

Demandas de Agua de Riego en Escenarios Climáticos 2010-2100. El proyecto ECLIMAR

Alfonso Calera¹, Esteban Rodríguez², Juan Manuel Sánchez¹, Jesús Garrido¹, David Sánchez¹, Irene Arellano¹, Raúl Moreno¹, Antonio Beltrán¹, Jaime Campoy¹, Antonio Molina¹, José González-Piqueras¹

1.-Teledetección y SIG. Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla-La Mancha

2.-Agencia Estatal de Meteorología

Alfonso.Calera@uclm.es

Con la colaboración de

AEMET, OECC, CHDuero, CHJúcar, CHEbro, SGPH_MITECO y SGR_MAPA

ECLIMAR



Teledetección y SIG
Instituto de Desarrollo Regional
Universidad Castilla-La Mancha

AEMet
Agencia Estatal de Meteorología



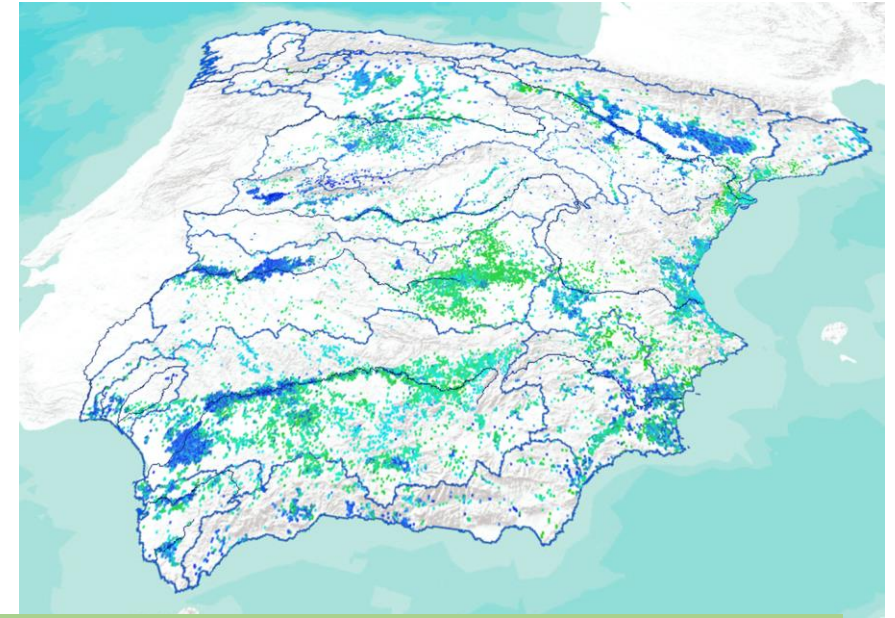
ECLIMAR



metodología y resultados preliminares obtenidos en la determinación de la demanda de agua de los cultivos en regadío en la España peninsular y el análisis del cambio, al incorporar las proyecciones climáticas AR6 según diferentes escenarios. Todo ello en sucesivos periodos de tiempo, a corto (2011-2040), medio (2040-2070) y largo plazo (2070-2100).

Se describen los avances metodológicos y se muestran los resultados en la forma que pueden ser adecuados para ayudar en la revisión en curso de los Planes Hidrológicos.

ECLIMAR – Metodología



RESULTADOS SOBRE 11 MODELOS Y ENSEMBLE

ZONAS HOMOGÉNEAS

METEO
Escenario
Base y
Predicción
AR6
2010-2100

Mapa Cultivos
en regadío
Líneas
Declaración
**PATRÓN
TEMPORAL**

Series
Temporales
Imágenes

RGB

NDVI

K_{cb}

P_{diaria}

$ET_{o,diaria}$

Balance de
agua
FAO56
COEFICIENTE DUAL

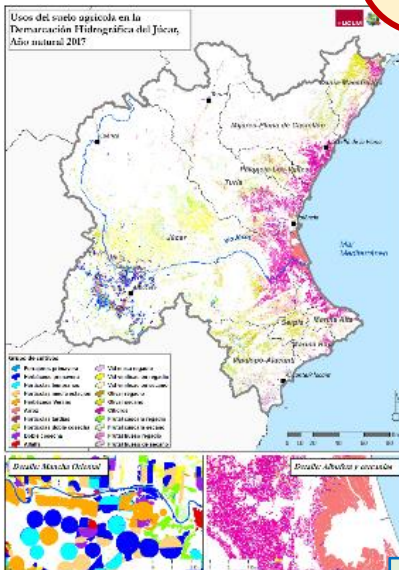
Riego, Cultivos y zonas
• Anual
• Mensual

ETc, Cultivos y zonas
✓ Anual
✓ Mensual

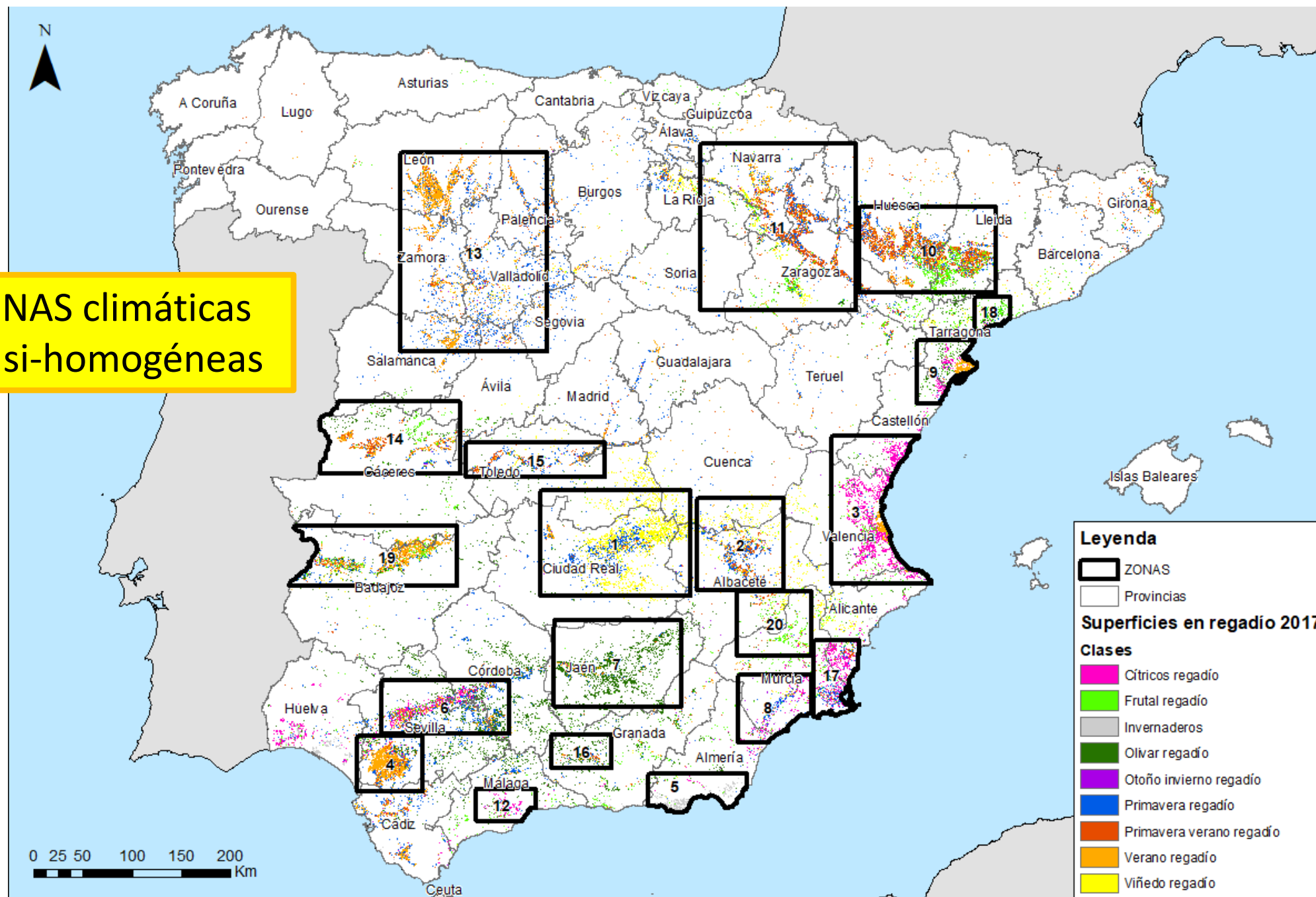
Promedio
y
variabilidad

hidro
more

MECANISMOS DE ADAPTACIÓN



**ZONAS climáticas
cuasi-homogéneas**



ADAPTACIÓN DE LOS CALENDARIOS DE CULTIVO PARA EL PLAN HIDROLÓGICO 2028-33

Javier Fernández Pereira
Oficina de Planificación
Hidrológica



GOBIERNO
DE ESPAÑA

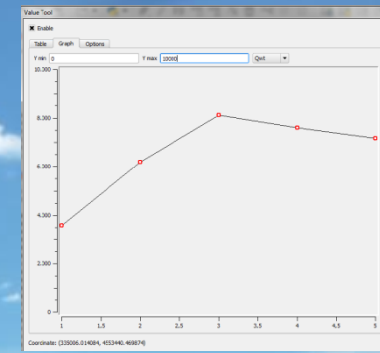
MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL DUERO

Madrid, Reunión de seguimiento ECLIMAR,
29 octubre 2024

PASOS A SEGUIR:

1. Confirmar en el marco de ECLIMAR que las curvas consensuadas van a servir de base para los trabajos de predicción de cambio climático. Las curvas a escenarios futuros se basarán en éstas, ¿verdad?
2. Modelar las demandas del Duero con los nuevos calendarios de cultivo y analizar garantías. Esperar a recibir las curvas de escenarios futuros para evaluar cambios.
3. Incorporar, como un apéndice del plan, el estudio ECLIMAR que justifique los cambios en los calendarios propuestos en el PHD 2028-2033



Anejo 1

**Análisis comparativo sobre las
dotaciones de riego agrícola en las
normativas de los planes hidrológicos de
las demarcaciones intercomunitarias**

2024

25 de septiembre

Versión preliminar para la jornada de presentación CHE de
26 de septiembre de 2024

Confederación Hidrográfica del Ebro O.A.



Comentarios M.A. García Vera OPH CHEbro, Madrid,
29octubre2024

Necesidades de agua de riego de los cultivos
... *existe* dispersión metodológica ..*del cálculo de dotaciones*

...comparar valores *ECLIMAR* con las tablas de dotaciones de la Instrucción de Planificación Hidrológica podría ser muy interesante. Y también compararlo con las dotaciones que ponemos en cada plan hidrológico

... [tenemos] dotaciones en parcela (sin tener en cuenta la eficiencia del sistema de riego) de comarca-cultivo para la cuenca del Ebro. ... interesaría poder hacer un contraste de nuestros resultados por cultivo y zona con los vuestros.

..el cambio climático es muy trascendente. Hemos realizado una evaluación. ...*A comparar con resultados ECLIMAR*

PASAR DEL PATRÓN TEMPORAL DE LA PARCELA A CARACTERIZAR EL CULTIVO EN UNA ZONA. EL SISTEMA SPIDERwebGIS



Diagrama de flujo para obtener el patrón temporal de los cultivos regados

Selección de Cultivo Regado

Selección de parcelas con dicho cultivo. Líneas de Declaración Campaña 2022-2023, FEGA
Mapas de cultivos regados SPIDER_SIAR

Selección de fechas (imágenes Sentinel 2 a y b, limpias de nubes)

