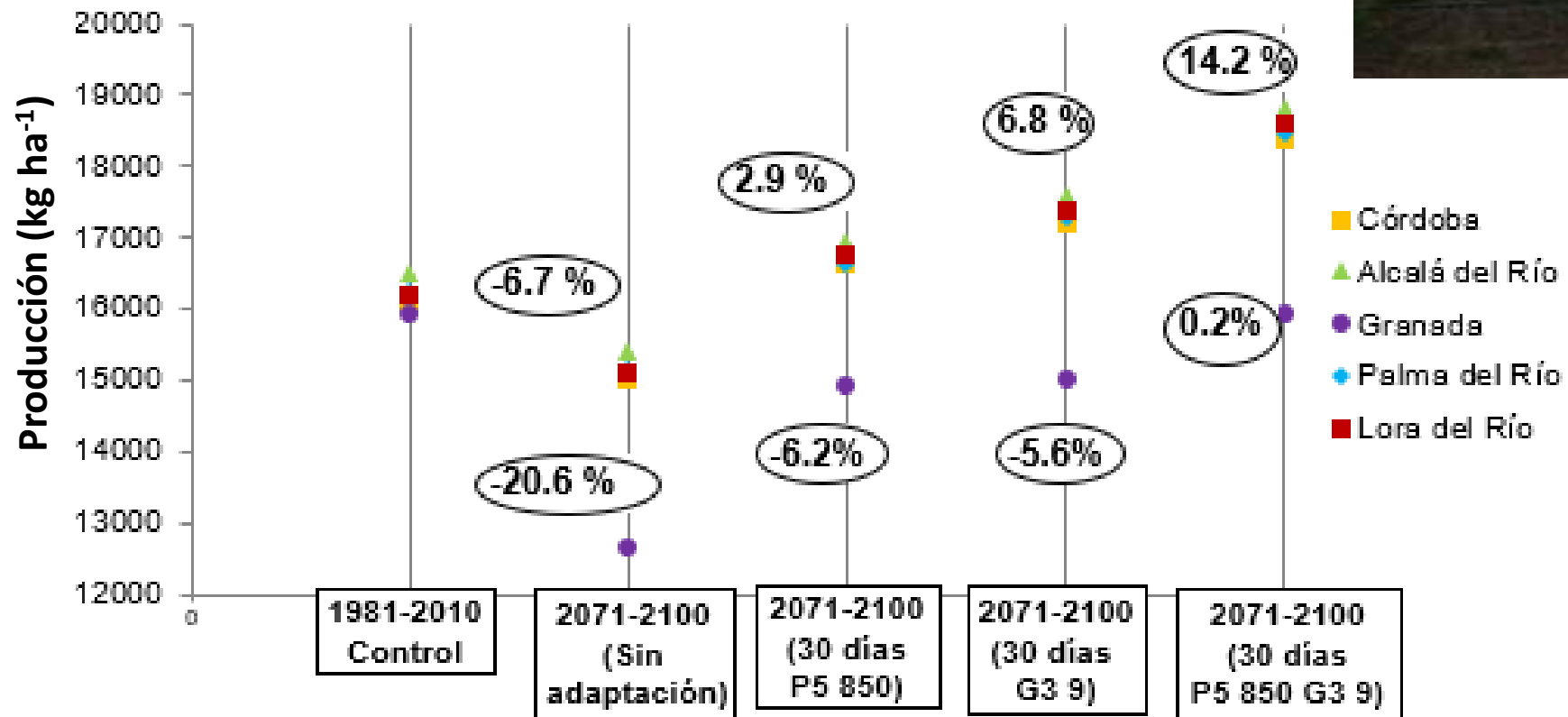


Adelanto de la fecha de siembra y mejora varietal

Maíz

P5: Incremento de la duración del llenado de grano (de 800 a 850 GDD)

G3: Incremento de la tasa de llenado de grano (de 8 a 9 mg d⁻¹)



Mejora varietal

Maíz

Variedades desarrolladas por CIMMYT

- Tolerantes a sequía y calor extremo con maduración temprana

Variedades desarrolladas en América Latina

- Mejora de razas nativas
- Tolerancia a suelos degradados y salinos
- Variedades adaptadas a condiciones de clima extremo

Maíz transgénico y edición genética (CRISPR-Cas)

- Mejora de la eficiencia en el uso del agua
- Aumento de la eficiencia fotosintética y tolerancia al estrés



Mejora varietal

Maíz



Instituto Nacional de
Investigação Agrária e
Veterinária, I.P.



Sector privado

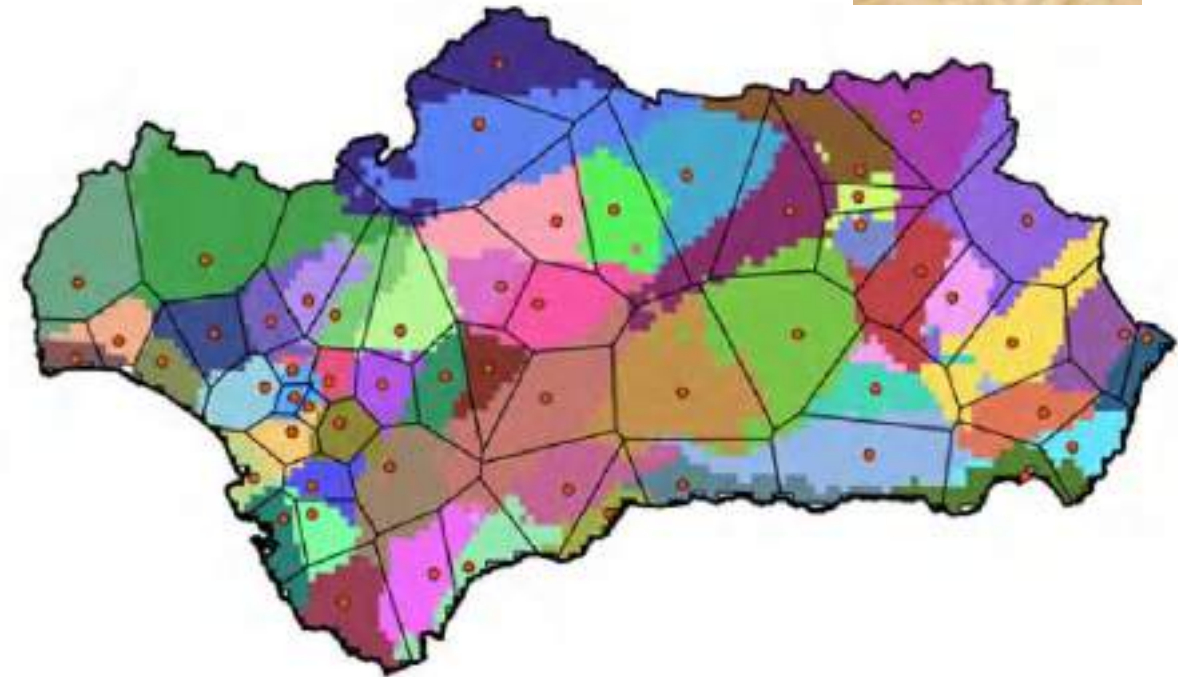
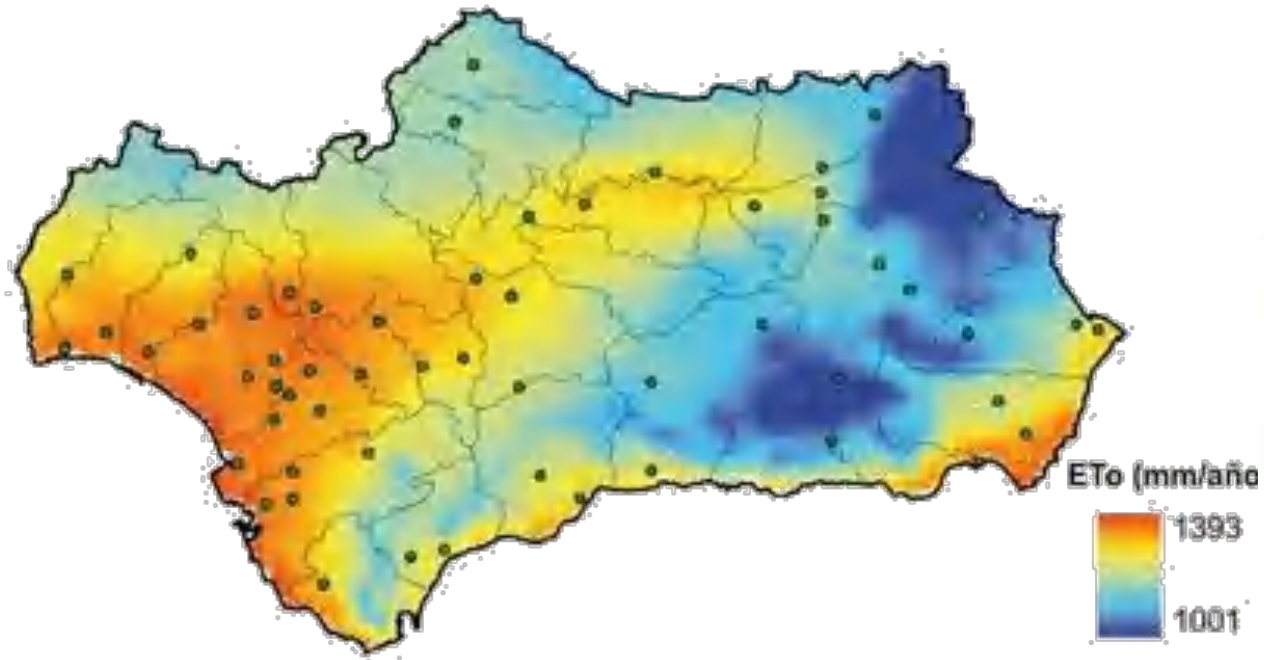


