

Productos operativos en AEMET

**Servicios climáticos para la adaptación al cambio
climático de la agricultura**

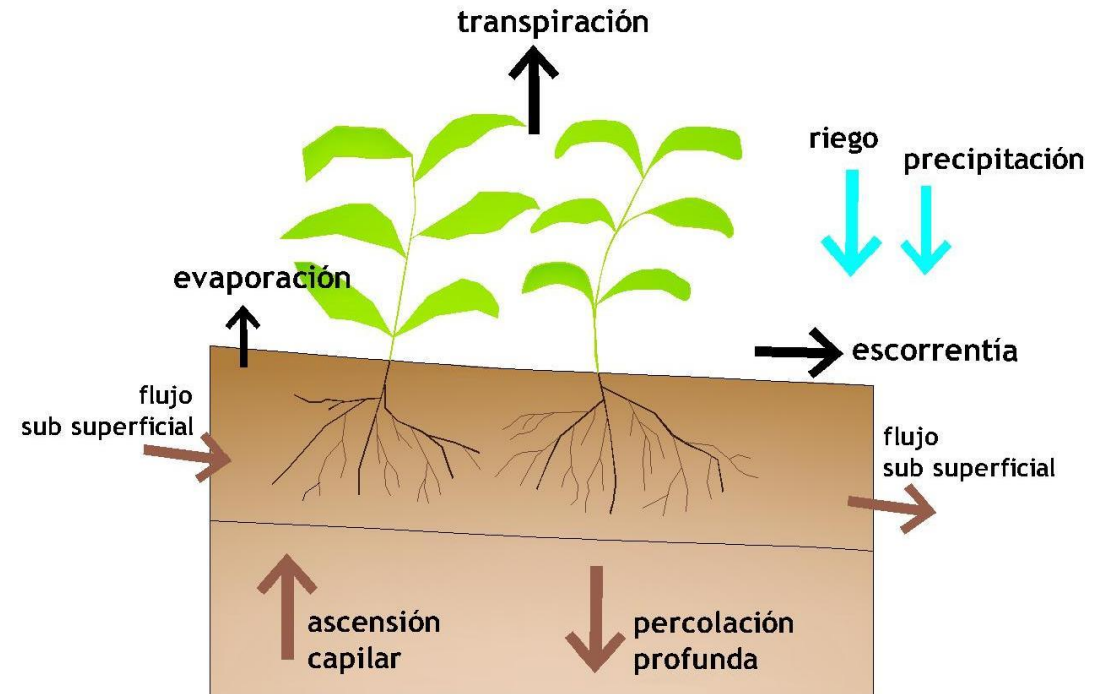
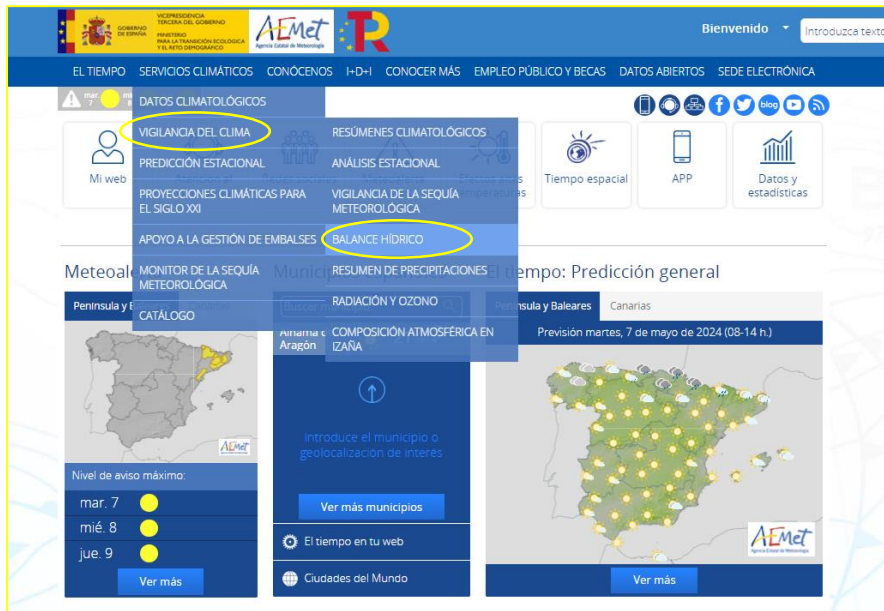
Seminario científico-técnico

9 de mayo de 2024

Ana Morata Gasca

Esteban Rodríguez Guisado

Balance Hídrico. Productos y aplicaciones.

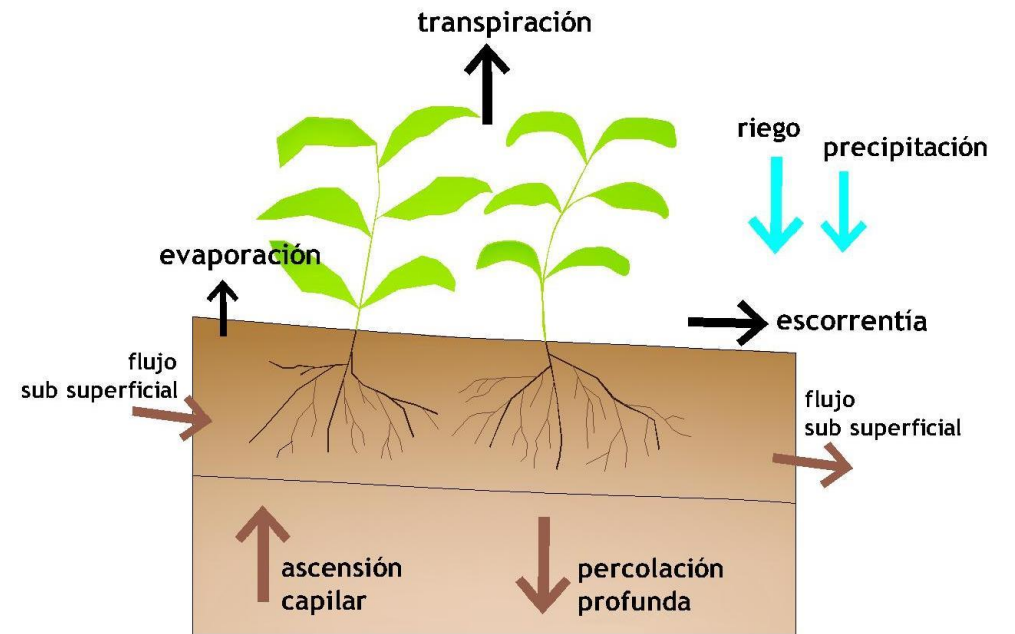


Ecuación del Balance Hídrico

$$R_i = R_{i-1} + (P_i - E_{s_i}) + I_i - ET_{ci} - D_i$$

Donde:

R_i	Reserva del suelo en el día actual (hoy)
R_{i-1}	Reserva del suelo del día anterior (ayer)
P_i	Precipitación
I_i	Cantidad de agua aportada por el riego
E_{s_i}	Escorrentía superficial
ET_{ci}	Evapotranspiración
D_i	Drenaje fuera de la zona radicular (negativo si es ascenso capilar)
$(P_i - E_{s_i})$	Precipitación efectiva



Determinación ETo Penman-Monteith:

Cálculo diario de ETo según FAO

Datos meteorológicos diarios utilizados:

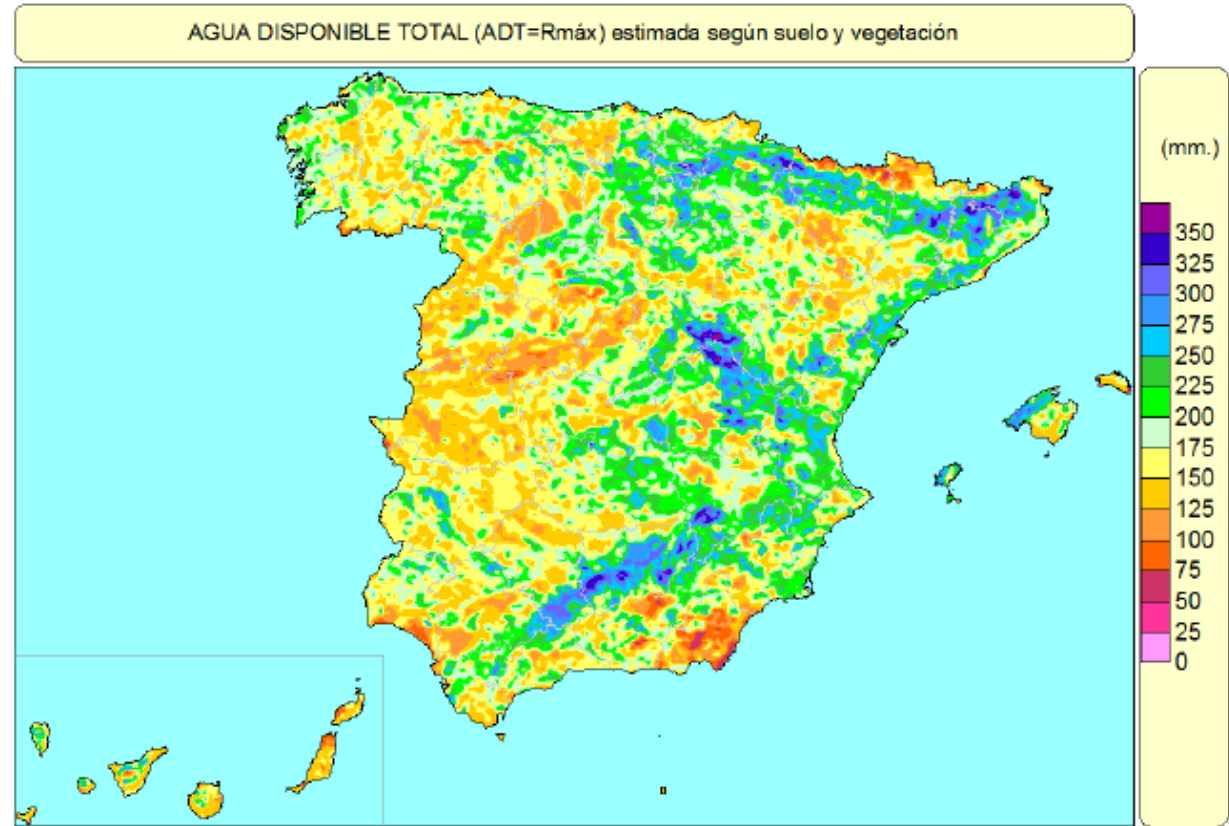
- Temperatura media (valor medio 4 pasadas HARMONIE)
- Humedad relativa media (HARMONIE)
- Velocidad media diaria del viento a 10 m de altura (HARMONIE)
- Nº de horas de sol (estaciones sinópticas)
- Presión media al nivel de referencia de la estación (HARMONIE)