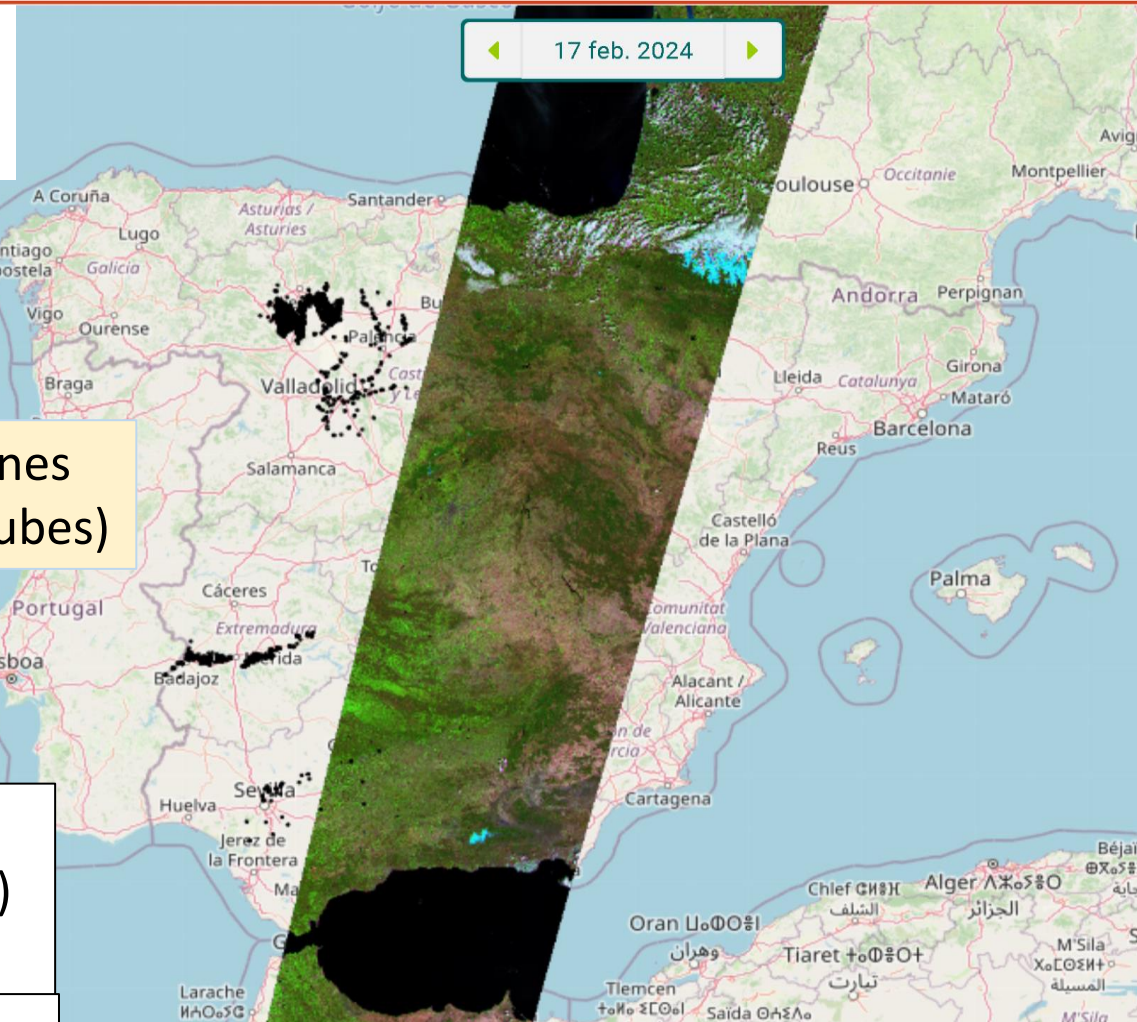
ZONAS

**Herramienta
START**

Valor promedio NDVI del cultivo por imagen (fecha) seleccionada

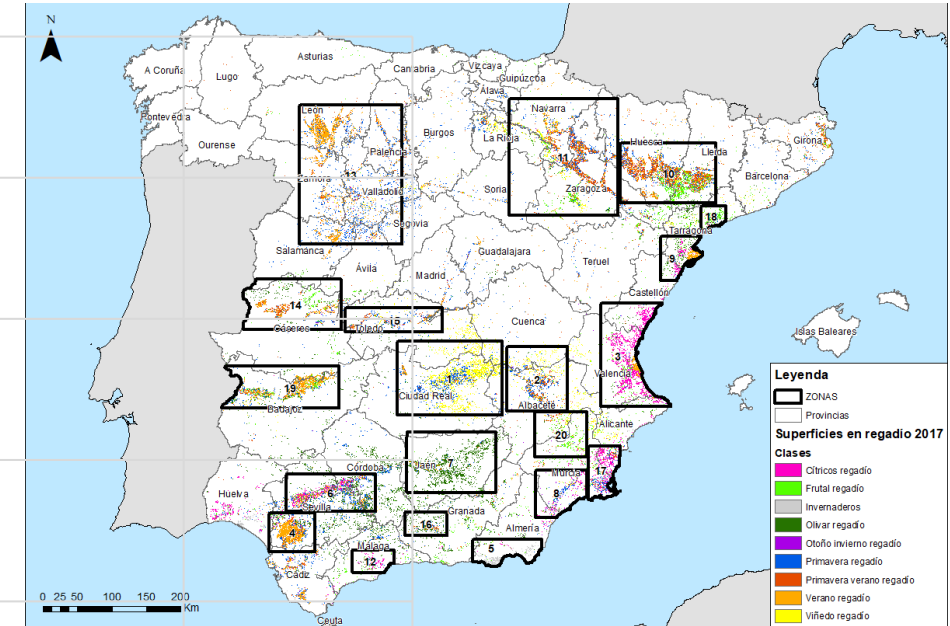
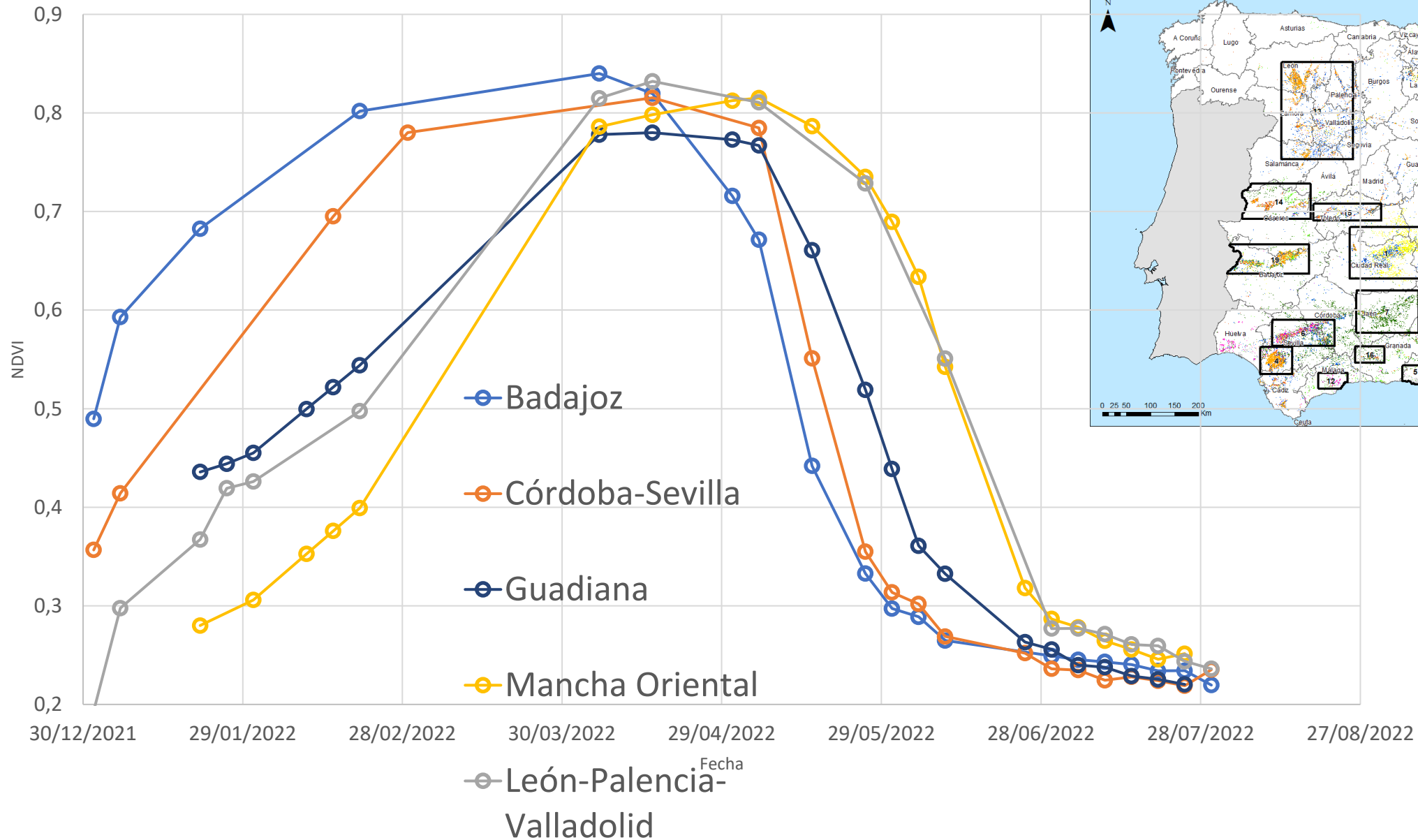
interpolación con paso diario

Obtención patrón temporal por cultivo y ZONA



El patrón temporal de un cultivo regado se comporta como un cuasi-invariante en el tiempo .

PATRÓN TEMPORAL PROMEDIO DEL TRIGO EN REGADÍO Y SU VARIABILIDAD



3.882 ha

5.749 ha

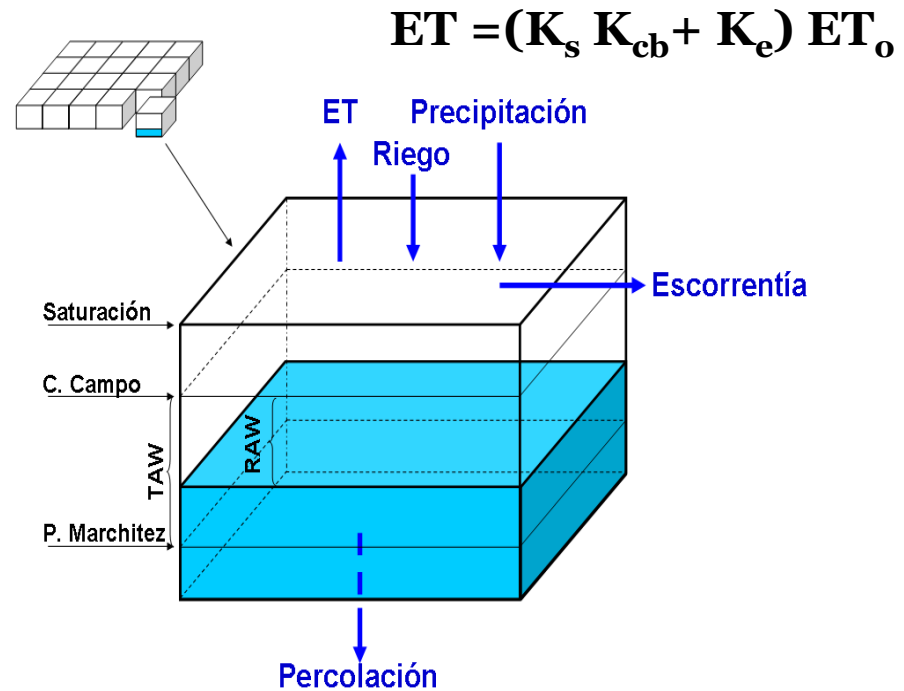
12.213 ha

12.771 ha

20.006 ha

EL PROCESO DE CÁLCULO
para calcular la demanda de
agua de riego
2000-2040, 2040-2070,
2070-2100
Integración del patrón
temporal K_{cb} (NDVI)
y la meteorología (P , ET_o)
desde los escenarios
climáticos

Balance de agua diario en la zona del suelo explorado
por las raíces, modelo FAO56 coeficiente dual

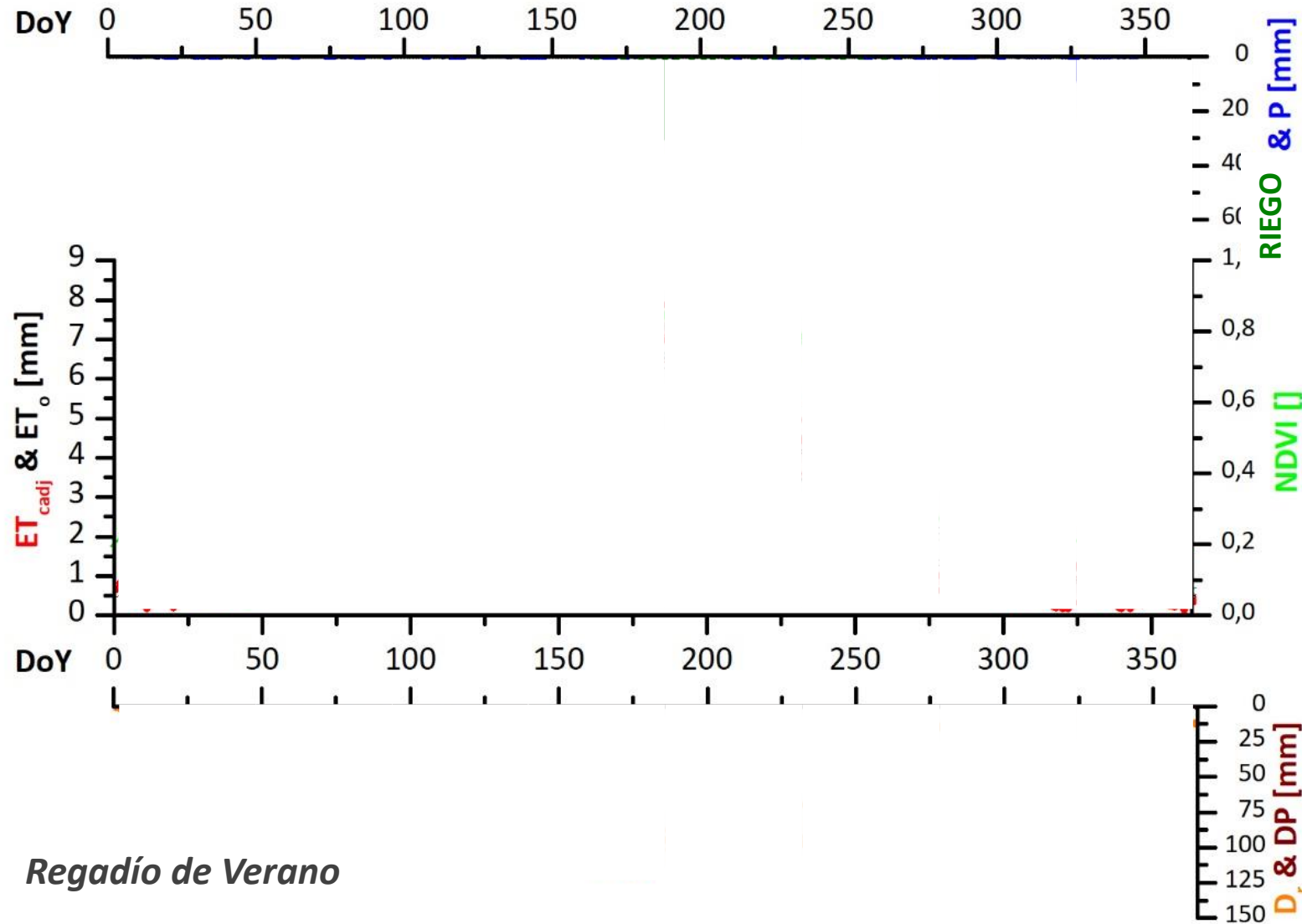


Integración del coeficiente de cultivo basal derivado de la
reflectividad en el procedimiento Kc-ET_o (FAO56)

$$K_{cb}^* = 1.44 \cdot NDVI - 0.1 \quad (\text{Campos et al., 2010})$$

K_{cb}^* “espectral” coeficiente de cultivo basal [0.15 – 1.15],
NDVI, [Valores típicos: suelo desnudo 0.12-0.18; máximo NDVI para
vegetación verde muy densa, 0.91]