- Tolerancia a sequía y estrés hídrico
- Resistencia a altas temperaturas (>35°C en floración) y floración temprana
- Estabilidad de rendimiento en condiciones cambiantes

Mejora en la gestión del riego

Necesidades empleando estaciones meteorológicas, pronóstico meteorológico y teledetección

LSA SAF



Mejora en la gestión del riego

Caracterización y estimación de necesidades empleando técnicas de teledetección



Satélites Landsat



Satélites Sentinel 2

Gestor

NASA

ESA

Fechas de lanzamiento

2013 y 2021

2015, 2017 y 2024

Resolución espacial visible / infrarrojo cercano

30 m.

10 m.

Resolución espacial térmico

100 m.

-

Frecuencia de paso mínima

8 días

4-5 días

Uso principal

Evapotranspiración

Índices de vegetación

Mejora en la gestión del riego

Caracterización y estimación de necesidades empleando técnicas de teledetección

Copernicus

Dispone de plataformas de acceso a **información satelital** de ESA y EUMETSAT, y a conjuntos de datos no espaciales relacionados con **cambio climático** y **vigilancia terrestre y atmosférica**. Además, permite el desarrollo y alojamiento de aplicaciones de los usuarios en la nube.

<https://www.copernicus.eu/es/acceso-los-datos>

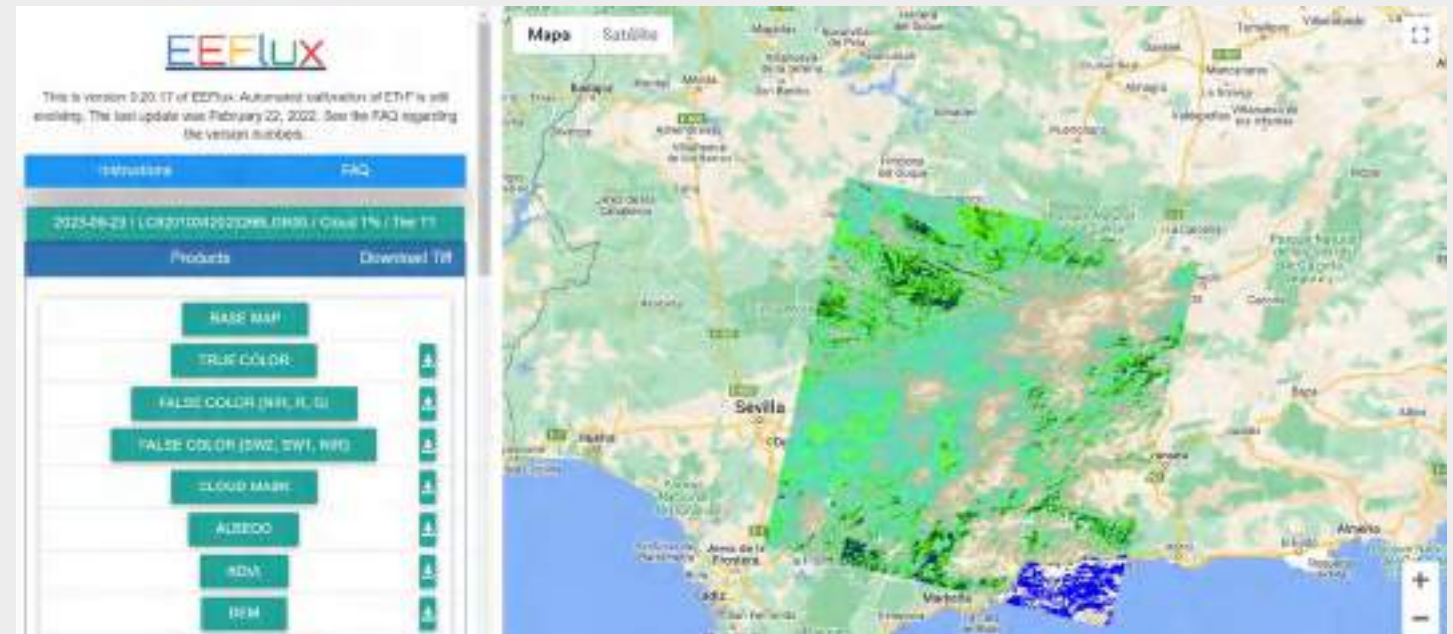


Mejora en la gestión del riego

Caracterización y estimación de necesidades empleando técnicas de teledetección

EEFLUX

Mapas de **evapotranspiración de los cultivos** para toda la superficie terrestre generados con el modelo de balance de energía METRIC, empleando imágenes de los satélites Landsat. Además, incluye mapas de índices de vegetación y albedo.

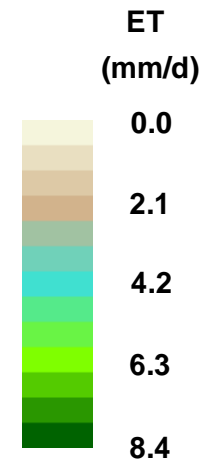
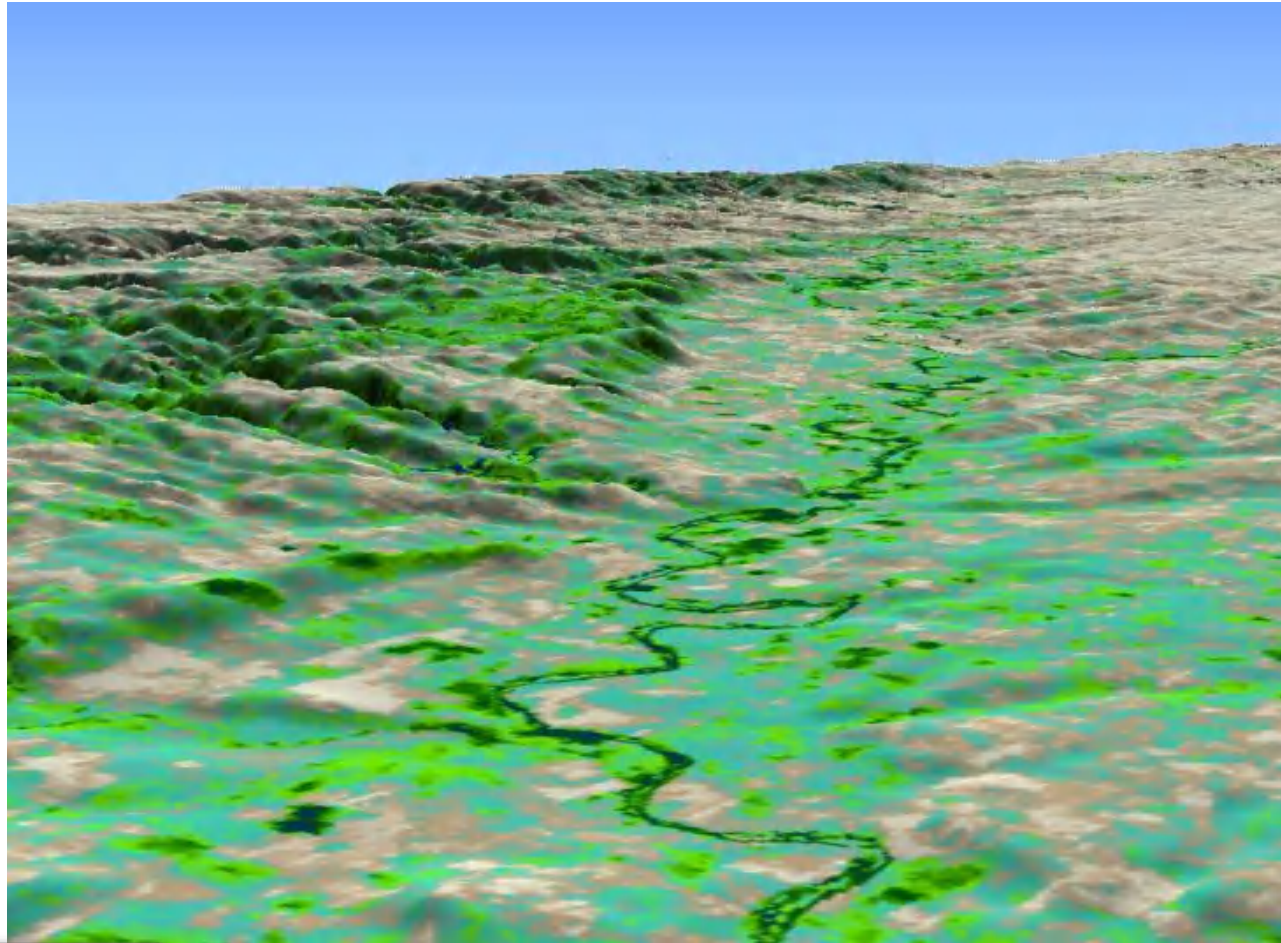