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

donde:

ET_o	evapotranspiración de referencia (mm día ⁻¹)
R_n	radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m ² día ⁻¹)
G	flujo de calor del suelo (MJ m ² día ⁻¹)
T	temperatura del aire a 2 m de altura (°C)
u_2	velocidad del viento a 2 m de altura (m s ⁻¹)
e_s	presión de vapor de saturación (kPa)
e_a	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
Δ	pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C ⁻¹)
γ	constante psicrométrica (kPa °C ⁻¹)

Los valores de la Reserva Máxima en mm para cada punto, estimados como Agua Disponible Total



R. Botey, y J.V. Moreno. (2015). *Metodología para estimar la humedad del suelo mediante un balance hídrico exponencial diario*. AEMET.

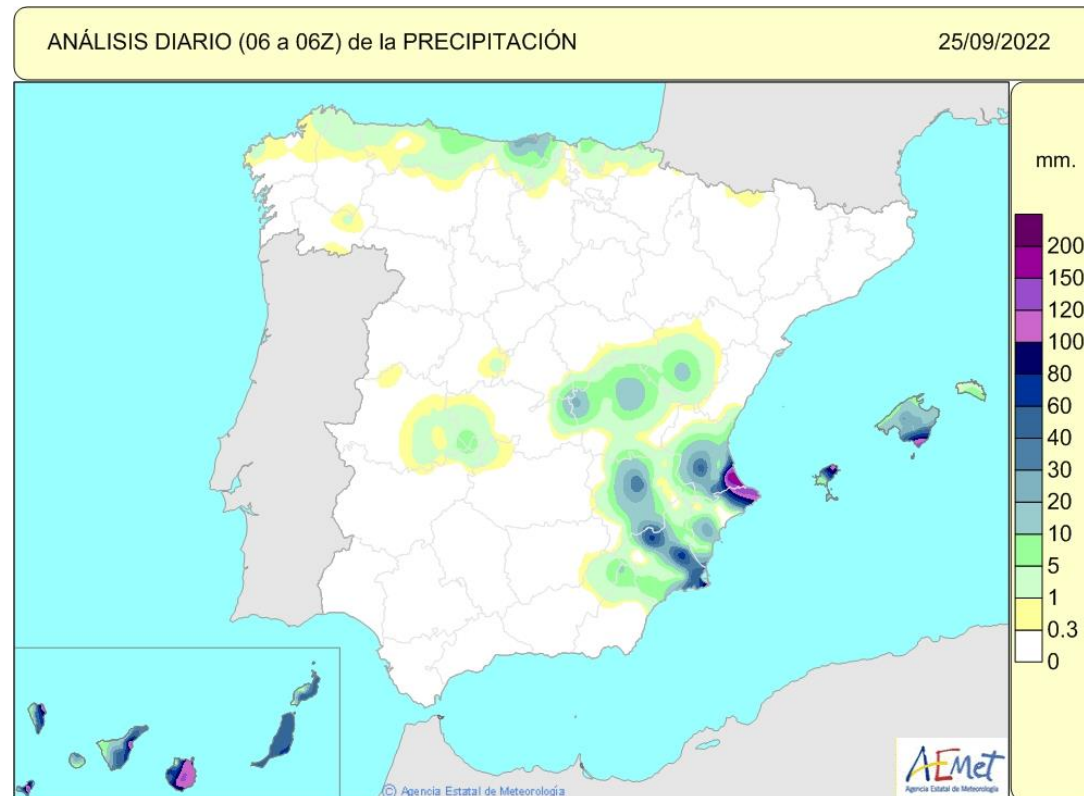
Disponible en:

http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/balance_hidrico/Metodologia.pdf

Productos del Balance Hídrico en tiempo real

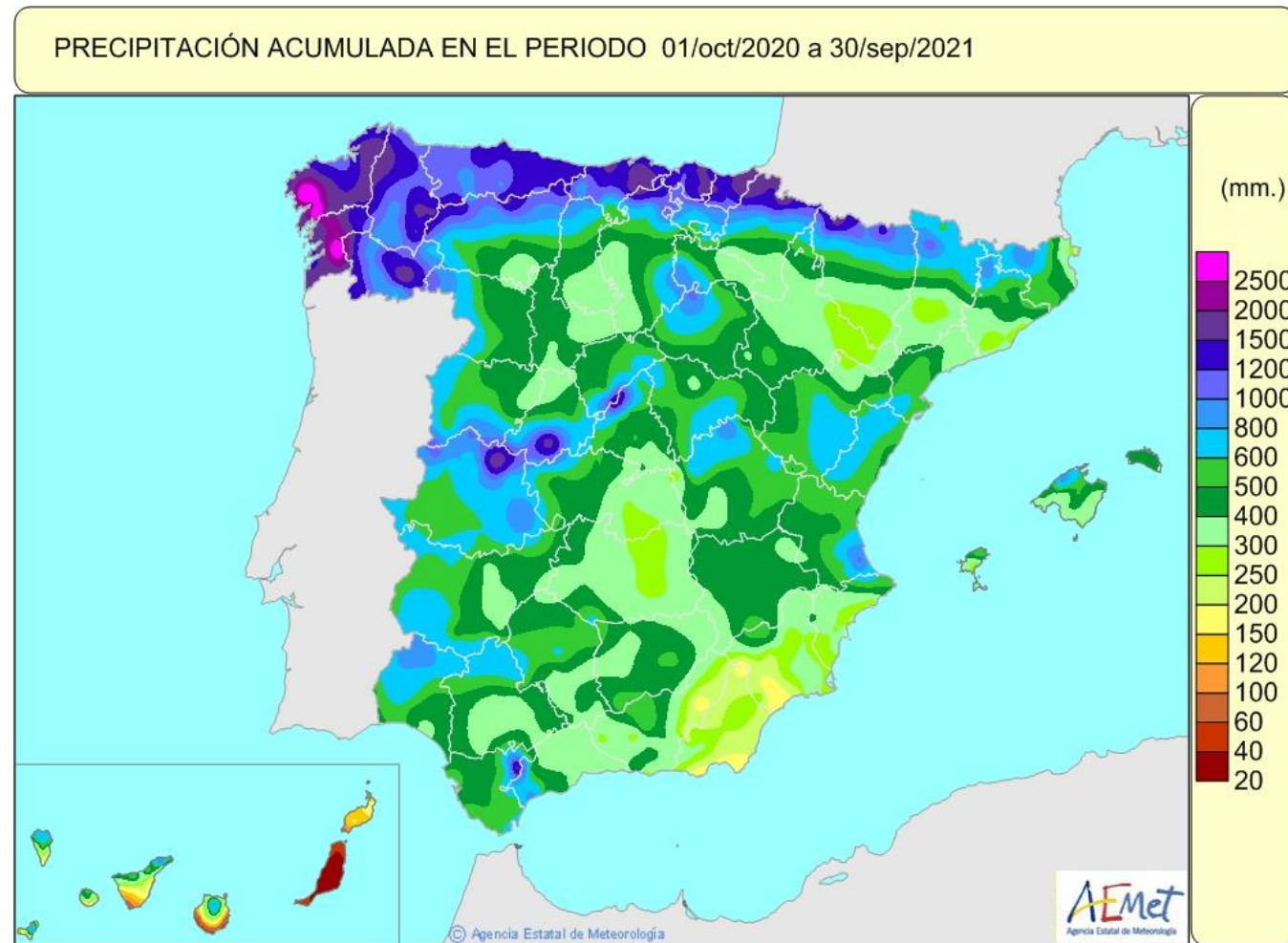
Análisis diario en tiempo cuasi-real, con aproximadamente 800 estaciones automáticas.