Cálculo Consumo Netos. Maíz

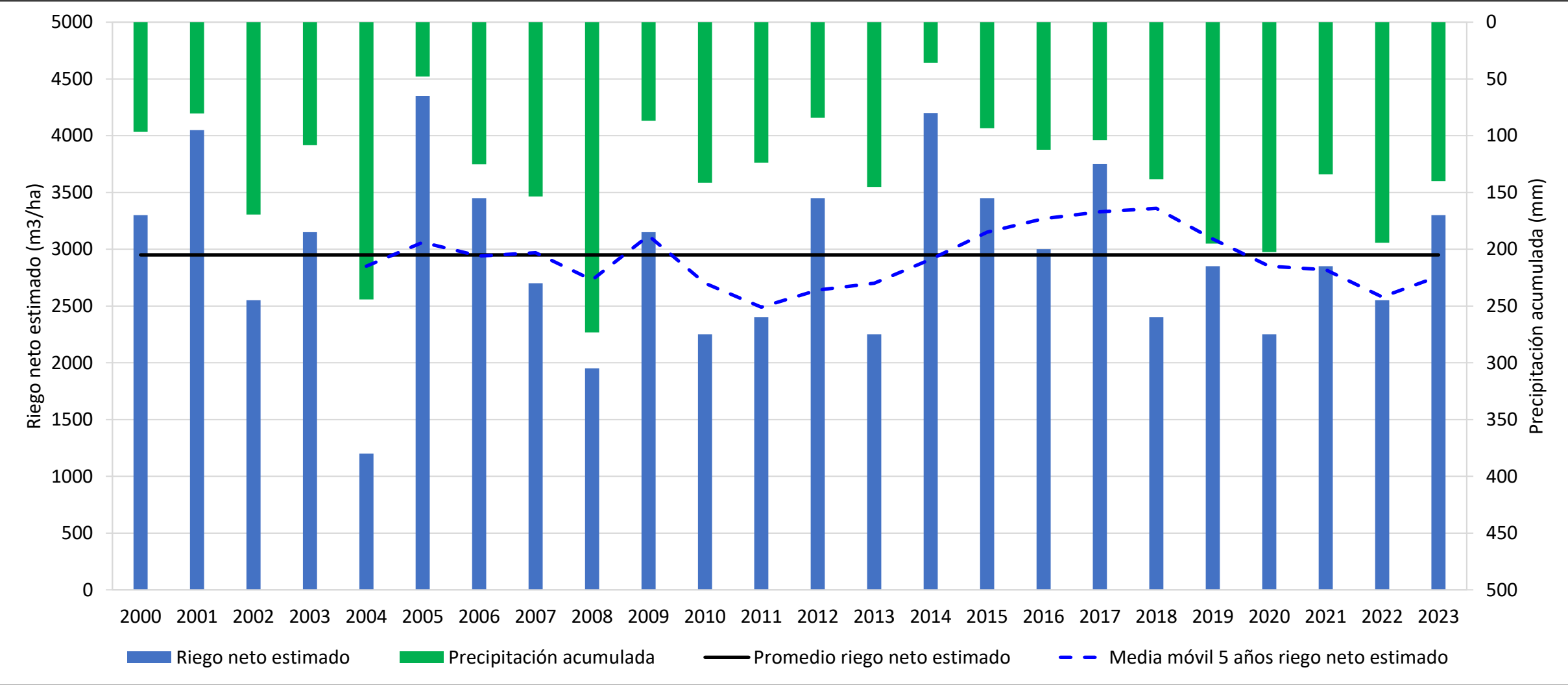


BALANCE DE AGUA Modelo FAO56 asistido por satélite

El modelo reproduce adecuadamente las lecturas de sensores de humedad. Requiere parametrizar el manejo (frecuencia de riego, profundidad de raíces, sensibilidad del cultivo al estrés,...)
(González-Gómez, 2018)
(Sanchez et al.; 2012)
(Garrido et al., 2020,2021,...)

ESCENARIO BASE: **CONSUMOS DE AGUA DE UN CULTIVO DE TRIGO**
PERÍODO 2000-2023 Mancha Oriental_CHJúcar

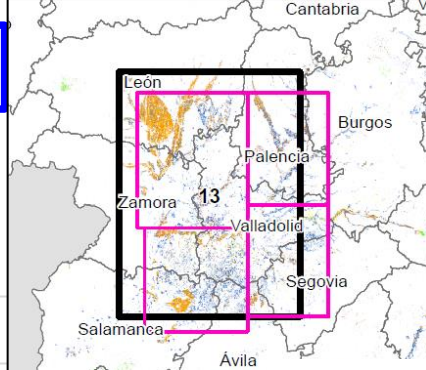
Curva Kcb(NDVI) Observada en parcela campaña 2023
DATOS METEO: Estación SIAR Albacete



MECANISMOS DE ADAPTACIÓN

- **Mejoras tecnológicas** (mejora de la eficiencia en el uso del agua aplicada, reducir evaporación,...)
- **Adaptación de los ciclos de cultivo** a las condiciones ambientales.
- **Cambios en las estructuras de los cultivos de regadío**
Desplazamiento de cultivos de regadío de verano a regadíos de primavera, incremento en la superficie de cultivos leñosos,..., de foma similar a lo que ya ha sucedido en el primer cuarto del siglo XXI

ZONA 13: DUERO_01

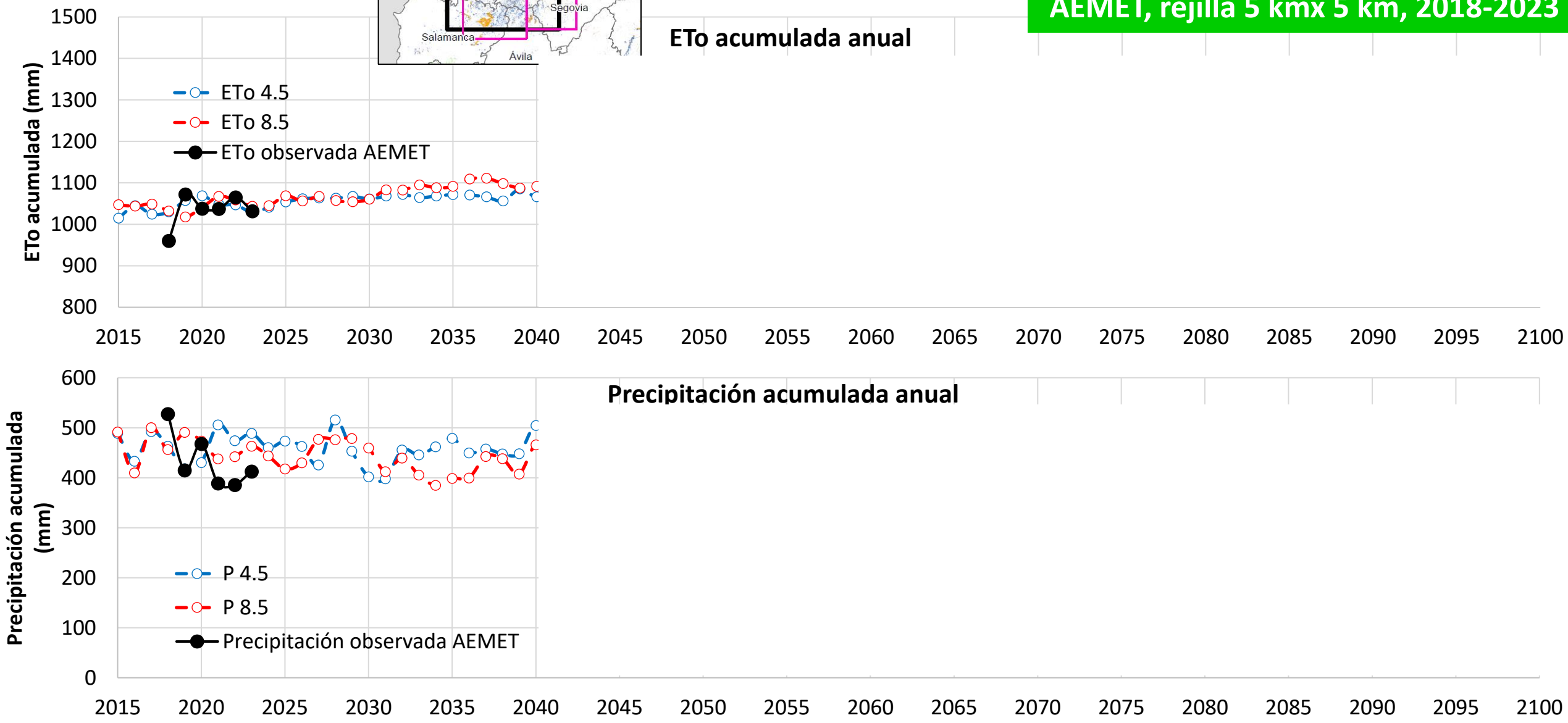


Entradas P y ETo diarias

ETo acumulada anual

P y ETo, desde proyecciones:
ensemble, 2015 a 2100

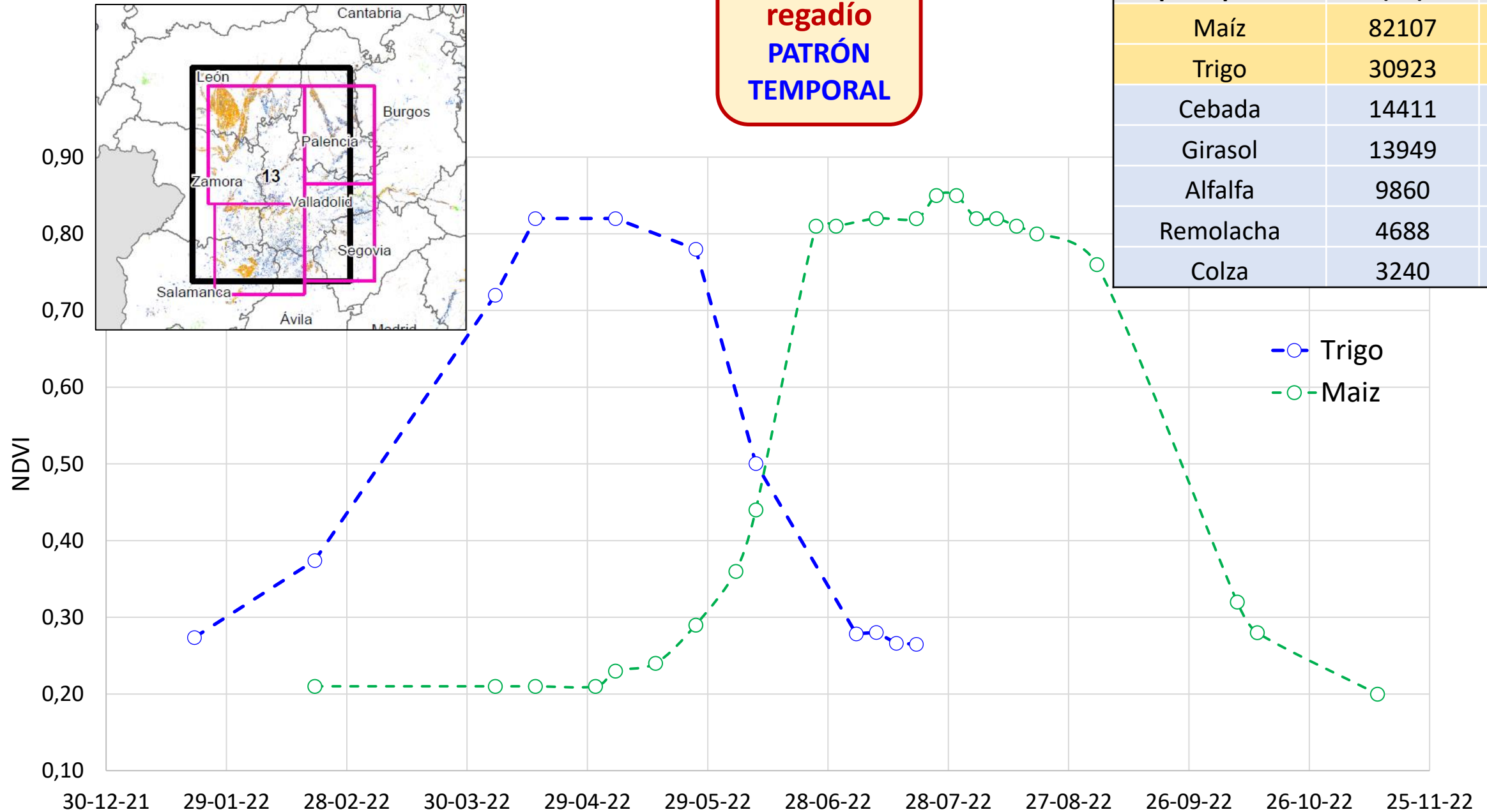
P y ETo, desde datos observacionales
AEMET, rejilla 5 kmx 5 km, 2018-2023