<https://eeflux-level1.appspot.com/>

Mejora en la gestión del riego

Gestión del riego integrando teledetección y modelización

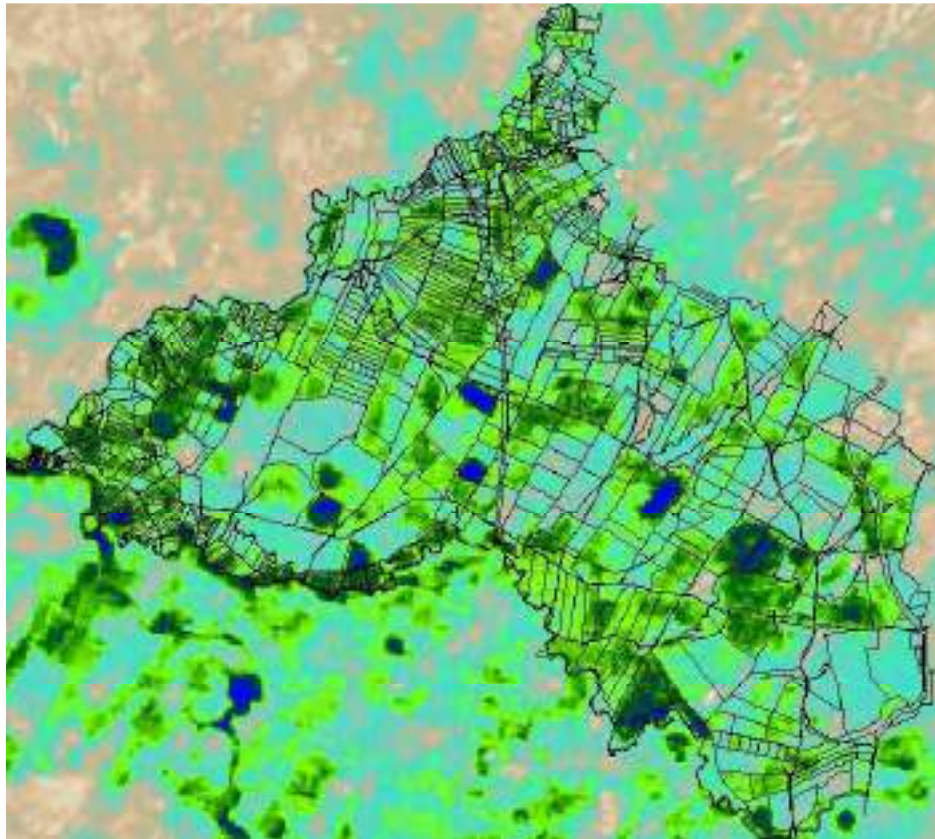
METRIC



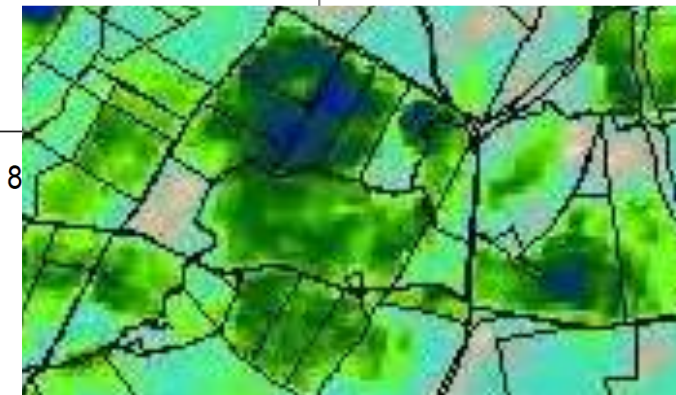
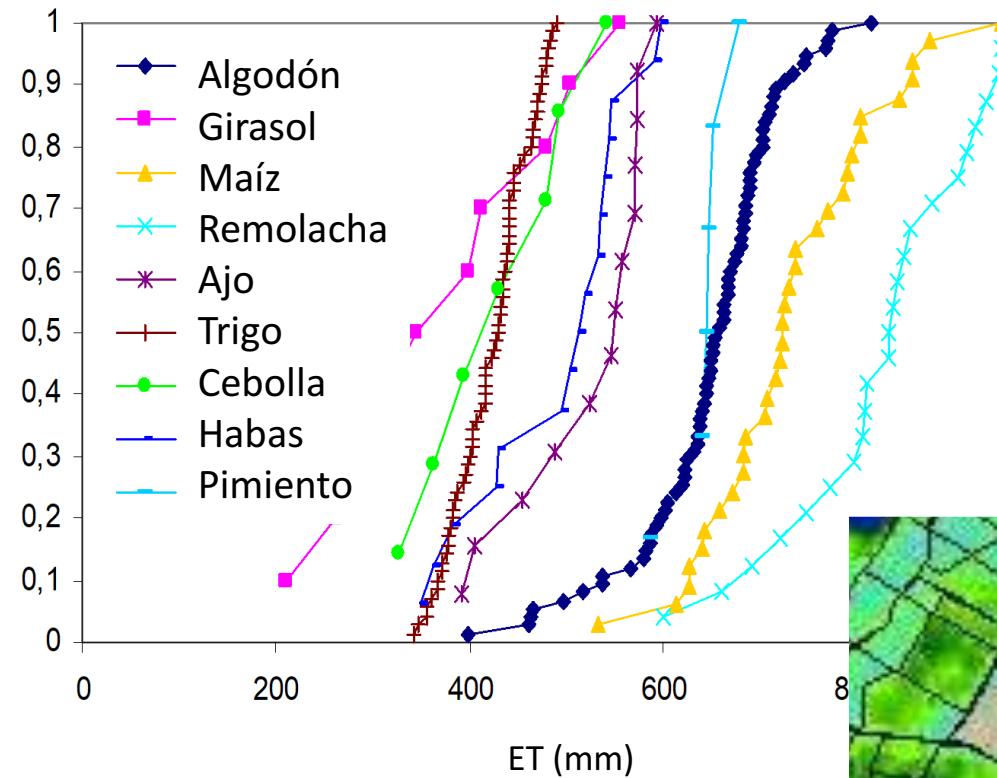
Mejora en la gestión del riego