(Interpolación: krigeado universal; revisión y filtrado de datos).



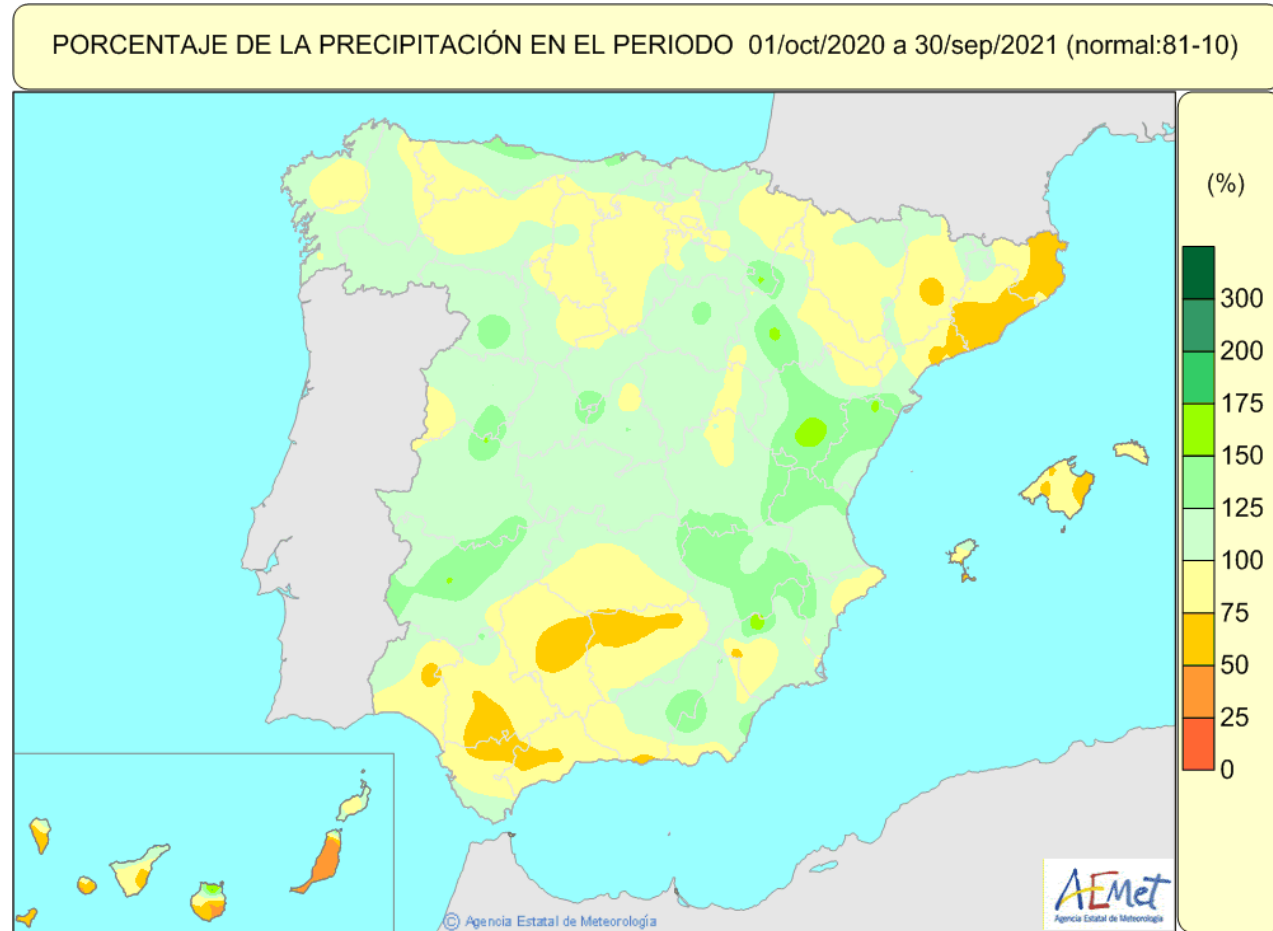
Productos del Balance Hídrico en tiempo real

Precipitación acumulada en diferentes periodos: año hidrológico



Productos del Balance Hídrico en tiempo real

Porcentaje de la precipitación acumulada en diferentes periodos: Año hidrológico.



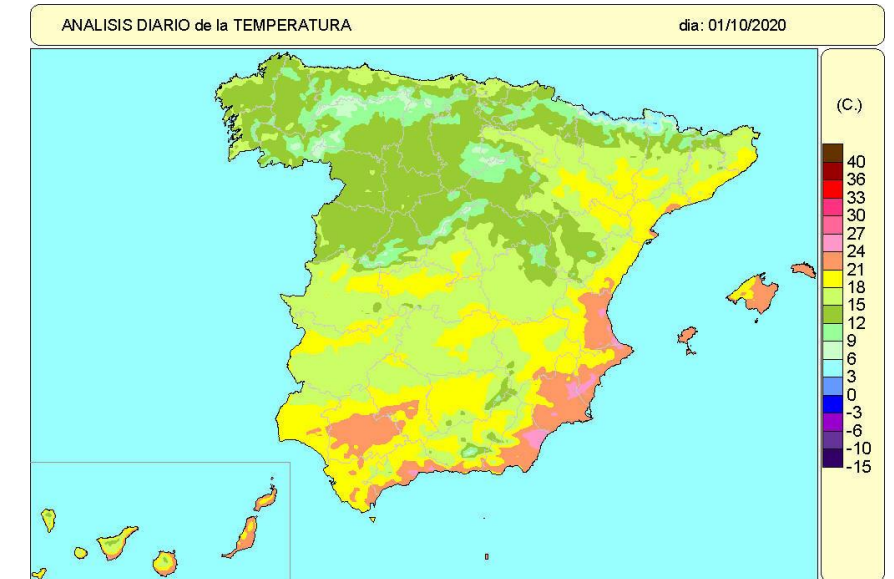
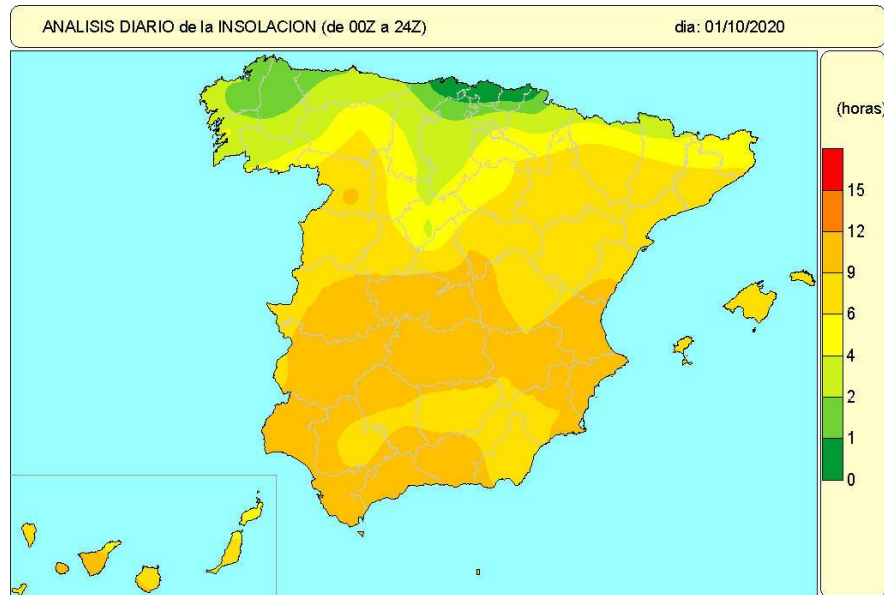
Productos del Balance Hídrico en tiempo real

Carácter del año hidrológico

ESPAÑA				
Orden	Año	Prec. total	Porcentaje	Carácter
1	2004-05	416,9	66	MS
2	2011-12	468,5	74	MS
3	1994-95	491,2	77	MS
4	1998-99	495,1	78	MS
5	1980-81	521,0	82	MS
6	2016-17	538,8	85	MS
7	1964-65	540,1	85	MS
8	2018-19	545,2	86	MS
9	1988-89	549,9	87	MS
10	1999-00	556,3	88	MS
11	1993-94	562,2	89	S
12	1991-92	564,2	89	S
13	1992-93	567,0	89	S
14	1981-82	567,4	89	S
15	1982-83	572,3	90	S
16	2001-02	573,9	90	S
17	1986-87	575,6	91	N
18	2007-08	583,4	92	N
19	1975-76	584,0	92	N
20	1966-67	586,9	92	N
21	2005-06	597,3	94	N
22	2008-09	597,6	94	N
23	2020-21	598,3	94	N
24	1985-86	600,7	95	N
25	2014-15	606,0	95	N
26	1974-75	607,2	96	N
27	1972-73	610,1	96	N
28	2015-16	611,6	96	N
29	1979-80	618,9	97	N
30	1990-91	622,1	98	N
31	2013-14	638,3	101	H
32	1967-68	645,9	102	H
33	1969-70	652,4	103	H