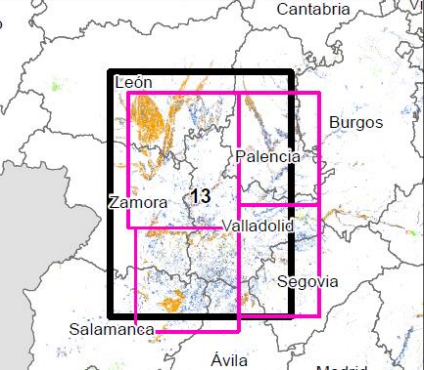


ZONA 13: DUERO_01

Cultivos en
regadío
PATRÓN
TEMPORAL

Cultivos principales	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Maíz	82107	51.6
Trigo	30923	19.4
Cebada	14411	9.1
Girasol	13949	8.8
Alfalfa	9860	6.2
Remolacha	4688	2.9
Colza	3240	2.0





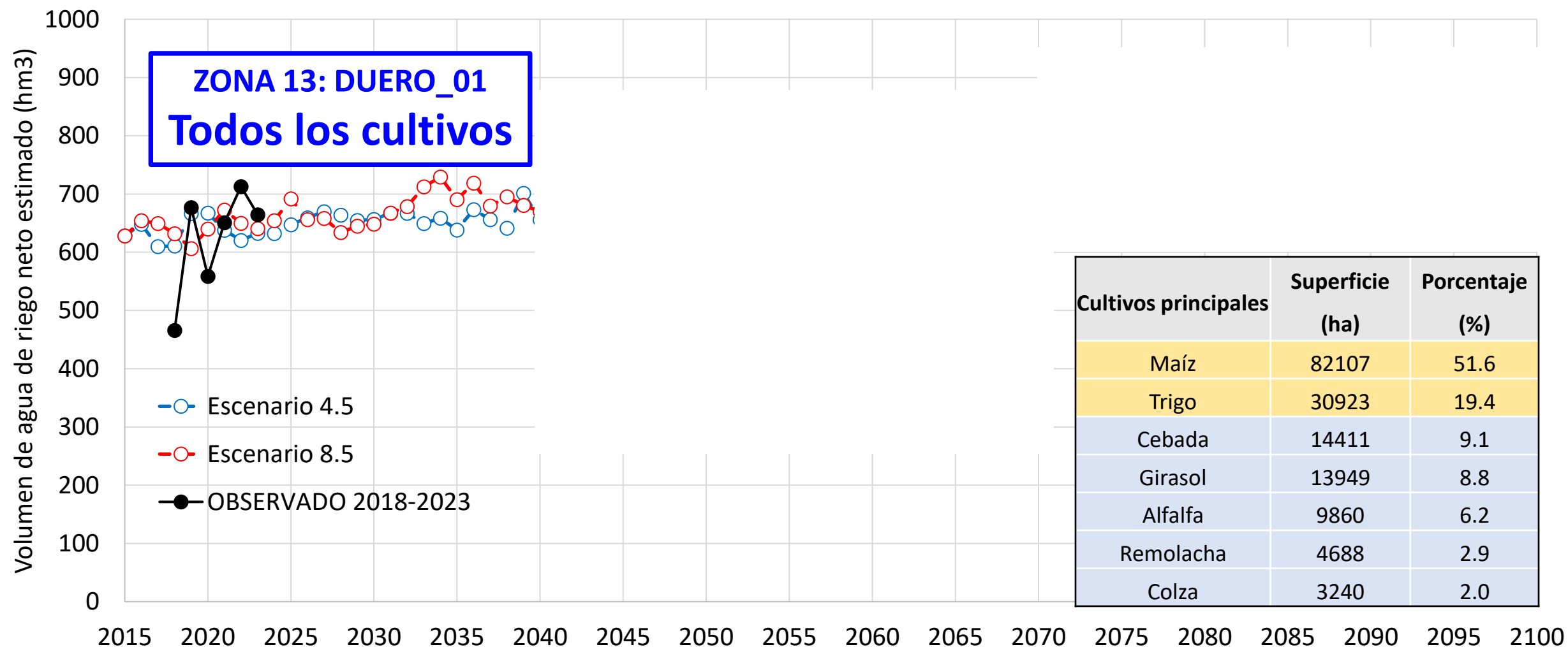
Resultados:

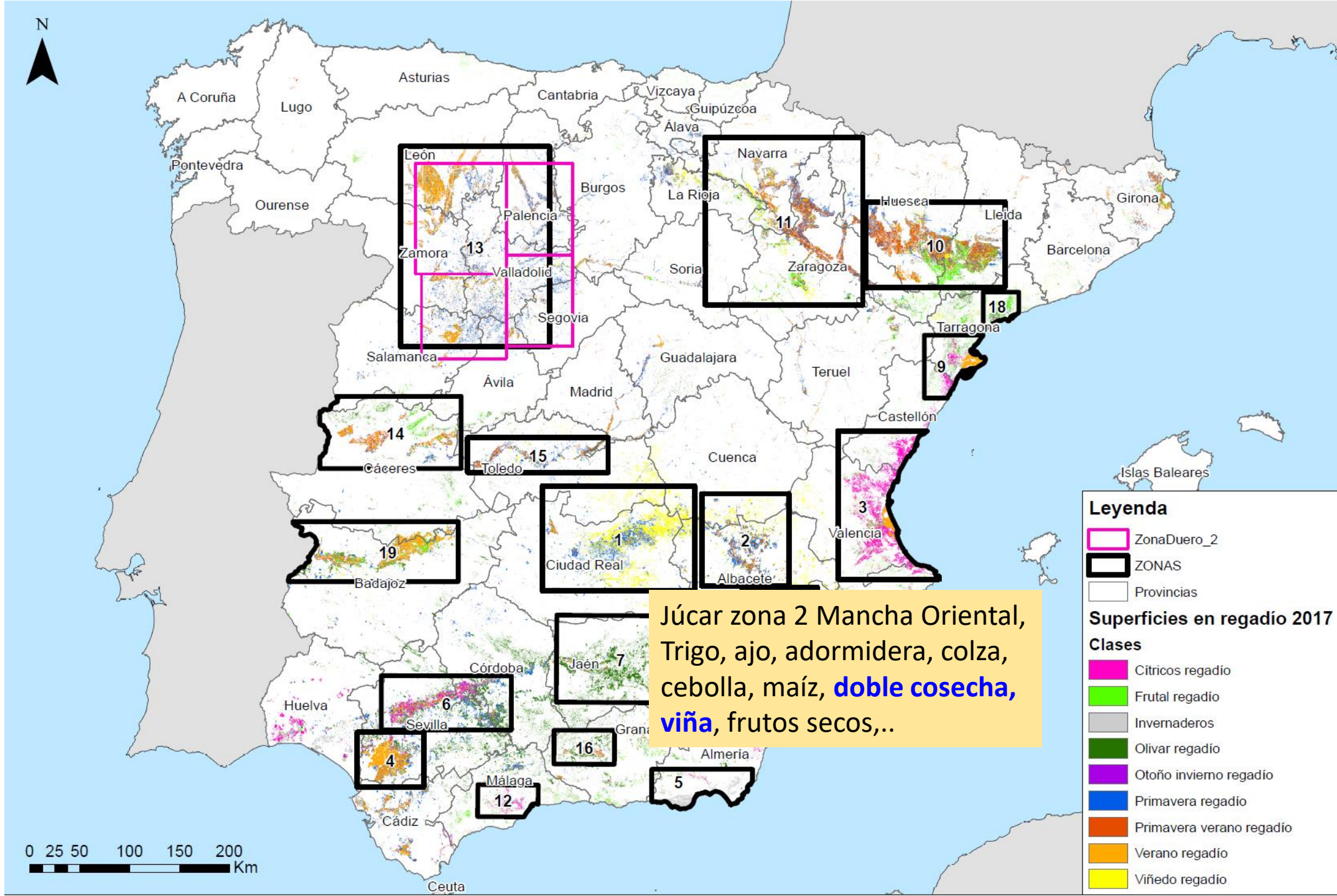
- ✓ Demandas de agua de riego R
- ✓ Por años



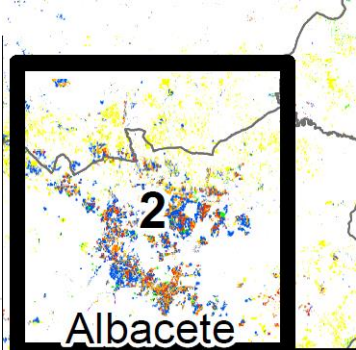
Balance de
agua
FAO56
COEFICIENTE DUAL

Volumen de agua de riego neto total estimado (hm3)