Gestión del riego integrando teledetección y modelización

METRIC



Evapotranspiración



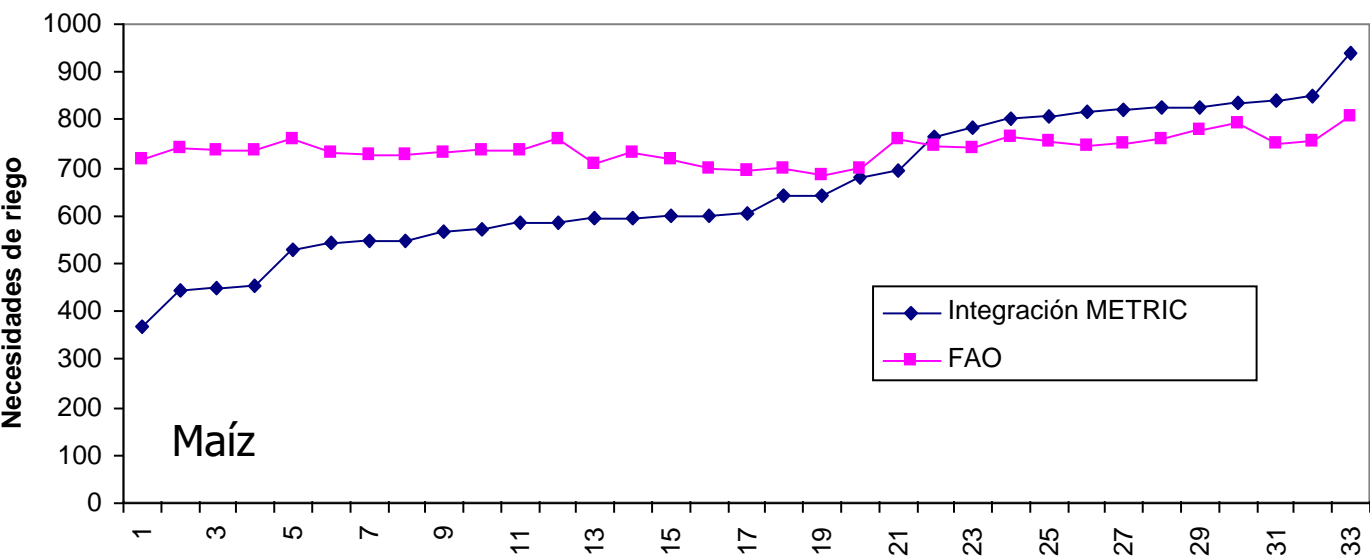
Mejora en la gestión del riego

Gestión del riego integrando teledetección y modelización

METRIC



Programación de riegos (METRIC vs. FAO)

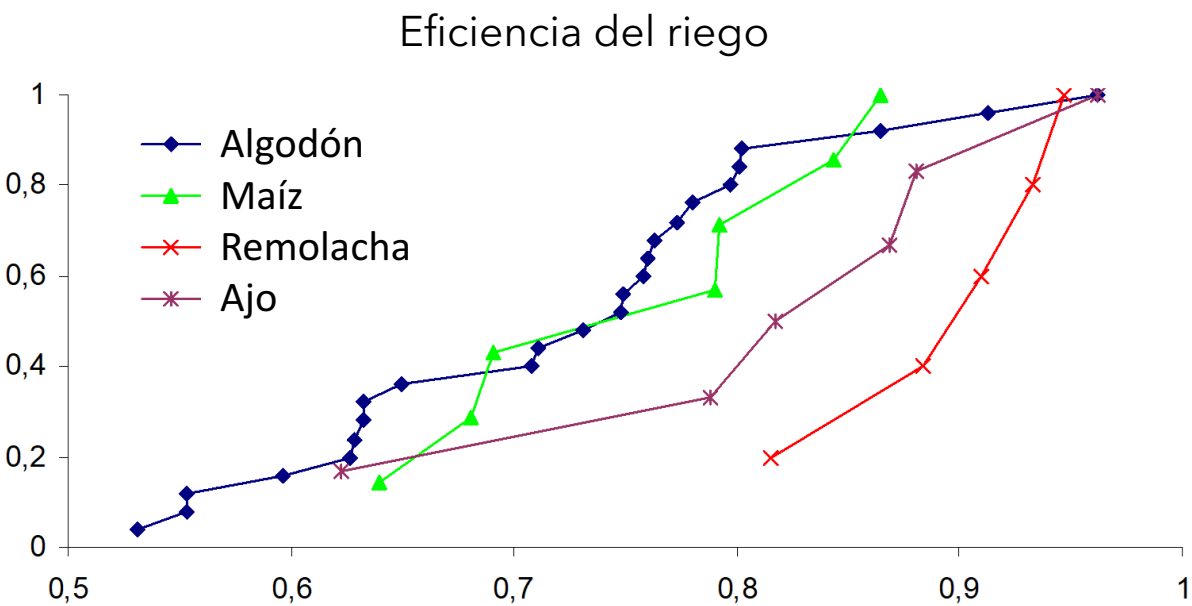


| Cultivo | Número de parcelas evaluadas | METRIC (MM) | FAO (MM) |
|-----------|------------------------------|---------------|---------------|
| Algodón | 75 | 560 (0.21) | 733 (0.04) |
| Maíz | 33 | 663 (0.22) | 738 (0.04) |
| Ajo | 13 | 548 (0.05) | 497 (0.08) |
| Remolacha | 24 | 882 (0.06) | 730 (0.05) |

Mejora en la gestión del riego

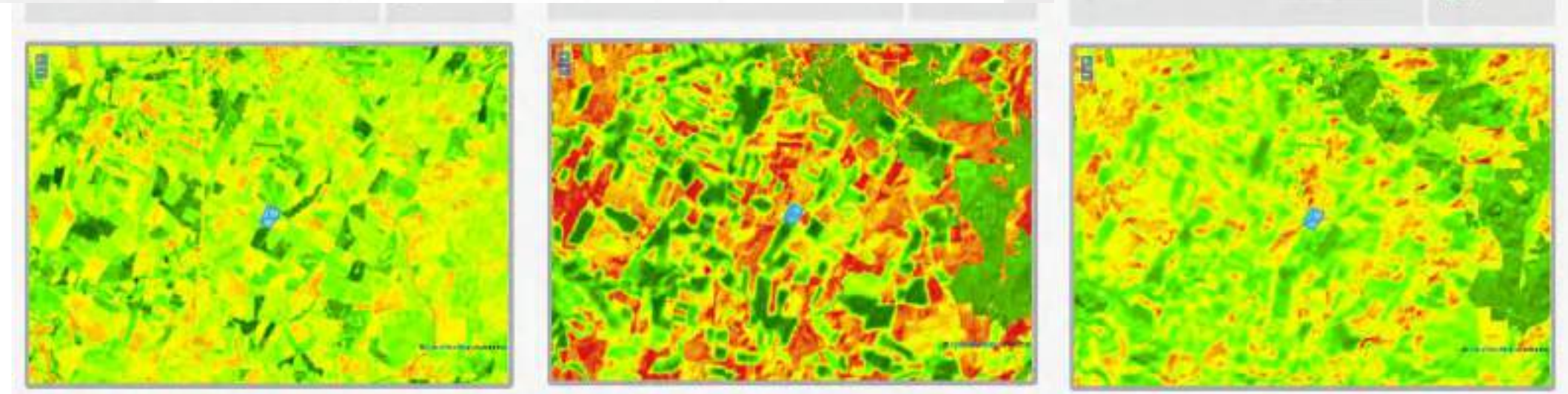
Gestión del riego integrando teledetección y modelización

METRIC



| | Aspersión | Goteo |
|-----------|-----------|-------|
| Algodón | 71 | 75 |
| Maíz | 70 | 80 |
| Ajo | 82 | - |
| Remolacha | 90 | - |
| Media | 75 | 77 |