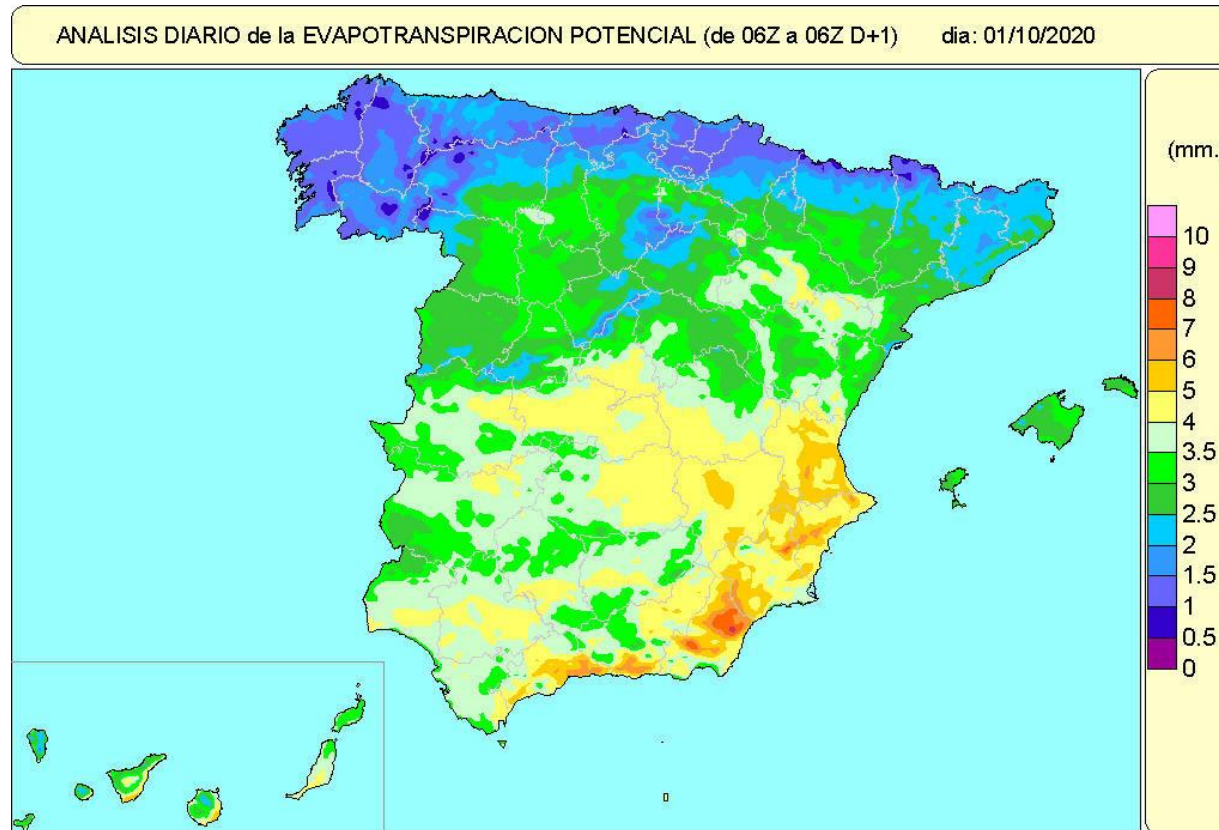
Productos del Balance Hídrico en tiempo real

Evapotranspiración de referencia(Eto): análisis diario de variables que intervienen en su cálculo.



Productos del Balance Hídrico en tiempo real

Evapotranspiración de referencia(Eto)

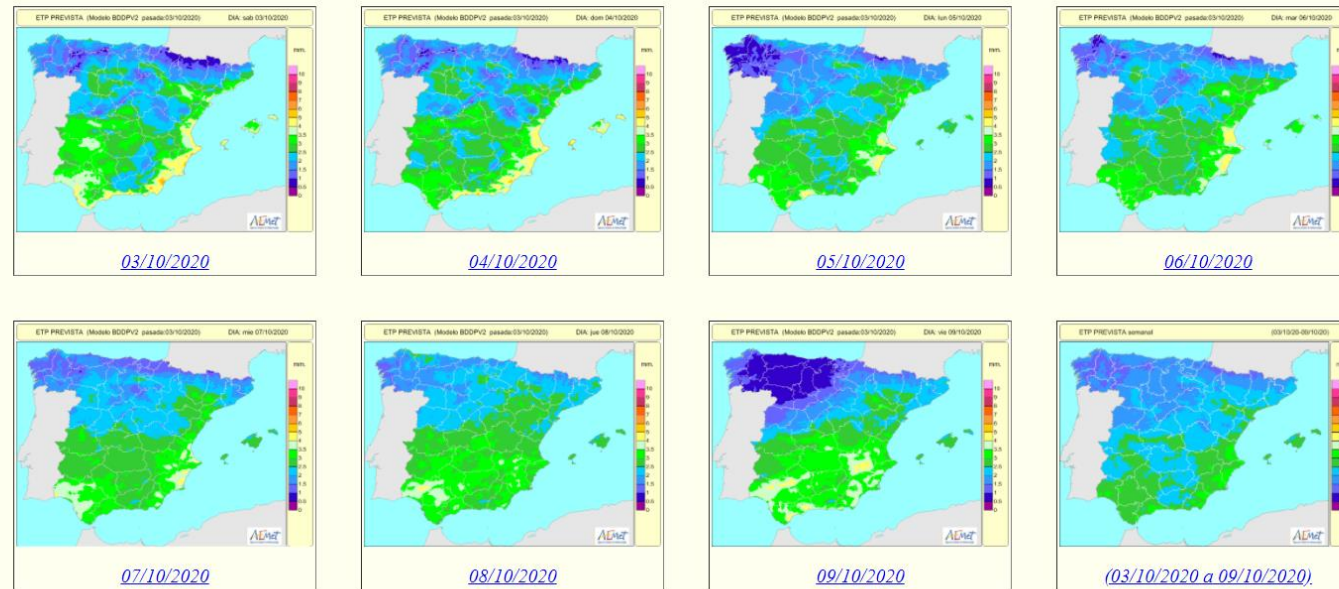


Productos del Balance Hídrico en tiempo real

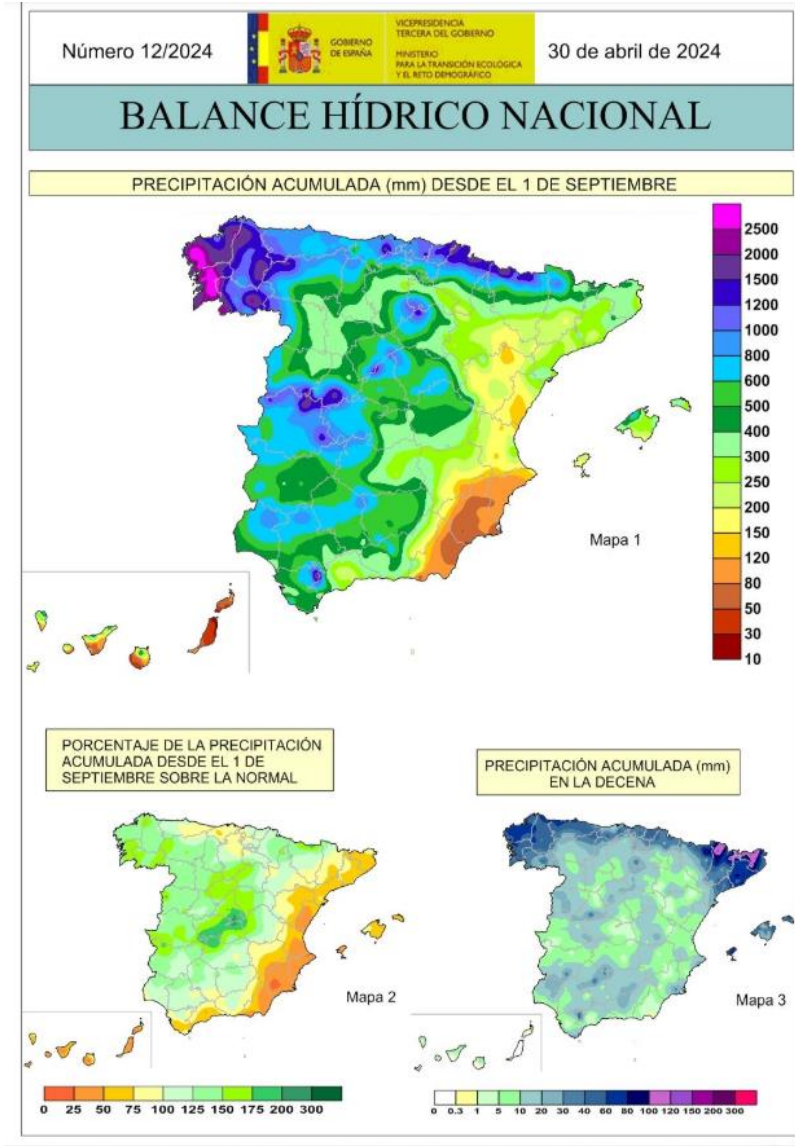
Evapotranspiración de referencia(Eto): previsión a 7 días

EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA PREVISTA y VALIDACIÓN

Mapas de ETP previstos para 7 días a partir del 03 octubre 2020



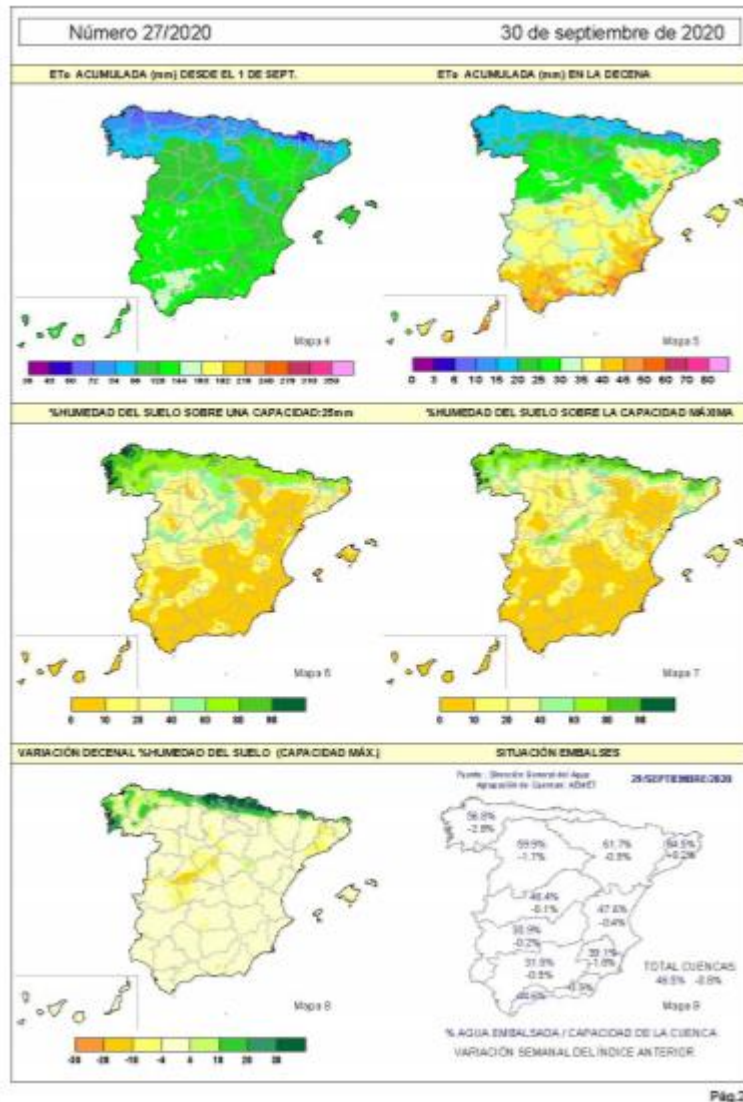
Productos periódicos: Boletín decenal



Mapas:

- Precipitación acumulada (mm) desde el 1 de septiembre
- Porcentaje de la precipitación acumulada desde el 1 de septiembre sobre la normal (Periodo 1991-2020)
- Precipitación acumulada (mm) en la decena

Productos periódicos: Boletín decenal



- **ETo Acumulada (mm) desde el 1 de septiembre.**
- **ETo Acumulada (mm) en la decena.**
- **% Humedad del suelo sobre capacidad ADT 25 mm (Capa superficial)**
- **% Humedad del suelo como AD respecto de ADT máx (Capa total).**
- **Variación decenal del % Humedad del suelo del mapa 7.**
- **Situación embalses a fecha xx (Fuente: Dirección General del Agua, con agrupación de la información por AEMET)**

La mayoría de los prototipos se desarrollan para múltiples escalas, desde climatología o monitorización a escenarios climáticos futuros

Plataforma Temática Interdisciplinar (PTI+) Clima y servicios climáticos

La plataforma PTI Clima del CSIC (<http://pti-clima.csic.es>) reúne a científicos de **cinco centros del CSIC que trabajan en variabilidad climática y servicios climáticos** con amplia experiencia en el desarrollo de productos y servicios en colaboración con instituciones nacionales e internacionales, como AEMET, OECC y el IPCC. La PTI Clima tiene como objetivo avanzar en el conocimiento de las bases físicas de la variabilidad y el cambio climático mediante el desarrollo de métodos analíticos y modelos climáticos que puedan transformarse en productos y servicios adaptados a los usuarios finales, así como cuantificar sus impactos socioeconómicos y ambientales. Somos expertos en el estudio de los distintos componentes del sistema climático a partir de observaciones y simulaciones climáticas en una amplia gama de escalas espaciales y temporales. Tenemos experiencia en digitalización y tratamiento de datos para el desarrollo de productos climáticos como eventos extremos, índices de sequía, riesgo de incendios e índices agrícolas para el amplio rango de escalas temporales implicadas en los servicios climáticos: climatología, monitorización y alerta temprana, predicción estacional y proyecciones de cambio climático.

Sobre las PTIs

Las Plataformas Temáticas Interdisciplinares son un instrumento finalista de investigación e innovación creado para abordar retos multidisciplinares de gran impacto científico, económico y social. Están integradas por grupos de investigación de diferentes centros del CSIC y abiertas a la participación de empresas, administraciones públicas, otras instituciones y agentes sociales. El objetivo es fomentar un proceso participativo en la consecución de misiones que pretendan llegar a las empresas y tengan perspectivas de comercialización.

Desarrollo de 10 servicios climáticos y un almacén de datos climáticos



Objetivo

- Desarrollo de una predicción de rendimiento de cosechas de cereal de secano en Castilla y León



Colaboración con DT Castilla y León e Instituto de Técnica Agraria de Castilla y León desde 2015

Diciembre

Junio

Start of the season

Any day of the season

End of the season

Time - days

Current season



+



10 days forecast



Historical series

1988



1989



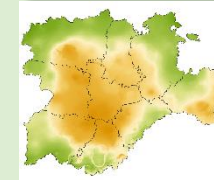
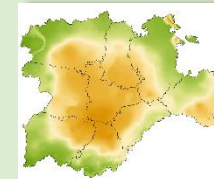
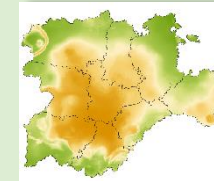
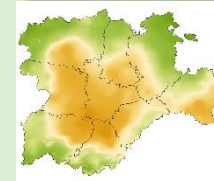
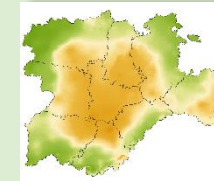
2016