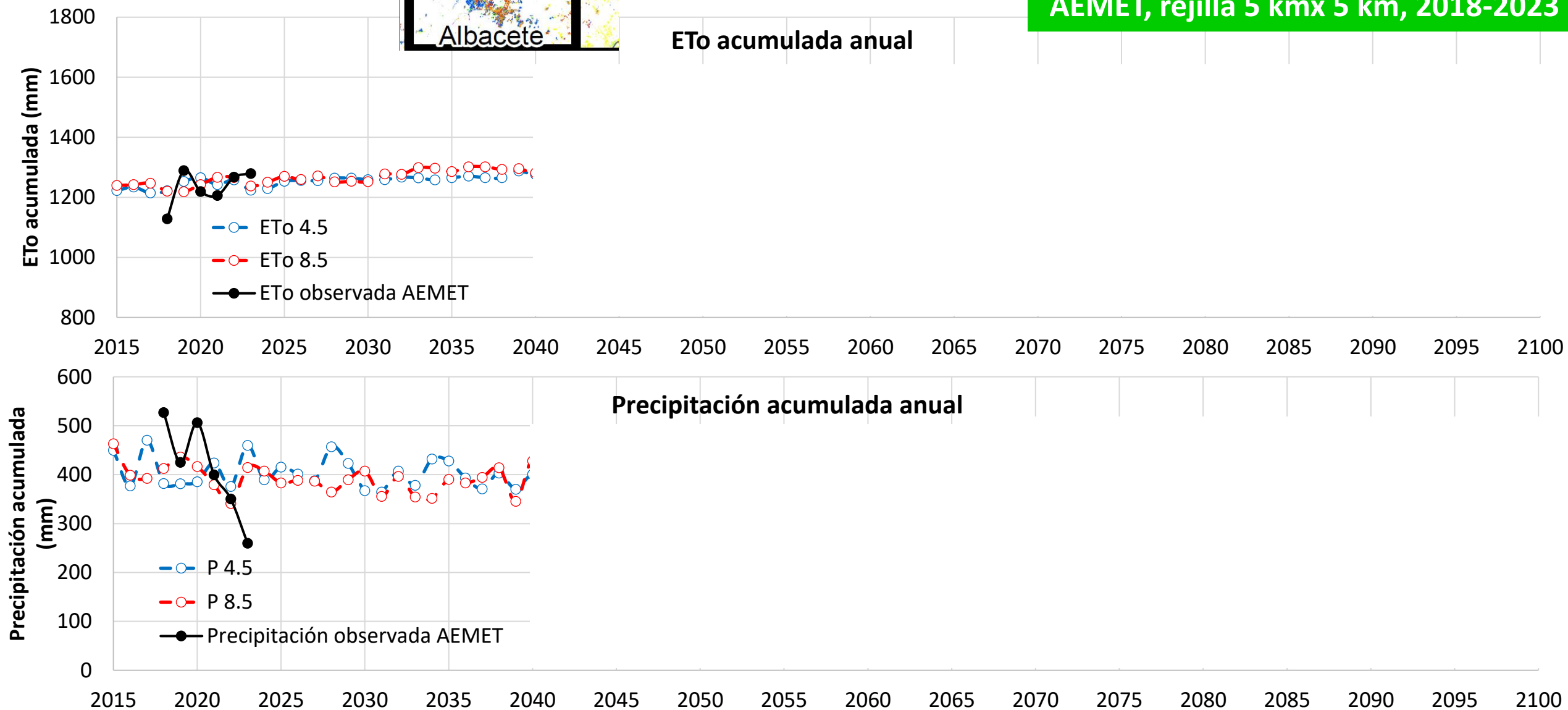
ZONA 2: Júcar Mancha Oriental

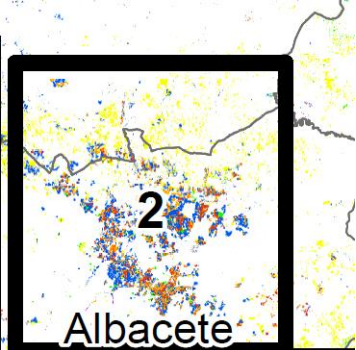


Entradas P y ETo diarias

P y ETo, desde proyecciones:
ensemble, 2015 a 2100

P y ETo, desde datos observacionales
AEMET, rejilla 5 kmx 5 km, 2018-2023





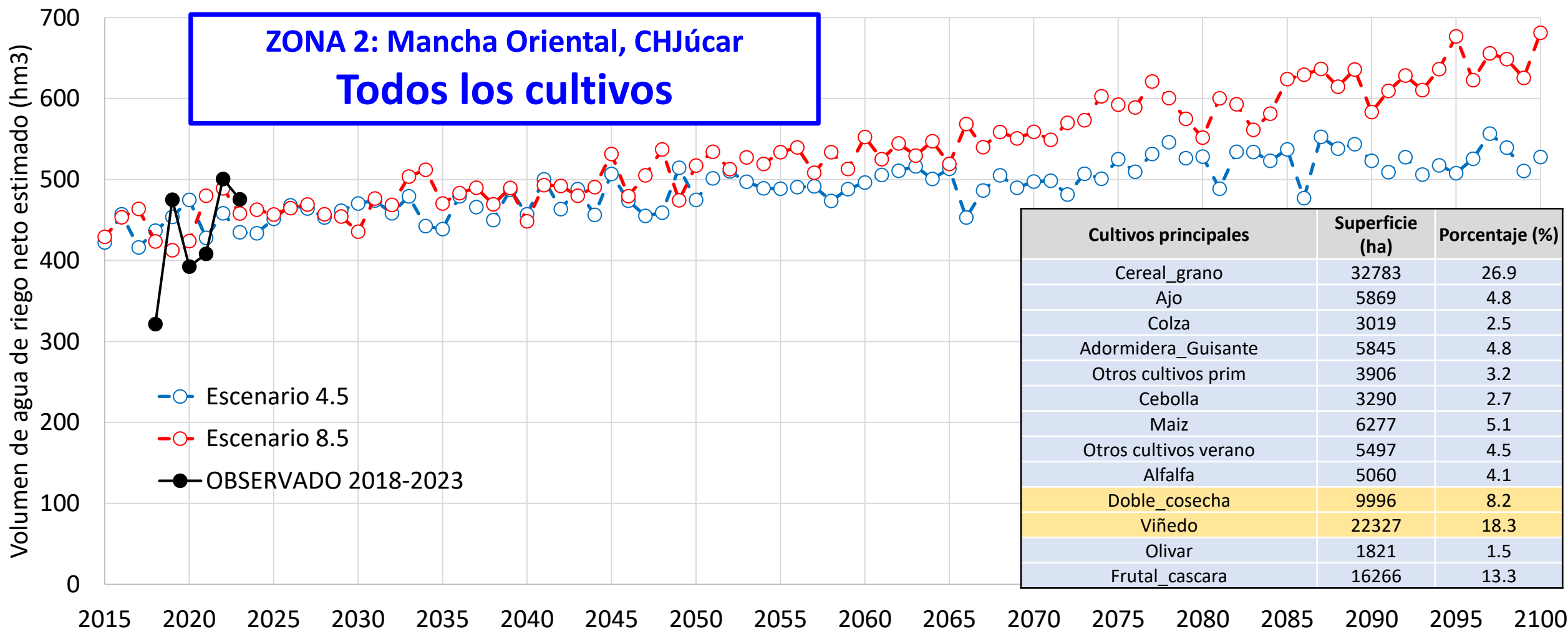
Resultados:

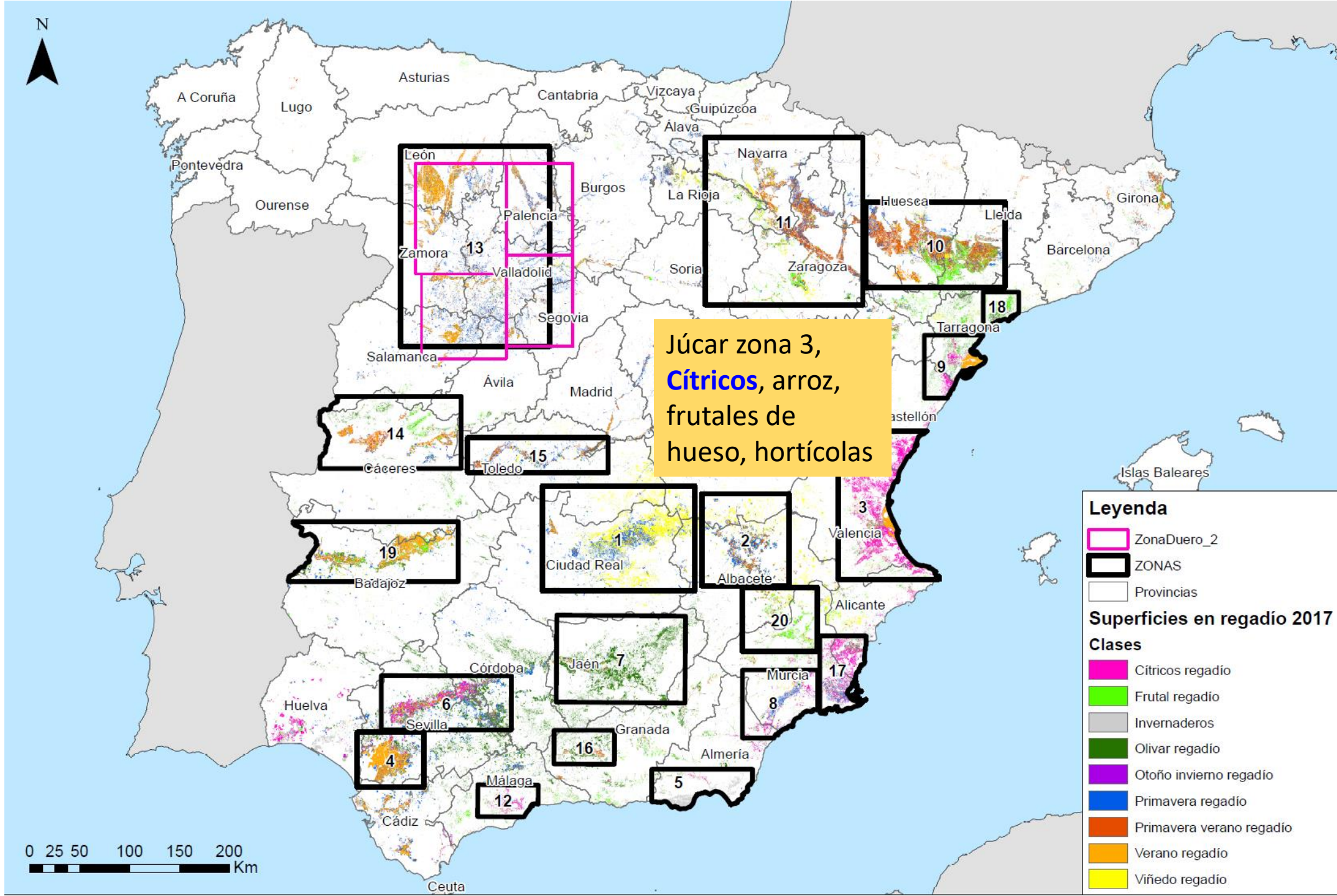
- ✓ Demandas de agua de riego R
- ✓ Por años

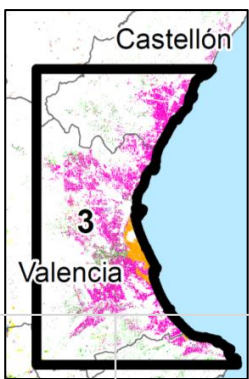


Balance de
agua
FAO56
COEFICIENTE DUAL

Volumen de agua de riego neto total estimado (hm3)







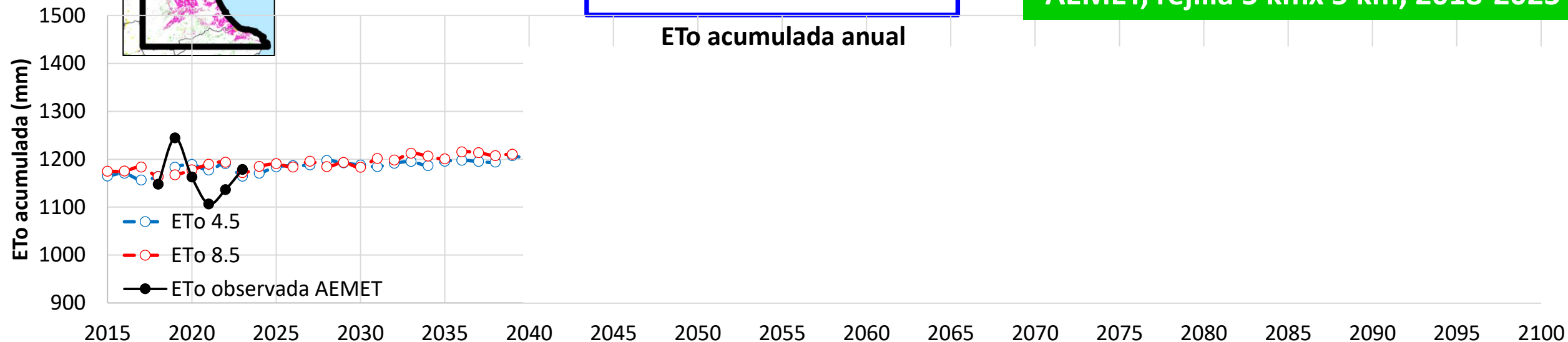
Entradas P y ETo diarias

ZONA 3: Júcar

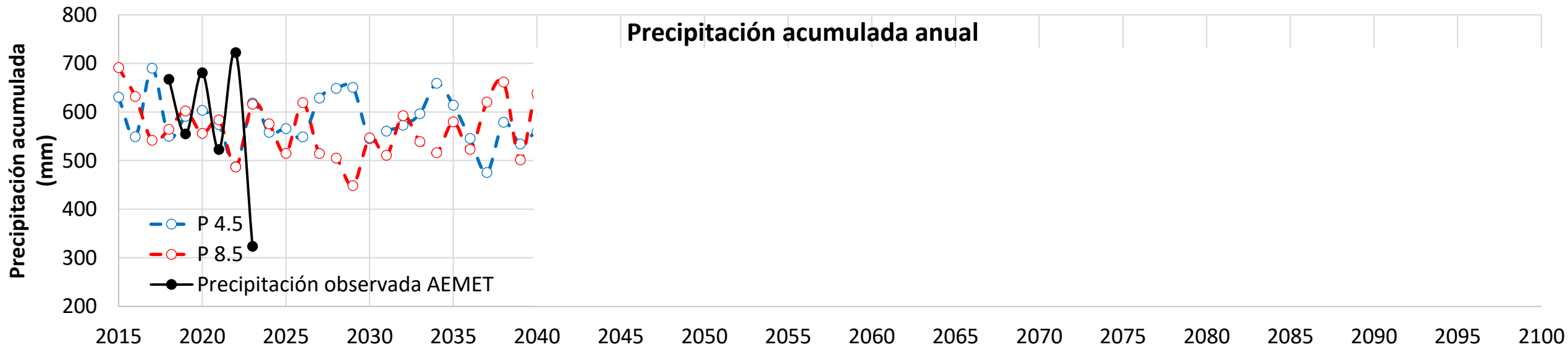
P y ETo, desde proyecciones:
ensemble, 2015 a 2100

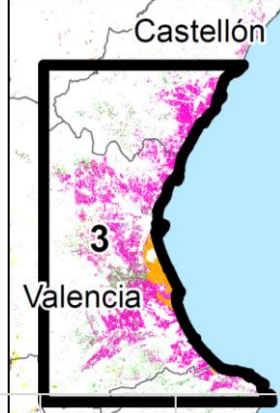
P y ETo, desde datos observacionales
AEMET, rejilla 5 kmx 5 km, 2018-2023

ETo acumulada anual



Precipitación acumulada anual





Resultados:

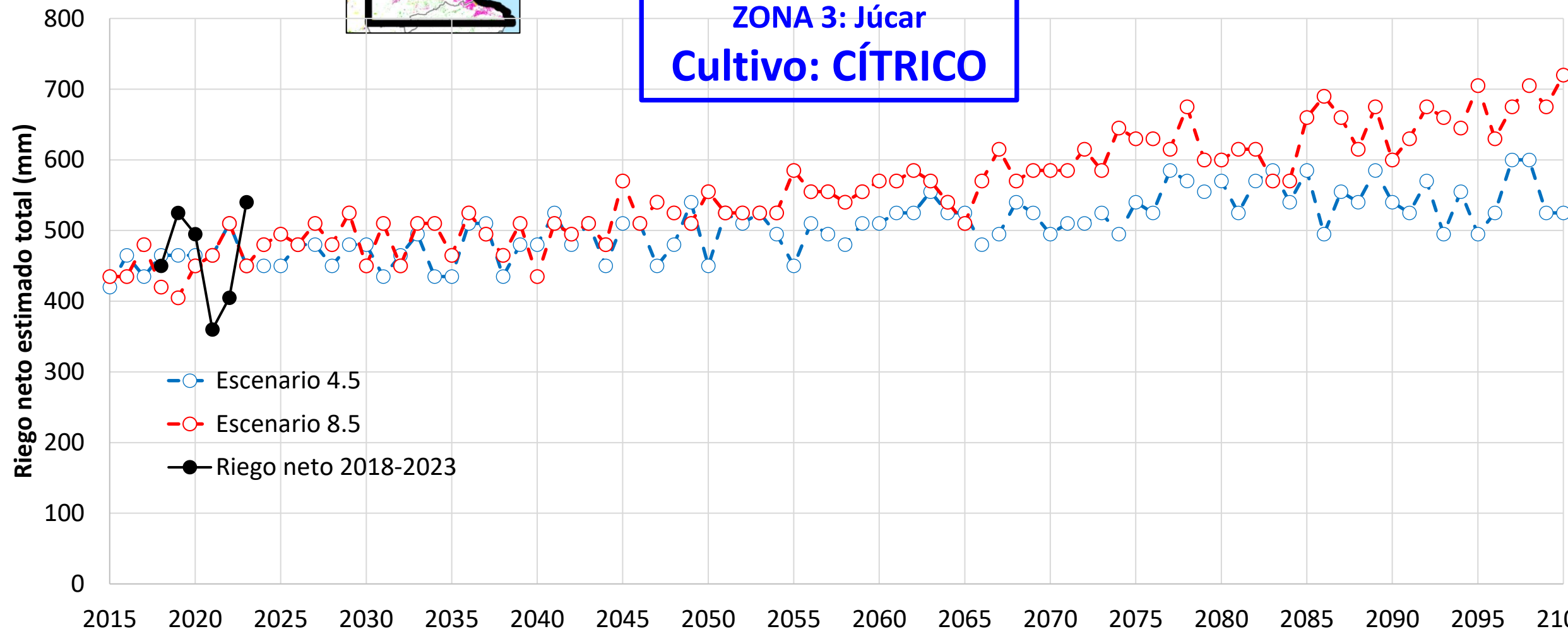
✓ Demandas de agua de riego R

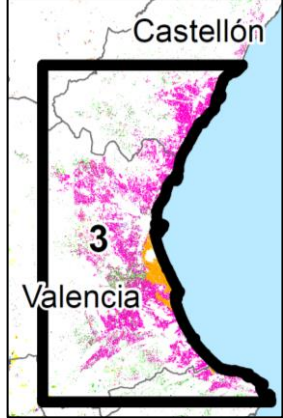
hidro
more

Balance de
agua
FAO56
COEFICIENTE DUAL

Riego neto estimado total

ZONA 3: Júcar
Cultivo: CÍTRICO





Resultados:

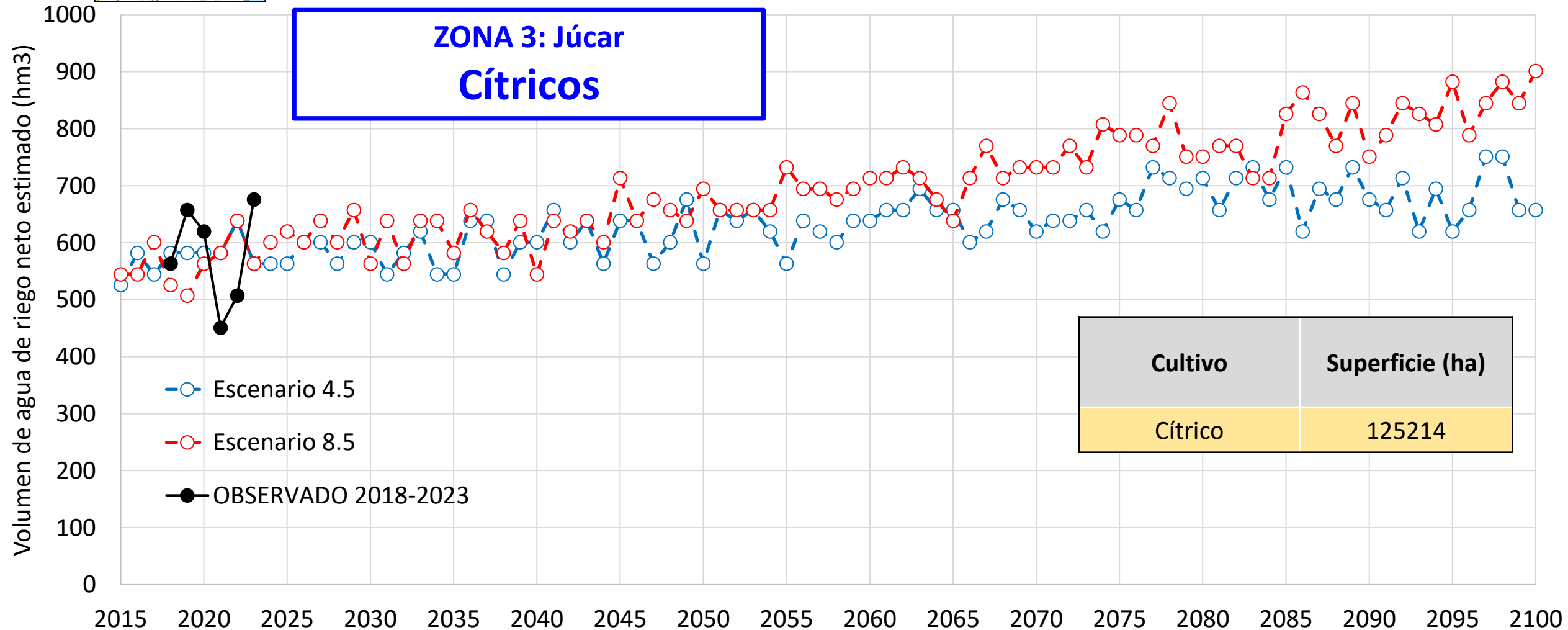
- ✓ Demandas de agua de riego R
- ✓ Por años

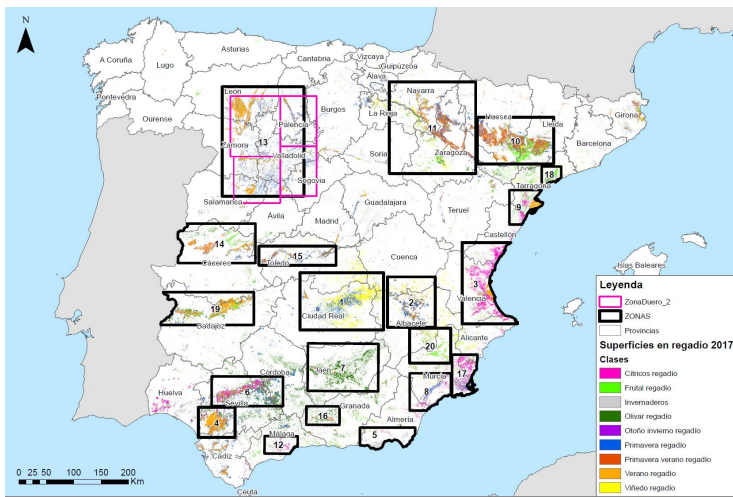
hidro
more

Balance de
agua
FAO56
COEFICIENTE DUAL

Volumen de agua de riego neto total estimado (hm3)

ZONA 3: Júcar
Cítricos



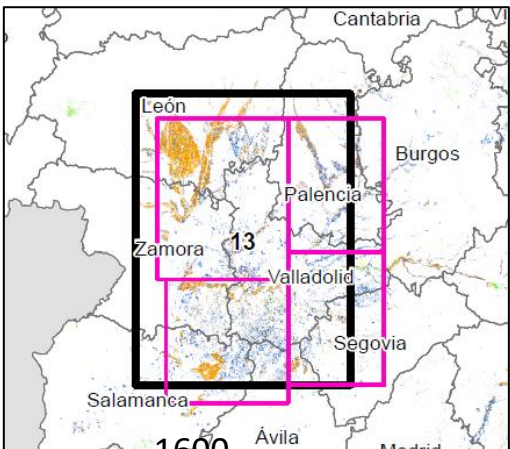


Tendencias y Variabilidad

El “ensemble” de los modelos para las proyecciones climáticas parece capturar la **tendencia** en cuanto a la evolución promedio de ETo y P acumulada en los diferentes escenarios



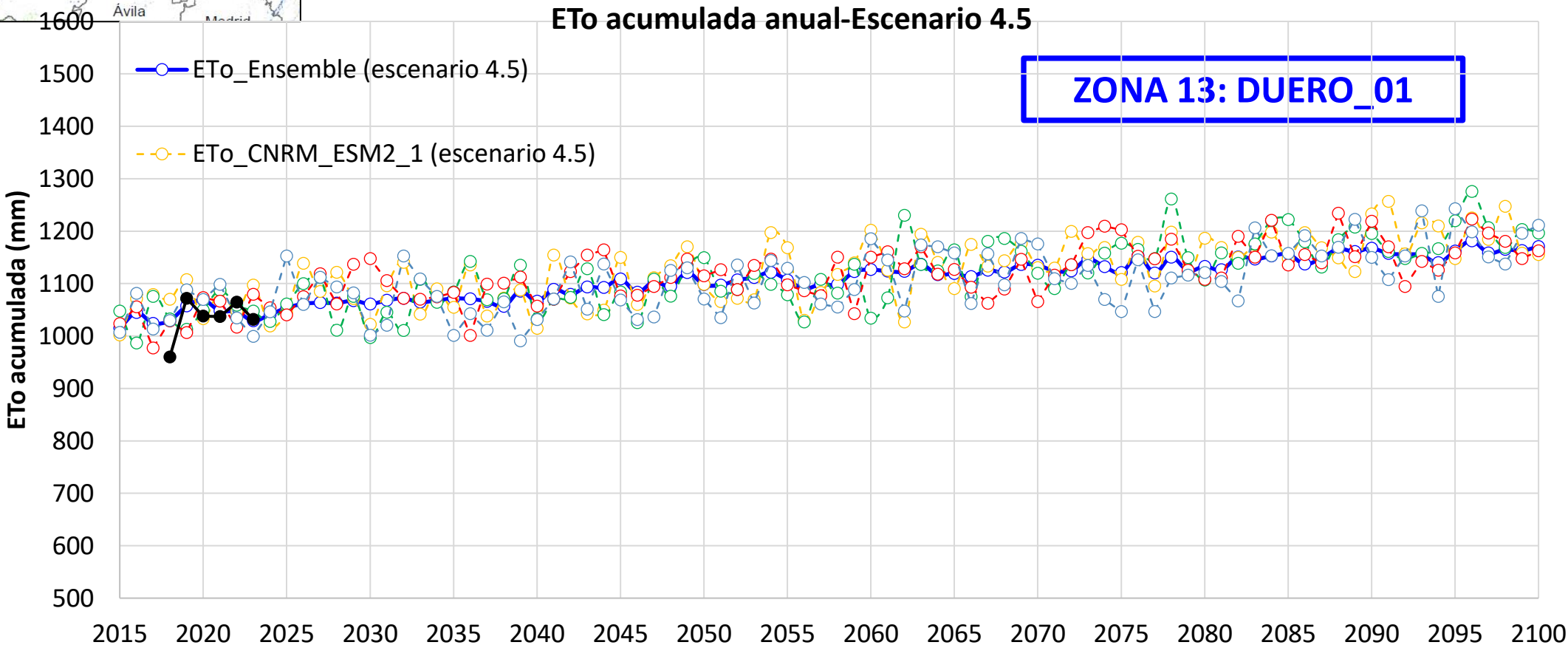
Sin embargo, **el ensemble no captura la variabilidad. Y puede sobreestimar las demandas de agua de evaporación desde suelo desnudo.**