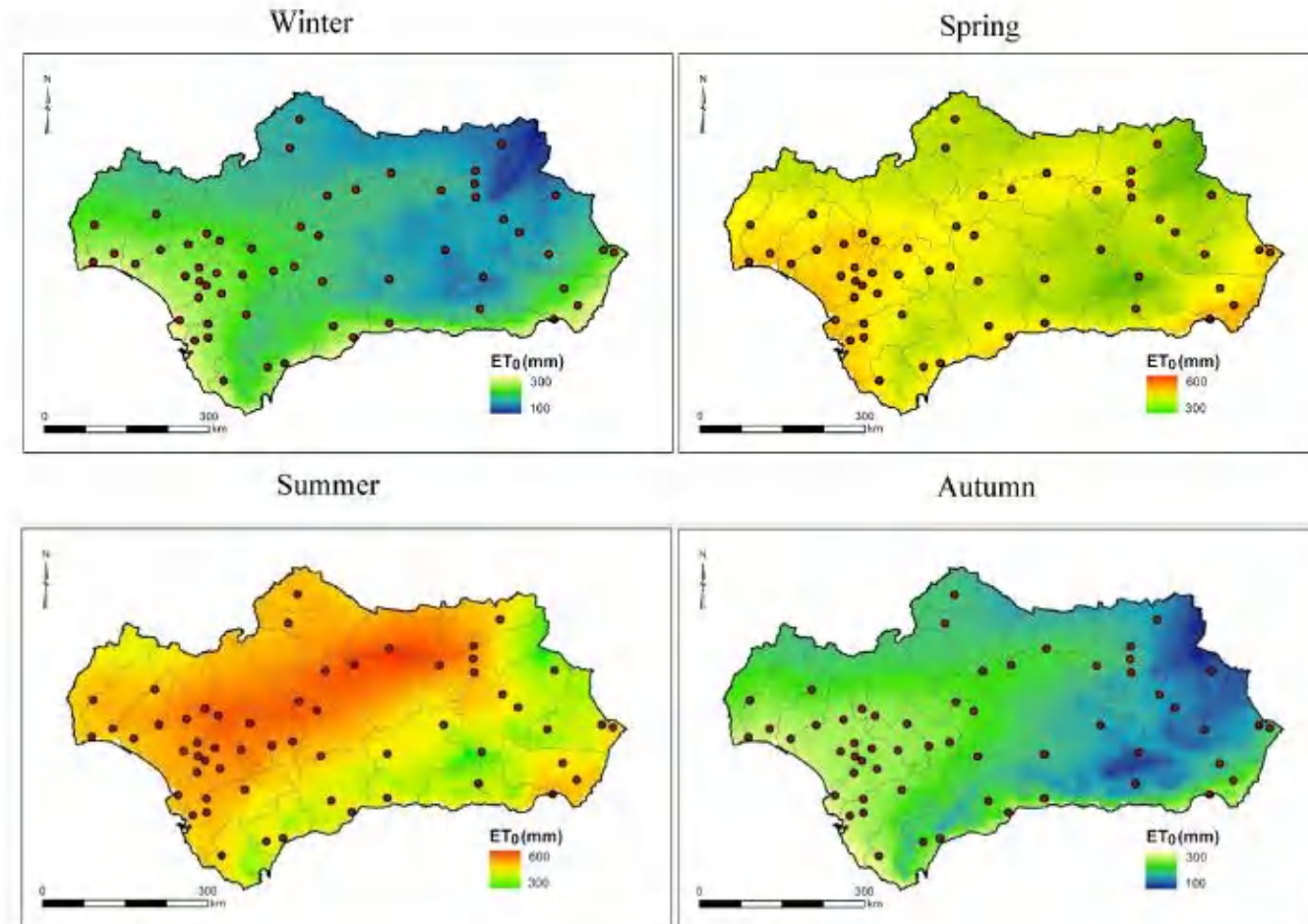
Herramientas de asesoramiento al regante



Incertidumbres en la estimación del impacto del cambio climático sobre los cultivos

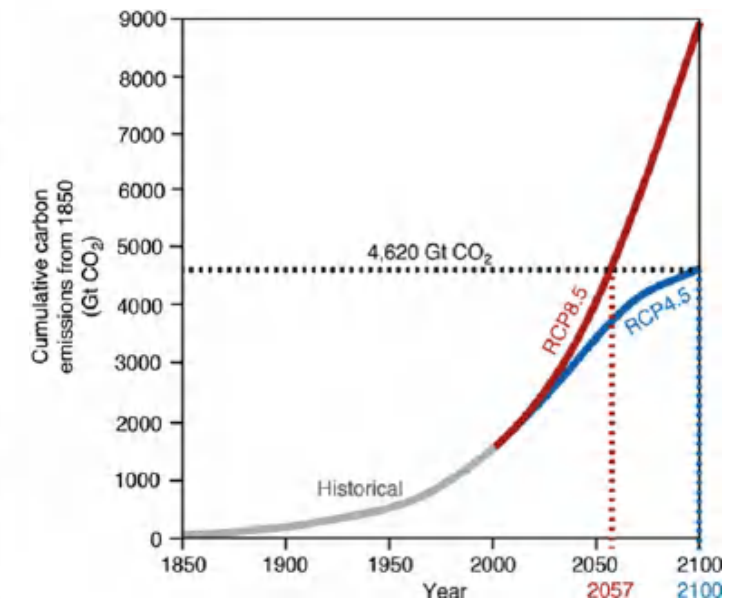
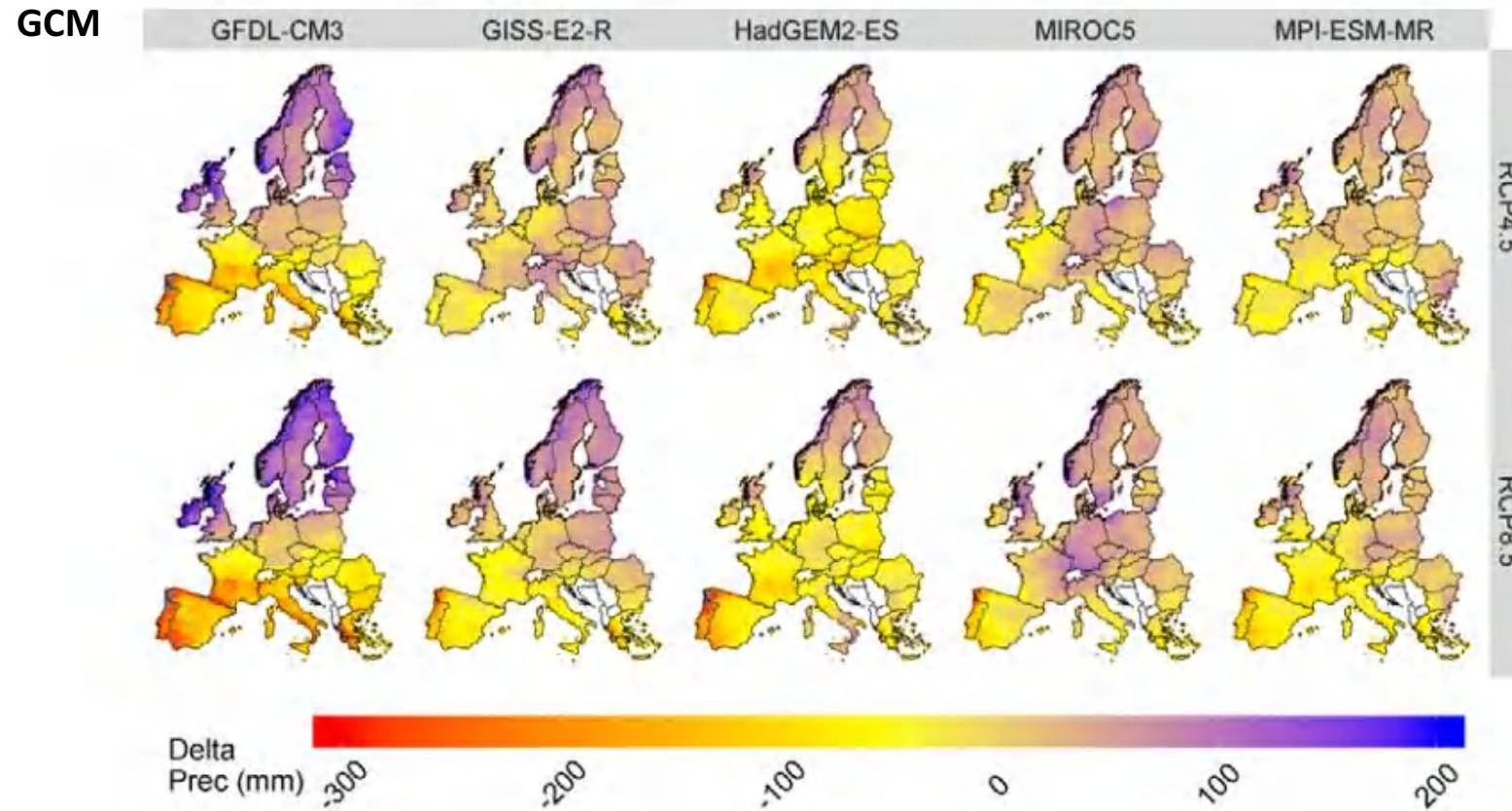
Variabilidad de las condiciones meteorológicas (espacial y temporal)