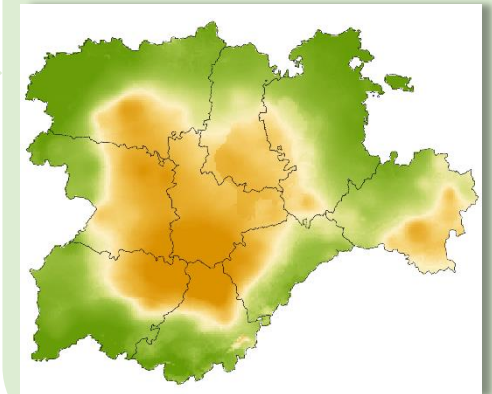
2017



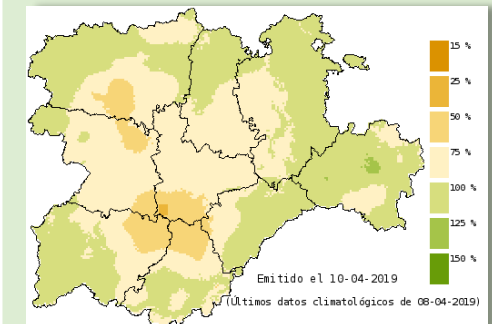
Estimated yield



Estimated Yield

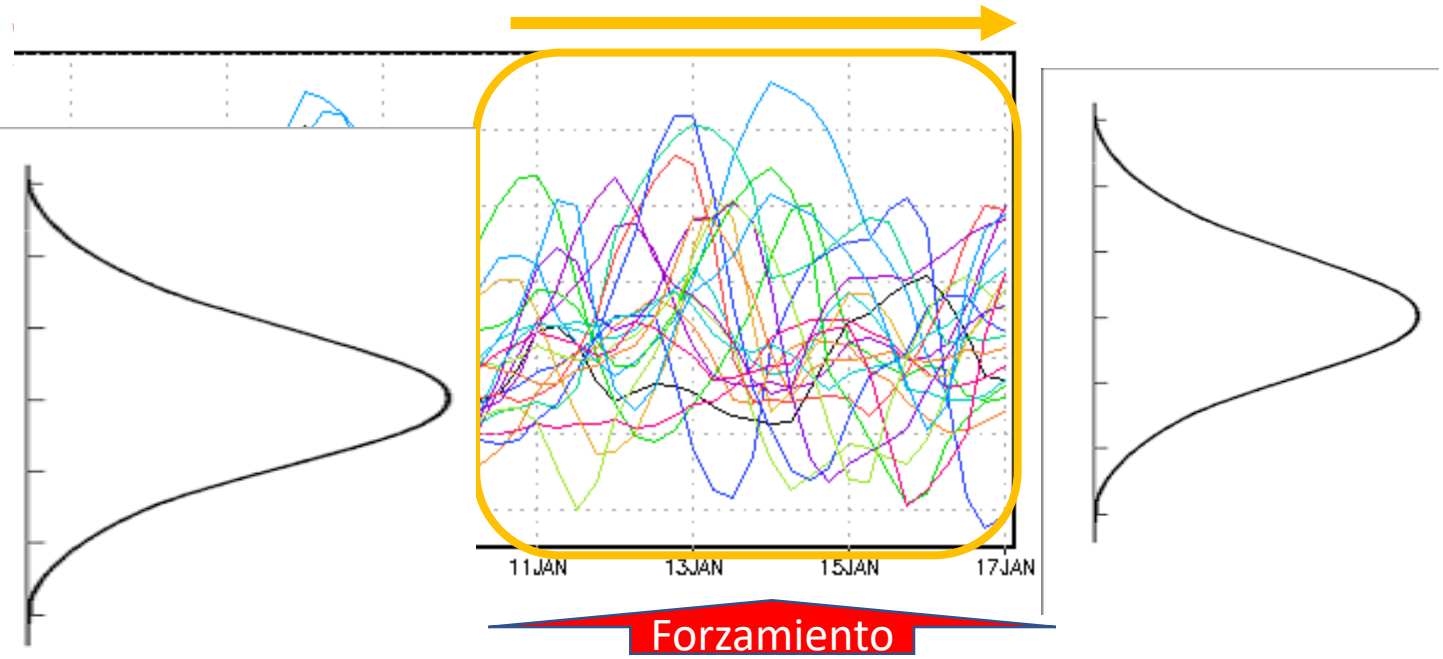
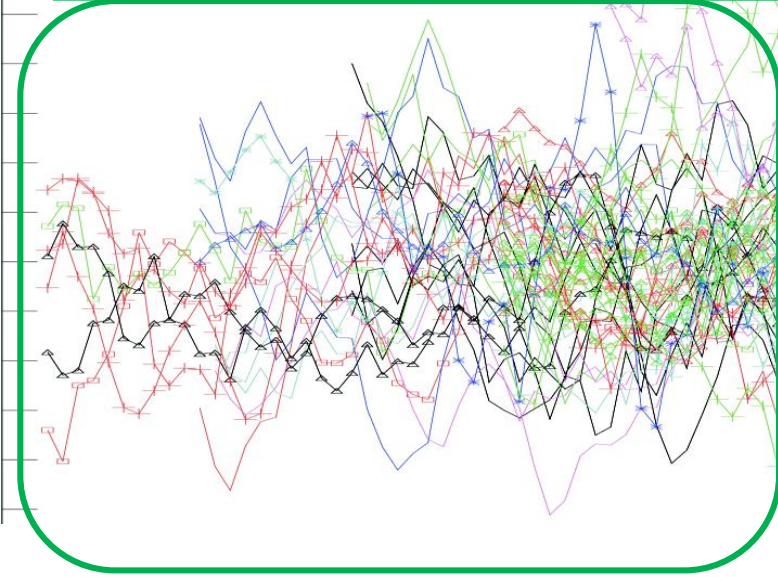


Yield variation over Long Term Average



% trigo esperado respecto al promedio de 30 años

Climatología



Diciembre

Junio

Start of the season

April 1st

End of the season

Time - days

Current season



+



SEAS5 – ENS1



SEAS5 – ENS2



SEAS5 – ENS3



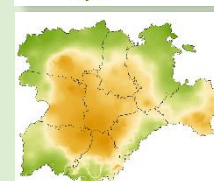
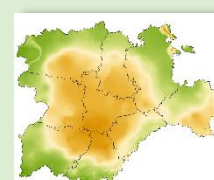
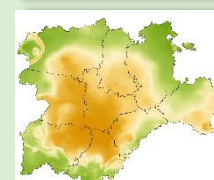
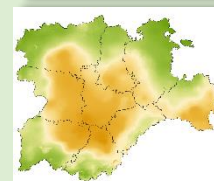
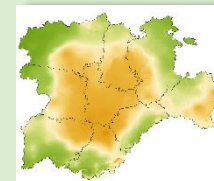
SEAS5 – ENS24



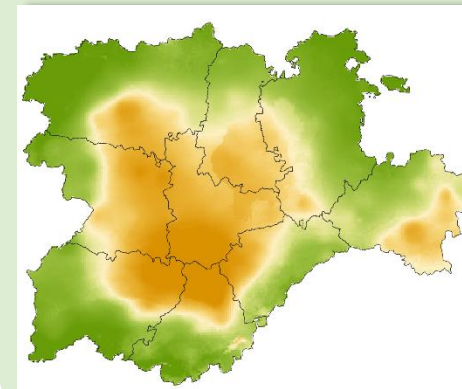
SEAS5 – ENS25



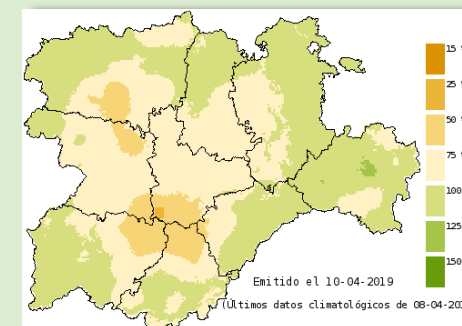
Estimated yield



Estimated Yield

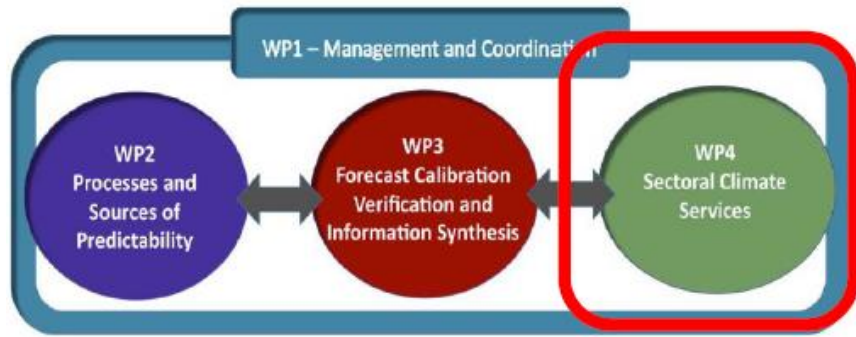


Yield variation over Long Term Average



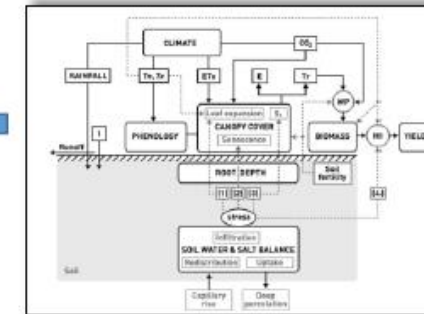
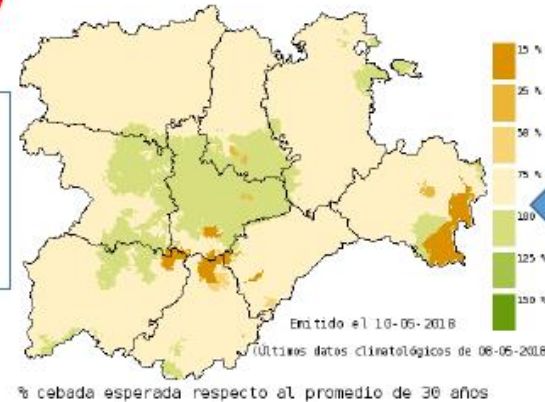
% trigo esperado respecto al promedio de 30 años

Sustituimos el ensemble basado en observaciones por predicción estacional (SEAS5)



Predicciones estacionales para estimar la producción de cereals en Castilla y León

Predicción probabilista de rendimiento del cultivo de trigo on a 5km grid over Castilla y Leon (Spain)



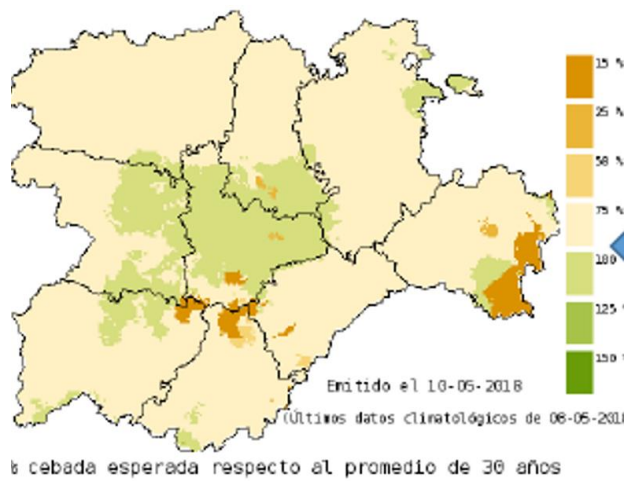
AQUACROP

ECMWF S5



- **Dominio de aplicación:** producción de trigo en Cy L
- **Usuarios potenciales:** agricultores en CyL
- **Proceso de toma de decisiones:** impacto sobre la producción de cereals/toma de decisiones sobre el cultivo, selección de variedades...