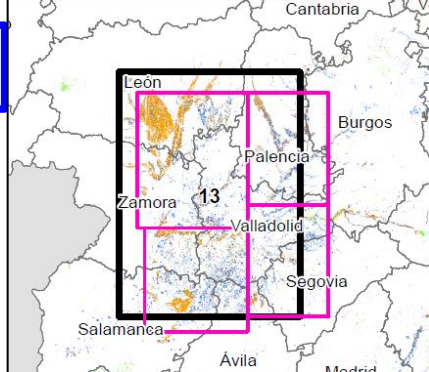
Entradas ETo diarias

ETo desde proyecciones climáticas:
2015 a 2100 (Escenario 4.5)

ETo desde datos observacionales AEMET,
rejilla 5 kmx 5 km, 2018-2023



ZONA 13: DUERO_01

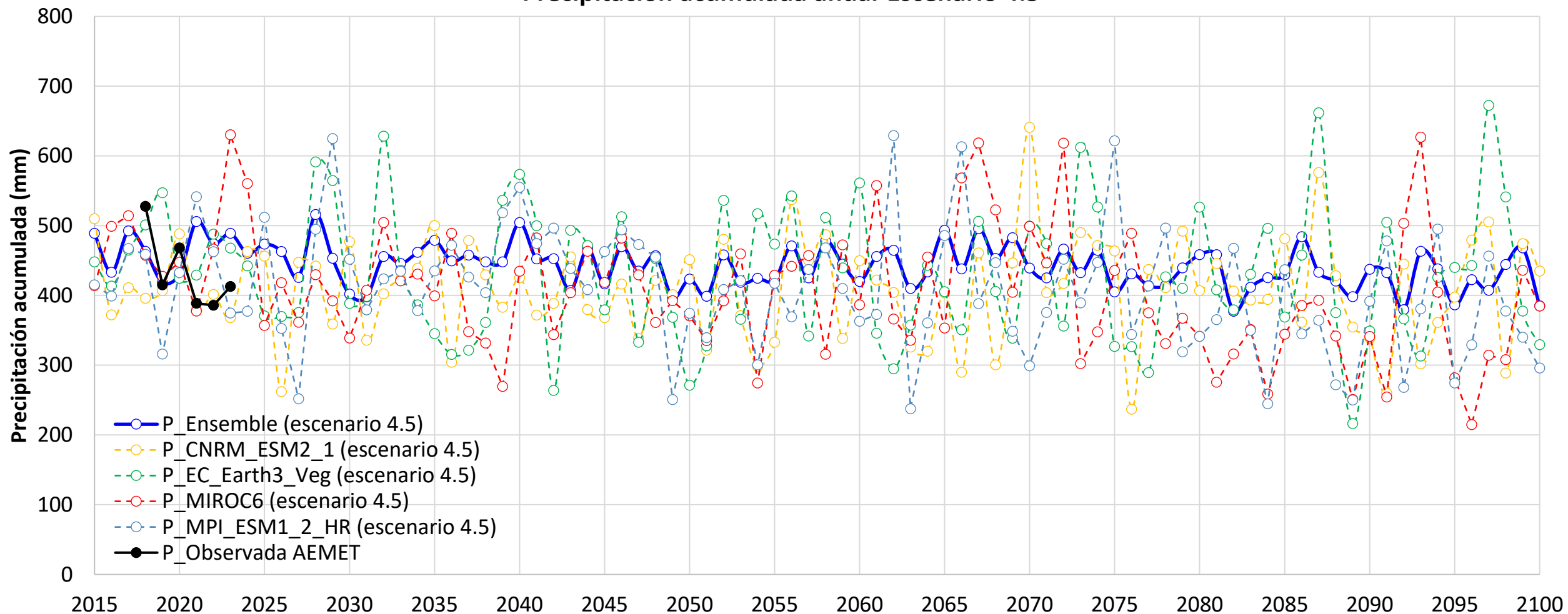


Entradas P diarias

P desde proyecciones climáticas:
2015 a 2100 (Escenario 4.5)

P desde datos observacionales AEMET, rejilla
5 kmx 5 km, 2018-2023

Precipitación acumulada anual-Escenario 4.5



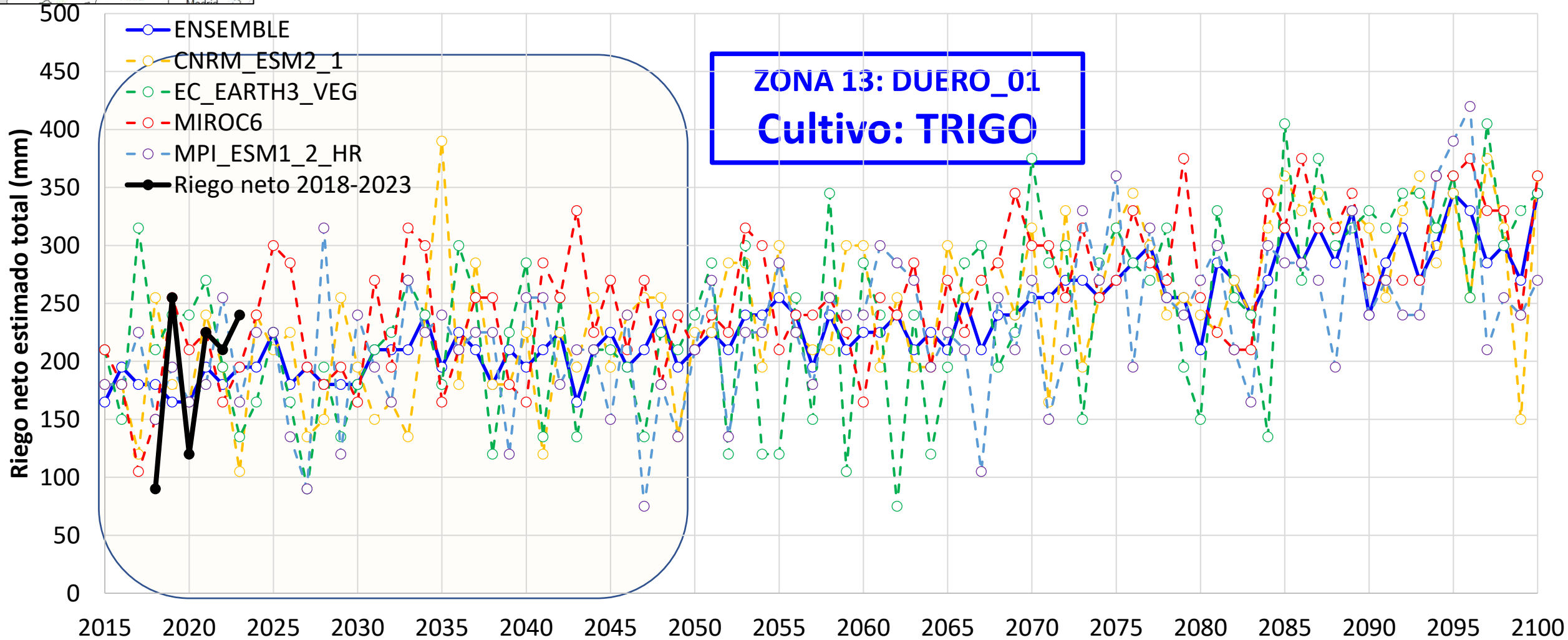
Resultados:

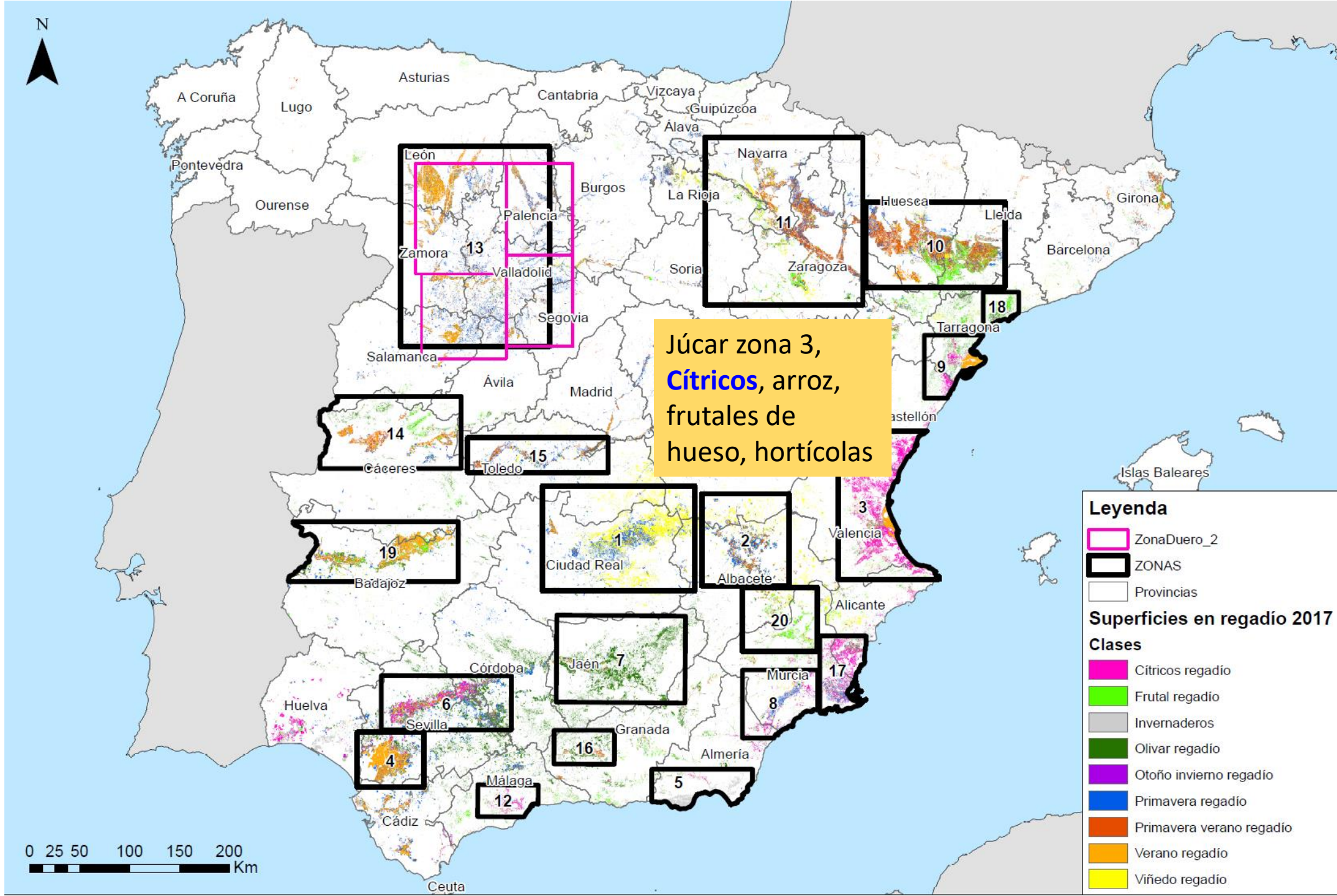
✓ Demandas de agua de riego R (Escena 8.5)

hidro
more

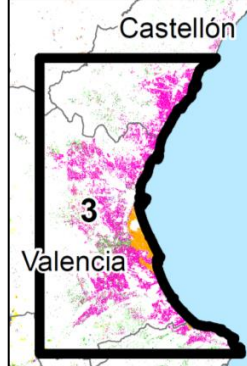
Balance de
agua
FAO56
COEFICIENTE DUAL

R, Demanda de agua de riego (por año)-Escenario 8.5





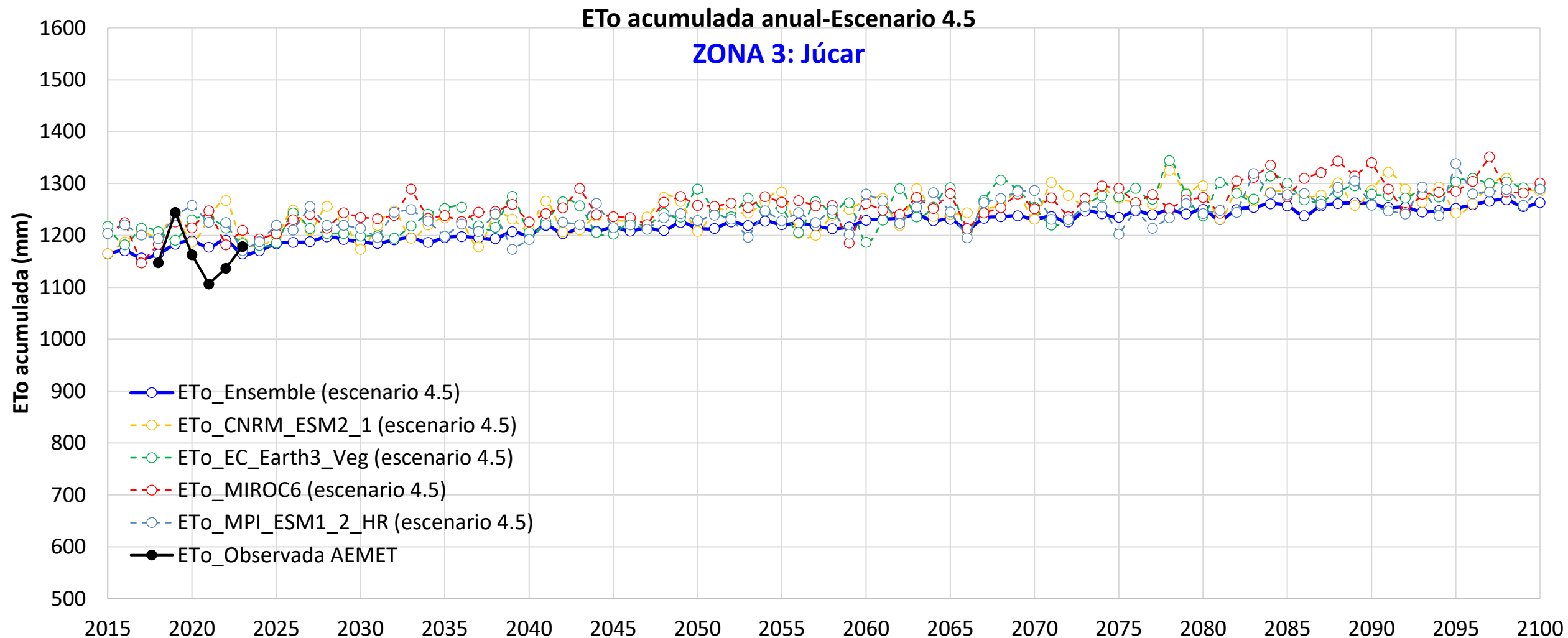
ZONA 3: Júcar



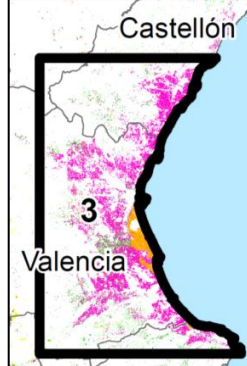
Entradas ETo diarias

ETo desde proyecciones climáticas:
2015 a 2100 (Escenario 4.5)