Evapotranspiración de referencia



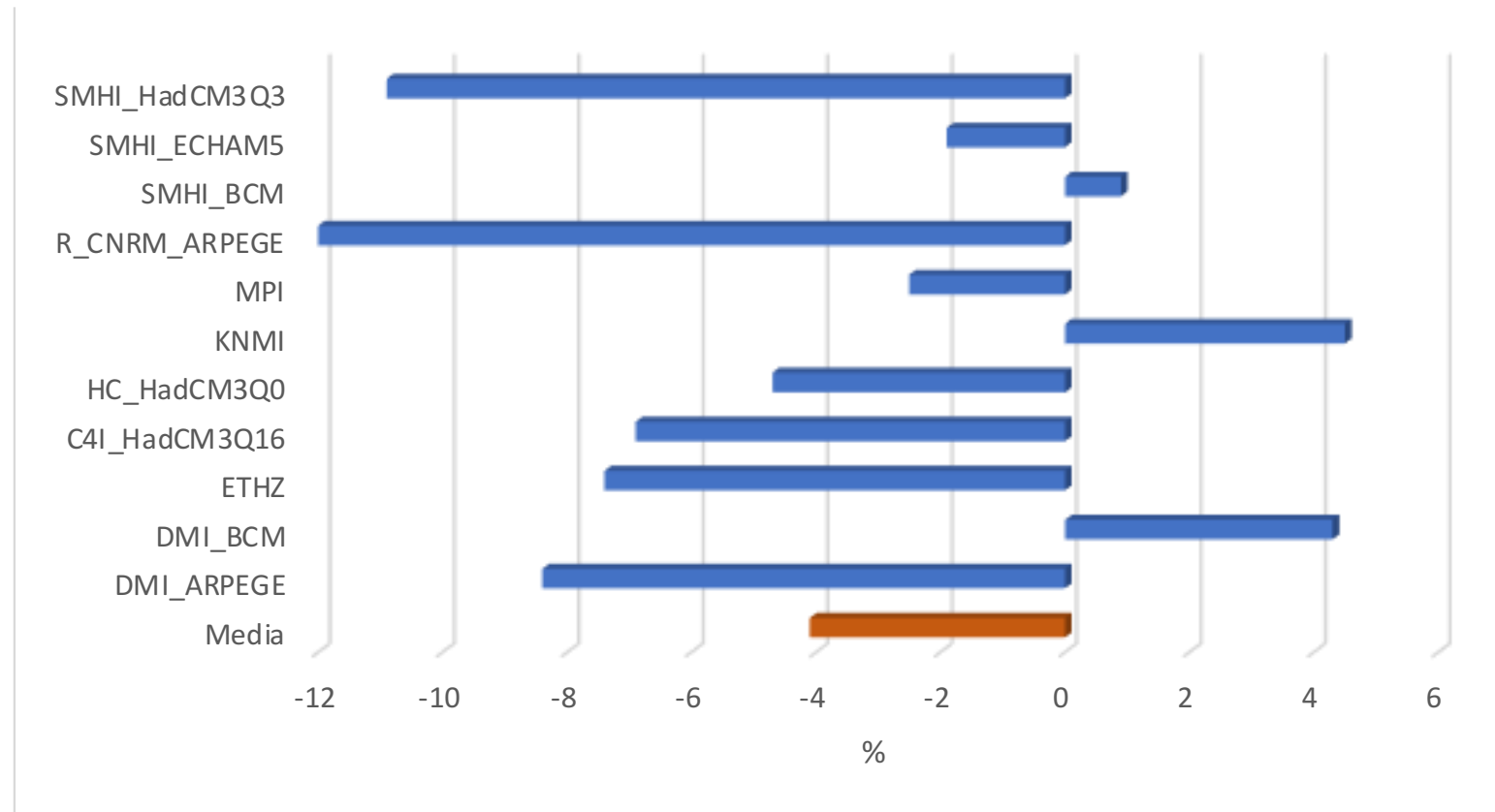
Modelos climáticos

Diferencias en la precipitación anual (mm) (1980-2010 vs. 2040-2069)



Modelos climáticos

Diferencias en las necesidades de riego (Futuro cercano vs. Control)

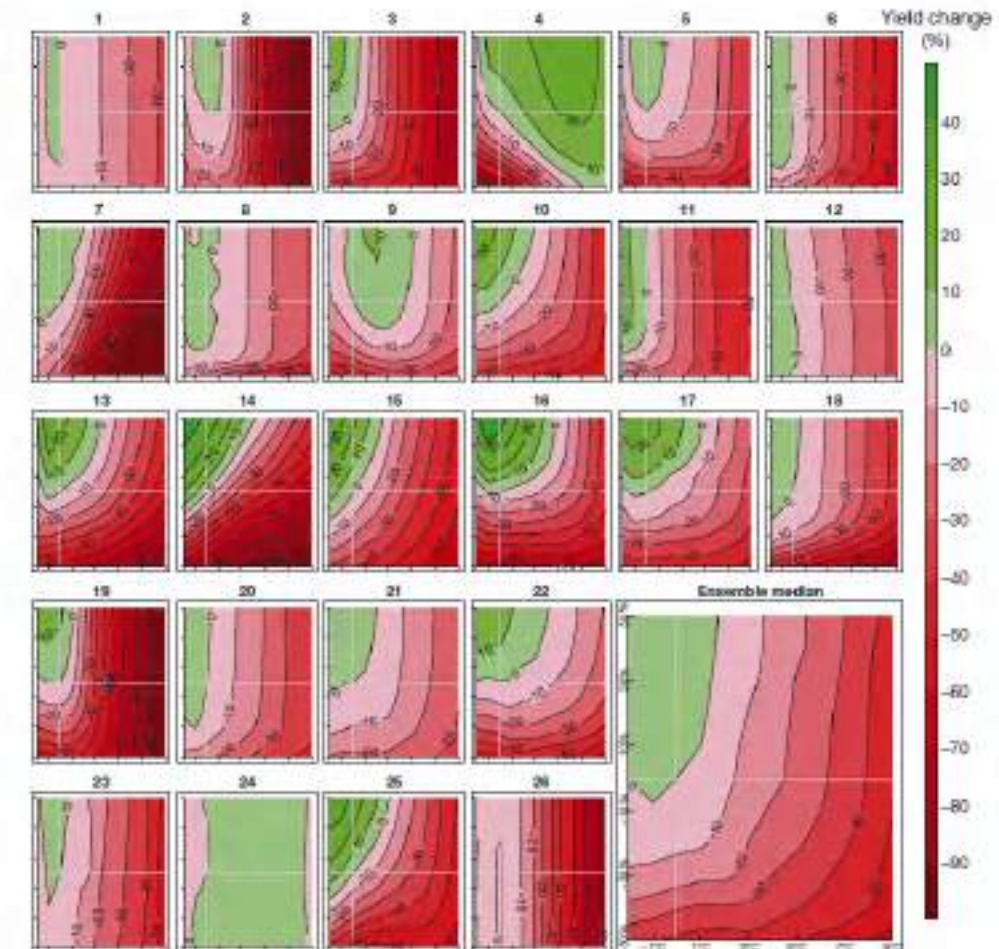


Modelos de cultivo

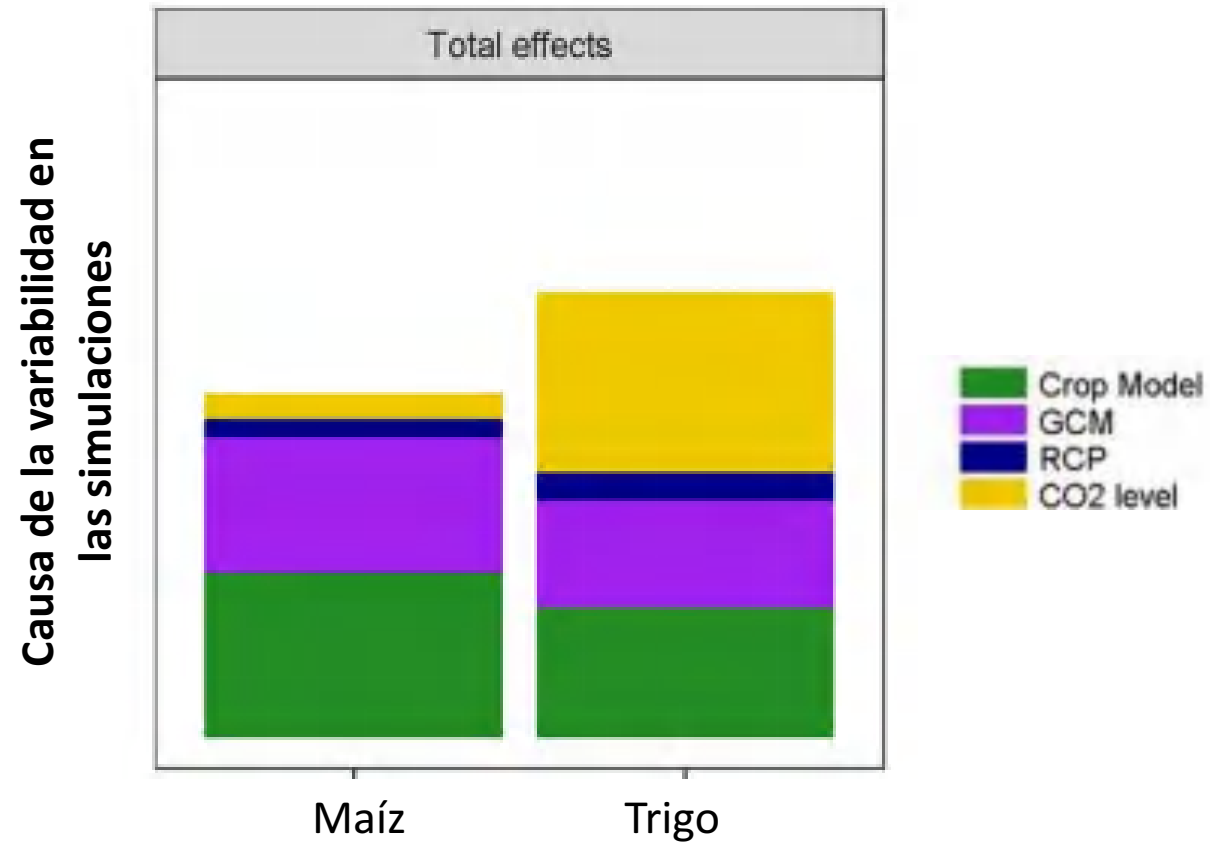
Divergencias entre modelos de simulación (estimación de cosecha)