Downscaling based on ANALOGS



Tercil inferior (producción por debajo de lo normal)

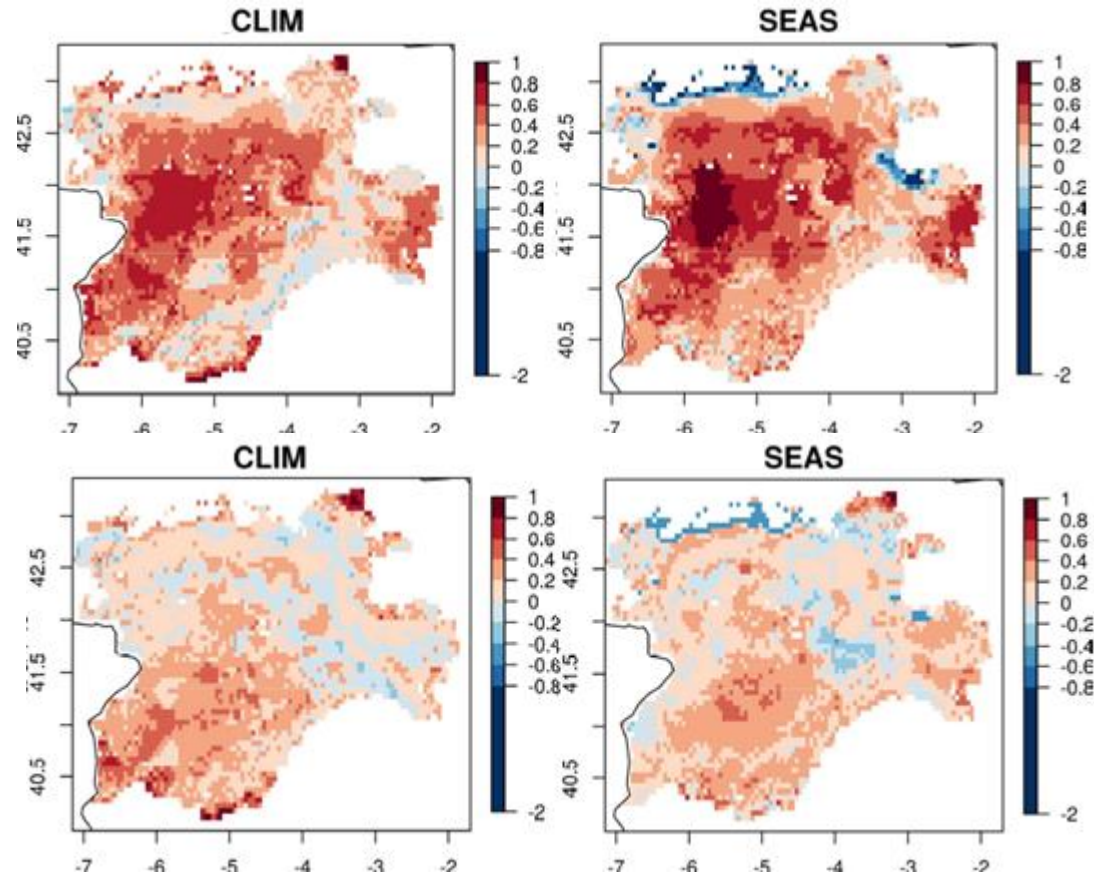
Tercil superior (producción por encima de lo normal)

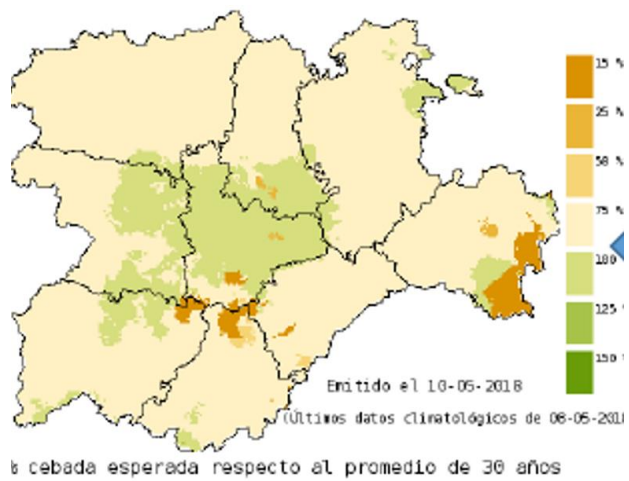
Evaluación de resultados:

Se compara, desde el 1 de abril:

CLIM: ensemble basado en climatología pasada + pred medio plazo (primeros 10 días)

SEAS: ensemble basado en el modelo de estacional de ECMWF





Tercil inferior (producción por debajo de lo normal)

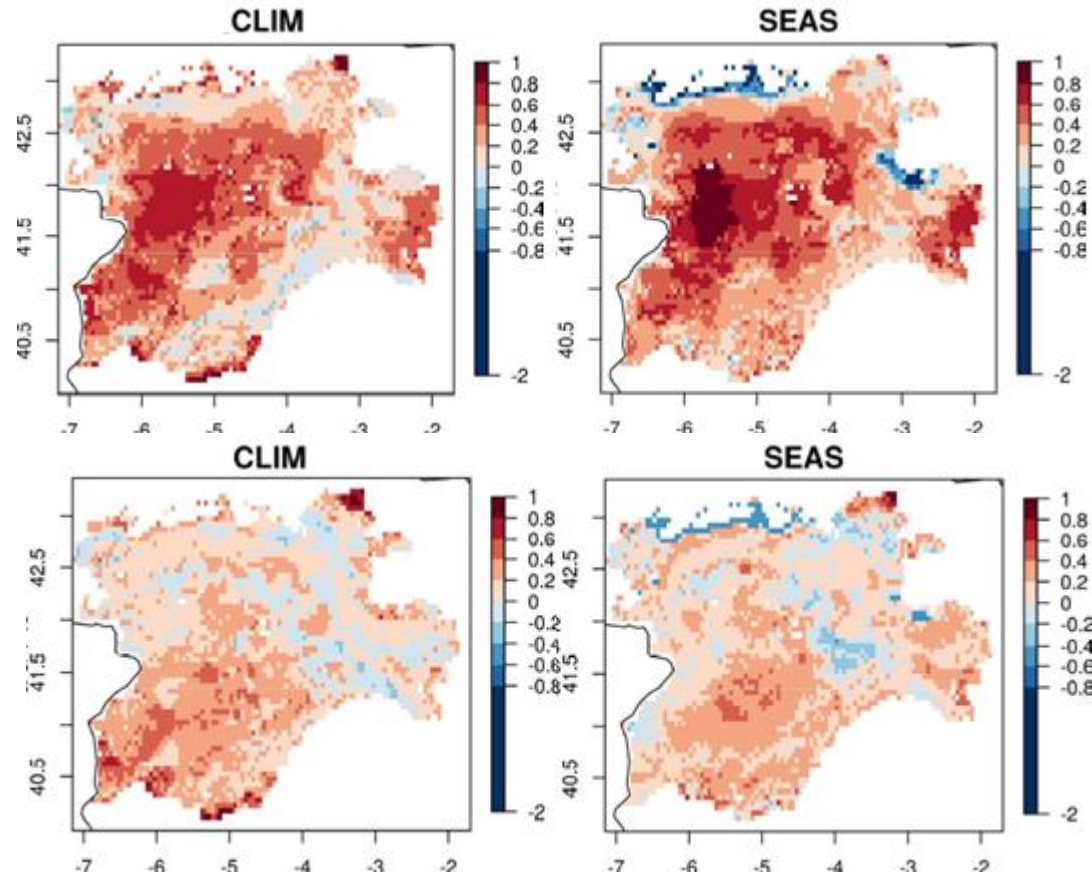
Tercil superior (producción por encima de lo normal)

Evaluación de resultados:

Se compara, desde el 1 de abril:

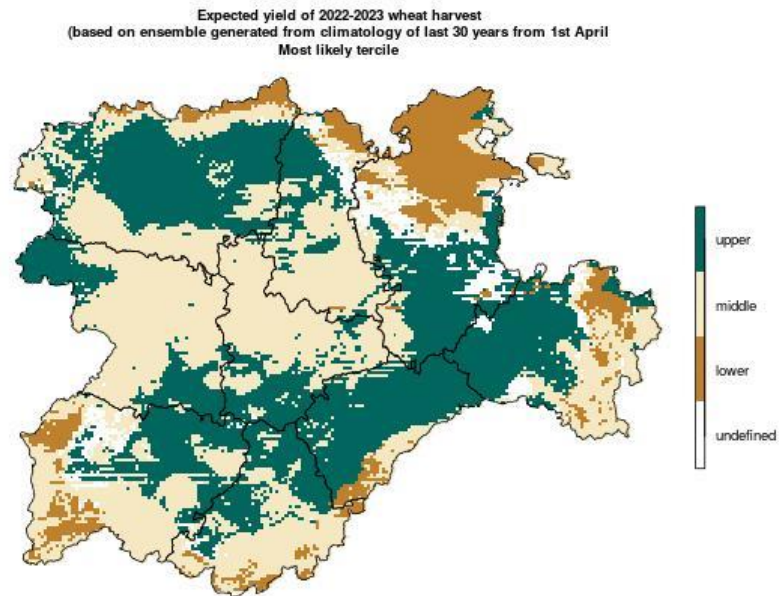
CLIM: ensemble basado en climatología pasada + pred medio plazo (primeros 10 días)

SEAS: ensemble basado en el modelo de estacional de ECMWF



Importancia de la información anterior a abril: lo que ha sucedido desde que se siembra y el estado del suelo aportan información muy relevante