ETo desde datos observacionales AEMET,
rejilla 5 kmx 5 km, 2018-2023



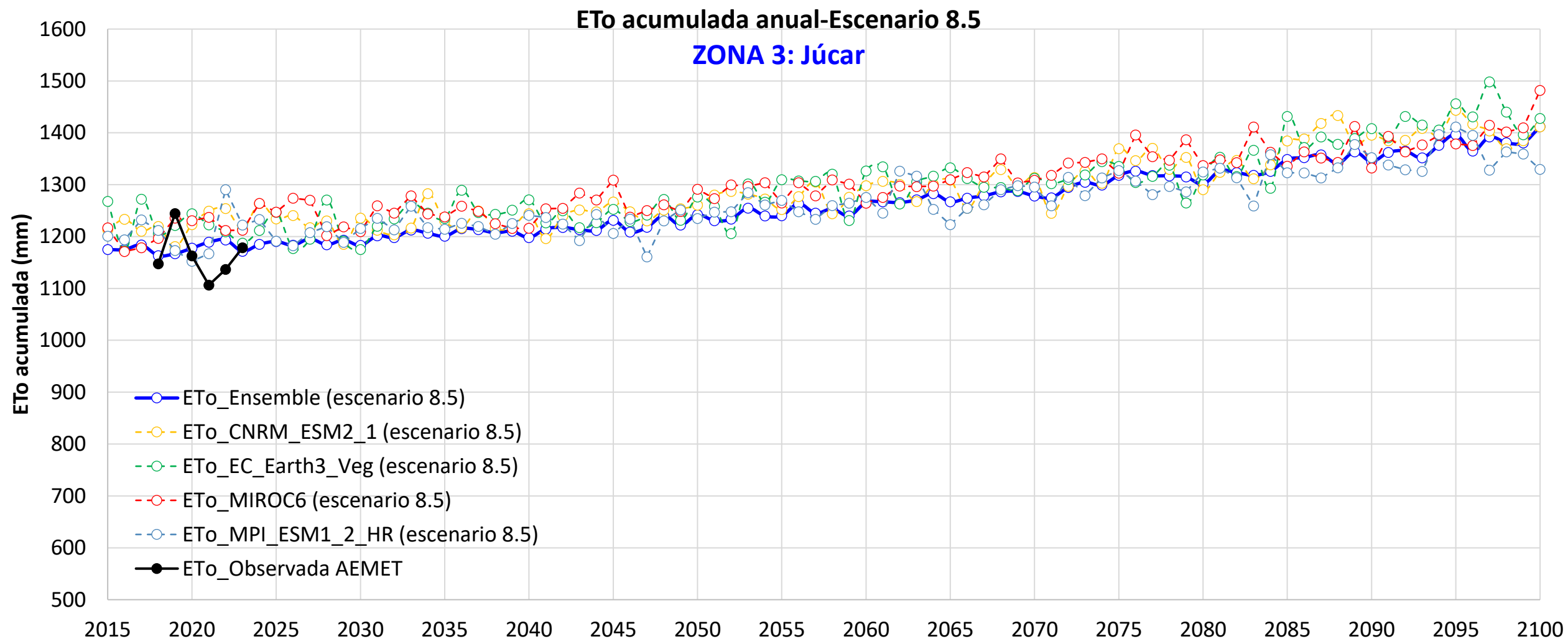
ZONA 3: Júcar



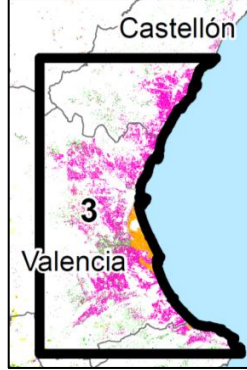
Entradas ETo diarias

ETo desde proyecciones climáticas:
2015 a 2100 (Escenario 8.5)

ETo desde datos observacionales AEMET,
rejilla 5 kmx 5 km, 2018-2023



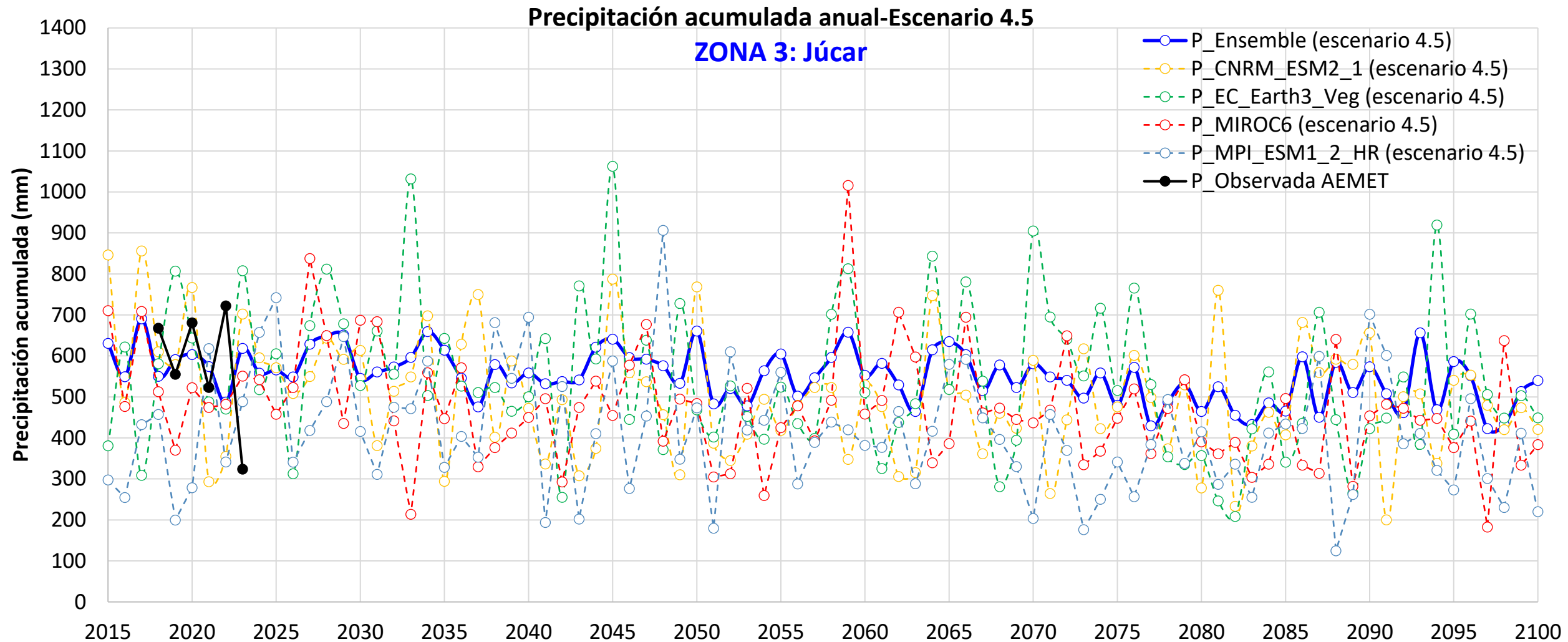
ZONA 3: Júcar



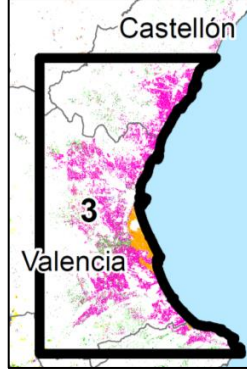
Entradas P diarias

P desde proyecciones climáticas:
2015 a 2100 (Escenario 4.5)

P desde datos observacionales AEMET, rejilla
5 kmx 5 km, 2018-2023



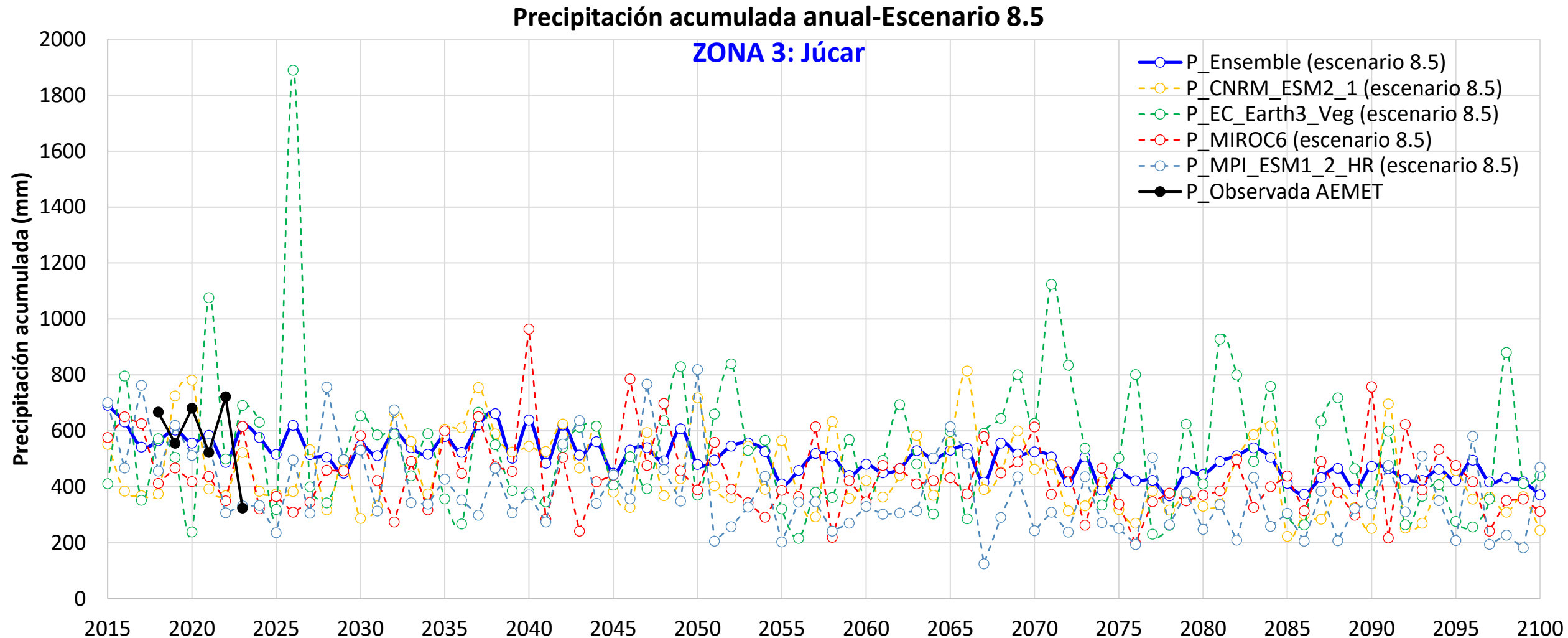
ZONA 3: Júcar



Entradas P
diarias

P desde proyecciones climáticas:
2015 a 2100 (Escenario 8.5)

P desde datos observacionales AEMET, rejilla
5 kmx 5 km, 2018-2023



Proyecto ECLIMAR



Entregables:

- **Dotaciones cultivos principales-comarca** [observado] y [escenarios] Anual y Distribución mensual
- **Consumo de agua comarca-actual estructura de cultivos** [observado] y [escenarios] Anual y Distribución mensual
- **Mecanismos de adaptación** (cambios en los patrones temporales, estructura de cultivos y mejoras eficiencia)

ECLIMAR



¡Gracias! 