| SI | C | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | E50 | O |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|
| FI | S | | | | | | | | | | | | N/A | | | | | | | | | | | N/A | | | | | 30 |
| FI | W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 30 |
| DE | S | | | | | | | | | | | | N/A | | | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| DE | W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 29 |
| ES | S | | | | | | | | | | | | N/A | | | | | | | | | | | | | | | | 30 |
| ES | W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 30 |

kg ha⁻¹ <2000 2000–4000 4000–6000 6000–8000 8000–10000 ≥10000



Desagregación de la incertidumbre



Nuevas líneas de investigación y transferencia realizadas desde España relacionadas con el impacto del cambio climático sobre el cultivo del maíz

Experimentación en clima controlado y RAEA



Proyectos de sensorización



Proyectos de sensorización

Sensores aerotransportados



Cámaras LiDAR



Cámaras
multiespectrales



Cámaras
hiperespectrales



Cámaras térmicas



Cámaras RGB-D

Proyectos de sensorización

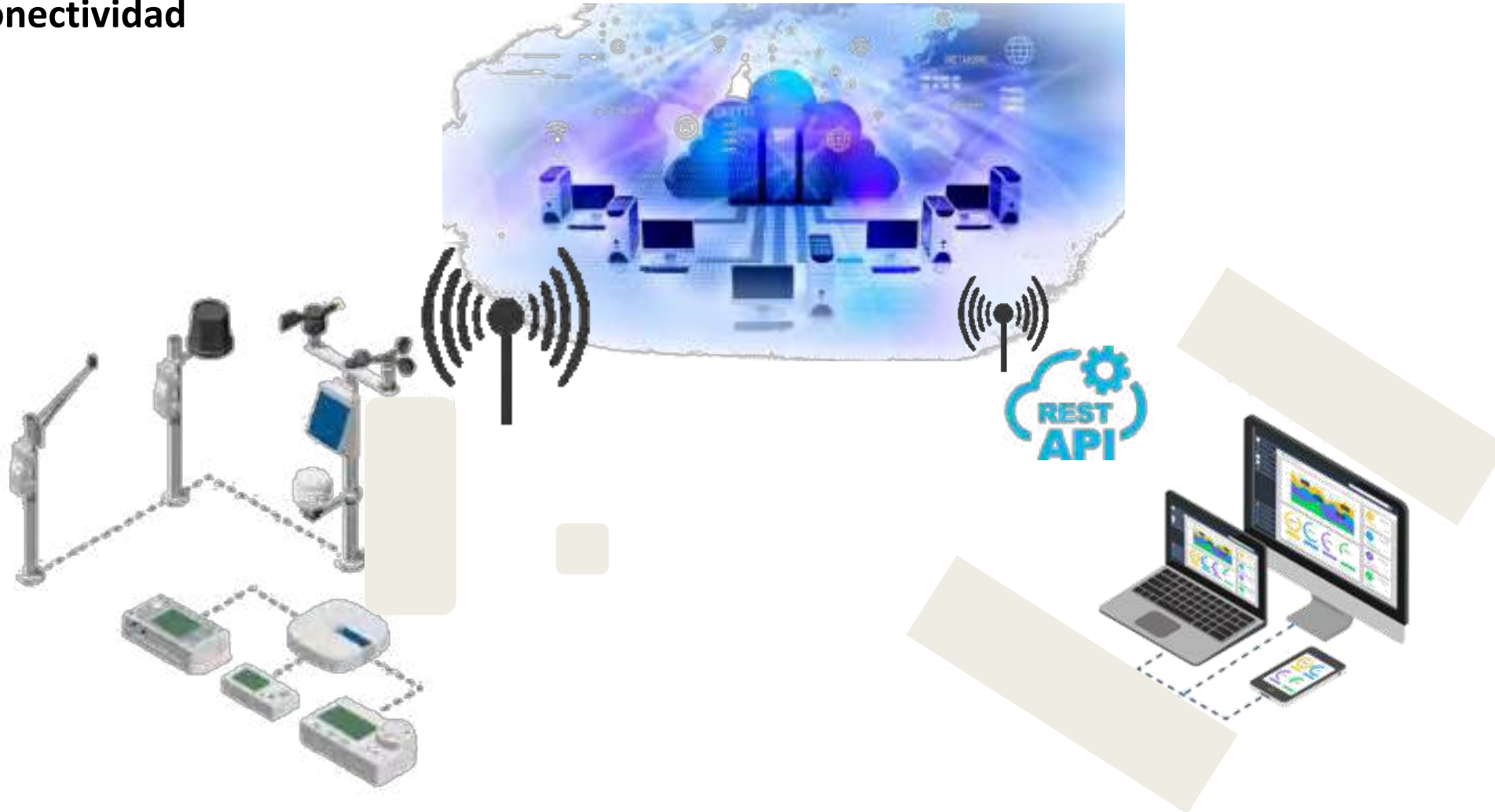
Sensores NBloT

- Humedad en el suelo
- Temperatura del aire y suelo
- Salinidad del agua o suelo
- pH
- Radiación solar
- Radiación fotosintéticamente activa
- Caudales de riego
- NPK



Proyectos de sensorización

Conectividad



LoRaWAN™

NB-IoT™

GPRS

WiFi™

Proyectos de sensorización

Gemelos digitales e Inteligencia Artificial

Gemelos digitales

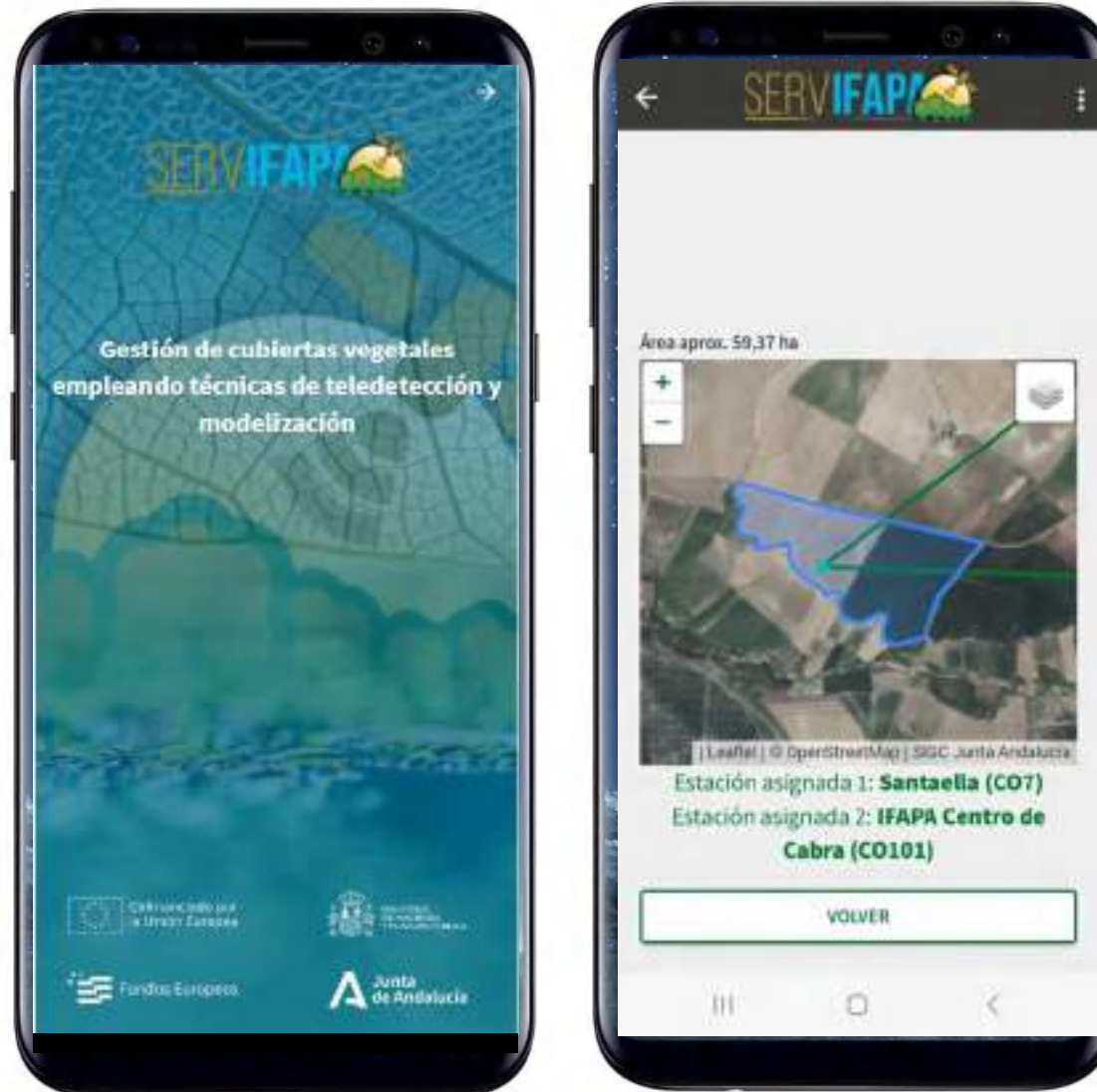


Seguimiento de sensores en tiempo real



Gestión del riego basado en sensorización y técnicas de Inteligencia Artificial

Herramientas de seguimiento de los cultivos

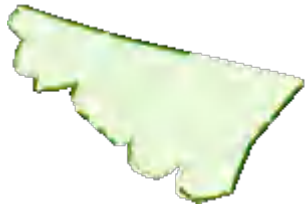


Herramientas de seguimiento de los cultivos

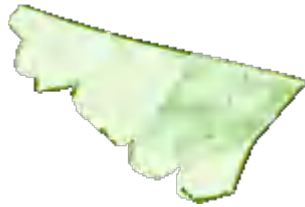


Herramientas de seguimiento de los cultivos

8/Dic/2024



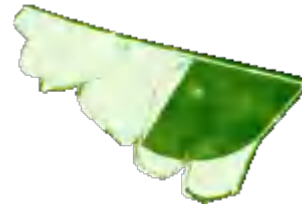
2/Ene/2024



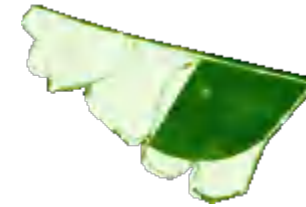
17/Ene/2025



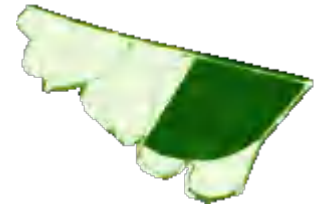
2/Feb/2025



11/Feb/2025



26/Feb/2025



26/Mar/2025



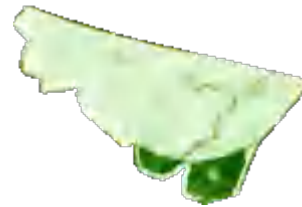
27/Abr/2025



12/May/2025



20/May/2025



25/May/2025

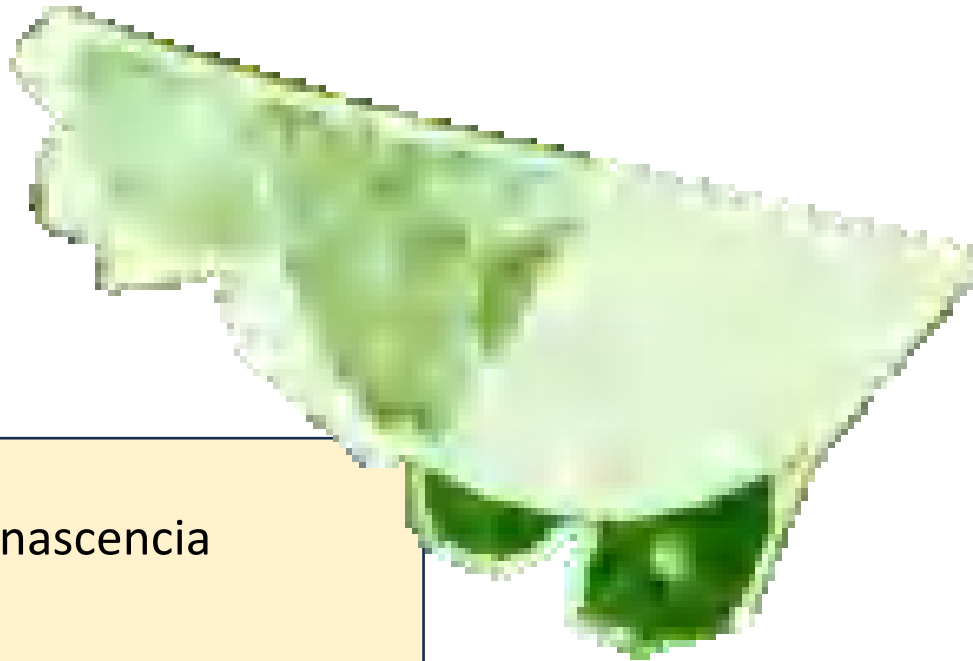


29/May/2025



Herramientas de seguimiento de los cultivos

Identificación de problemas en la nascencia
Falta de uniformidad del riego
Identificación incipiente de plagas y enfermedades



- El **cultivo del maíz** se verá afectado por el cambio de las condiciones climáticas en el futuro, y muestra **peores perspectivas** que otros cultivos como el trigo o el olivar, debido a sus altas demandas de riego, su limitada respuesta al incremento de CO₂ y su baja rentabilidad
- La **fenología del cultivo**, y en especial la **floración**, aparece como un componente esencial tanto para la determinación de **impactos** como para la búsqueda de **medidas de adaptación**
- La implantación de medidas de adaptación como el **adelanto de la fecha de siembra**, la **mejora genética** (incluyendo la selección de **variedades resistentes al calor y sequía**) o la **mejora de la gestión del riego** reducirán los impactos e incrementarán la **productividad del agua** si bien, en algunas condiciones, **no se lograrán recuperar las producciones** del periodo control

- Las estrategias de **intensificación sostenible** buscarán incrementar la producción, pero haciendo un uso responsable de los recursos (agua y suelo). Así, lograr un **regadío eficiente** se convierte en una herramienta de gran importancia para la sostenibilidad del cultivo del maíz
- A pesar los esfuerzos realizados en los últimos años aún existen un **gran número de incertidumbres** relacionadas con el comportamiento del cultivo del maíz en condiciones climáticas futuras. La **experimentación en condiciones controladas** (invernaderos), el empleo de **bases de datos previas** (RAEA), la **modelización** y la **teledetección**, y la extensión de la **sensorización en campo** contribuirán a un mejor conocimiento del cultivo y a la identificación y puesta en marcha de medidas de adaptación
- La **colaboración público – privada** será muy importante para orientar la investigación y la transferencia hacia las demandas del sector

webinar

AS ALTERAÇÕES
CLIMÁTICAS
E A CULTURA DO MILHO:
PRINCIPAIS DESAFIOS
E FERRAMENTAS
DE APOIO À DECISÃO

05 JUNHO 2025



10H00.
Abertura



12H30.
Encerramento

Alterações Climáticas:
que perspectivas para
os próximos anos?

Ricardo Trigo (FCUL)

As principais pragas emergentes

Nuno Faria (InnovPlantProtect)

Alterações Climáticas:
como nos podemos adaptar?
O exemplo espanhol

Ignacio Lorite (IFAPA, Junta de Andalucía)

Plataforma Agroclimática -
Ferramenta de apoio à decisão

Ricardo Dese (IPMA)

Boletins com as Recomendações
de Rega para o Milho -
Campanha 2025

Marta Santos (COTR)

Alterações Climáticas: como nos podemos
adaptar? O exemplo espanhol

Cambio Climático: ¿cómo podemos
adaptarnos? El ejemplo español

Muito Obrigado!

Ignacio J. Lorite Torres
ignacioj.lorite@juntadeandalucia.es