Ejemplo: 2023

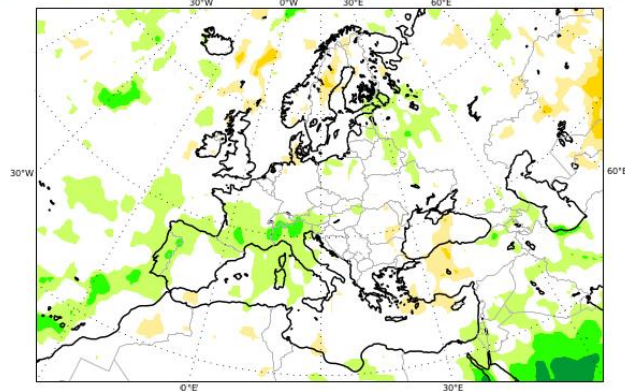


A 1 de abril, la predicción basada en la climatología estaba entre el tercil normal y el superior

C3S: ECMWF contribution
Prob(most likely category of precipitation)
Nominal forecast start: 01/03/23
Ensemble size = 51, climate size = 600

AMJ 2023

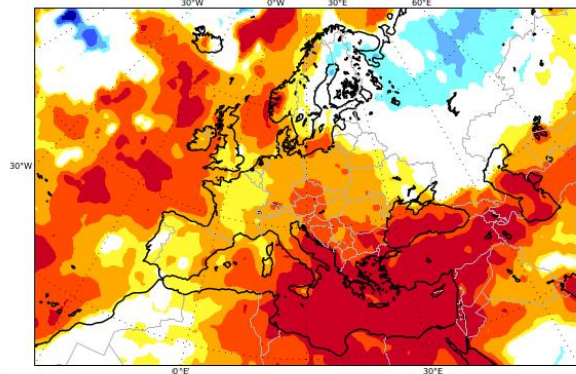
<--- below lower tercile above upper tercile --->
70..100% 60..70% 50..60% 40..50% other 40..50% 50..60% 60..70% 70..100%



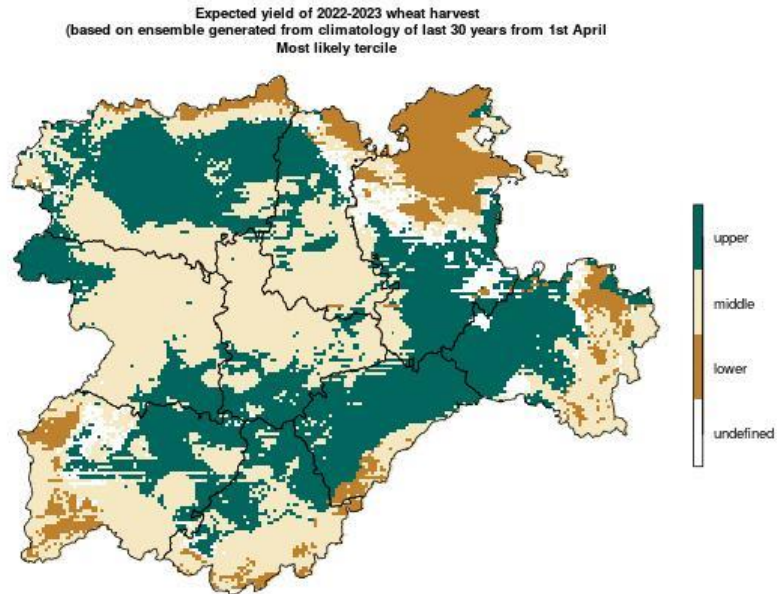
C3S: ECMWF contribution
Prob(most likely category of 2m temperature)
Nominal forecast start: 01/03/23
Ensemble size = 51, climate size = 600

AMJ 2023

<--- below lower tercile above upper tercile --->
70..100% 60..70% 50..60% 40..50% other 40..50% 50..60% 60..70% 70..100%

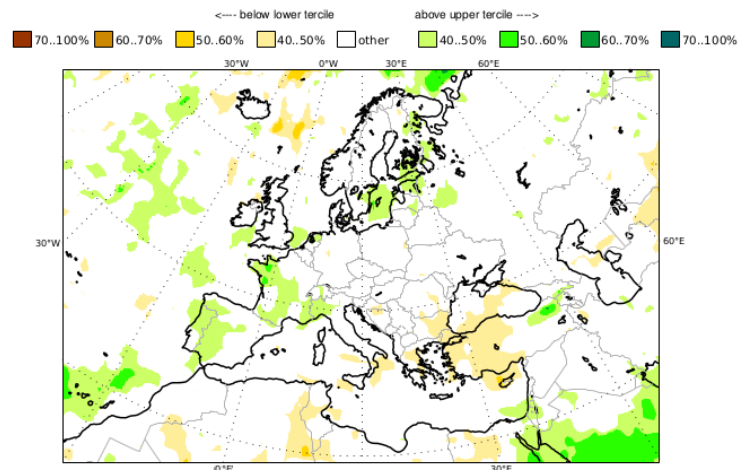


Ejemplo: 2023

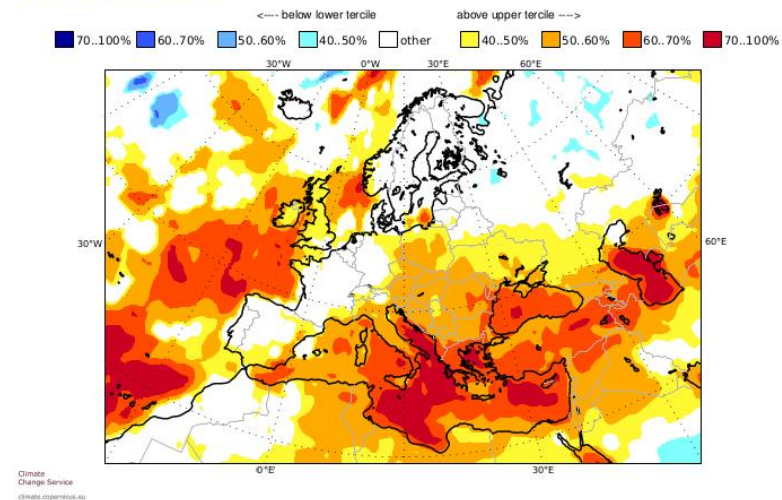


La predicción del primer mes (abril) no apuntaba cálido y seco

C3S: ECMWF contribution
Prob(most likely category of precipitation)
Nominal forecast start: 01/03/23
Ensemble size = 51, climate size = 600

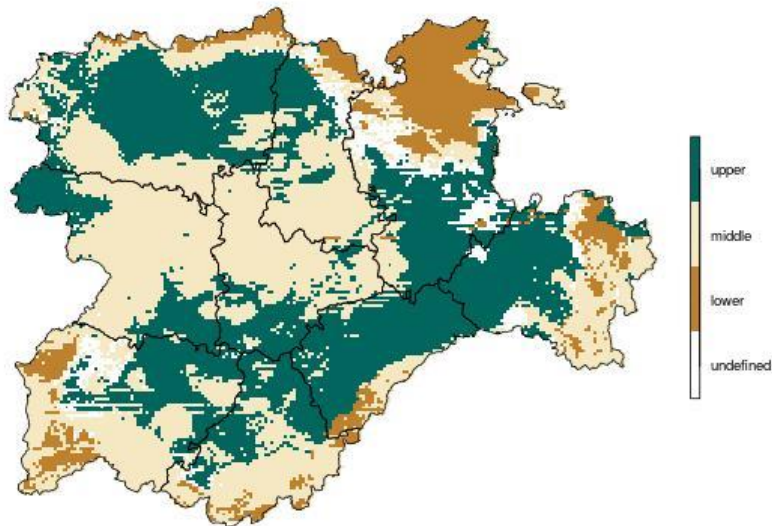


C3S: ECMWF contribution
APR 2023 Prob(most likely category of 2m temperature)
Nominal forecast start: 01/03/23
Ensemble size = 51, climate size = 600



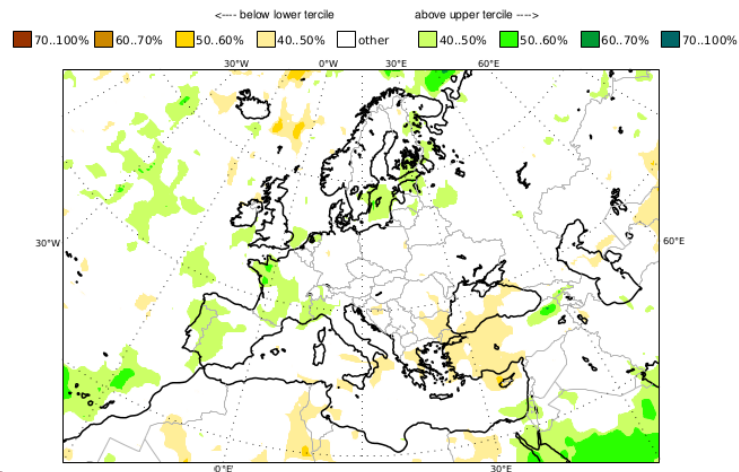
Ejemplo: 2023

Expected yield of 2022-2023 wheat harvest
(based on ensemble generated from climatology of last 30 years from 1st April
Most likely tercile

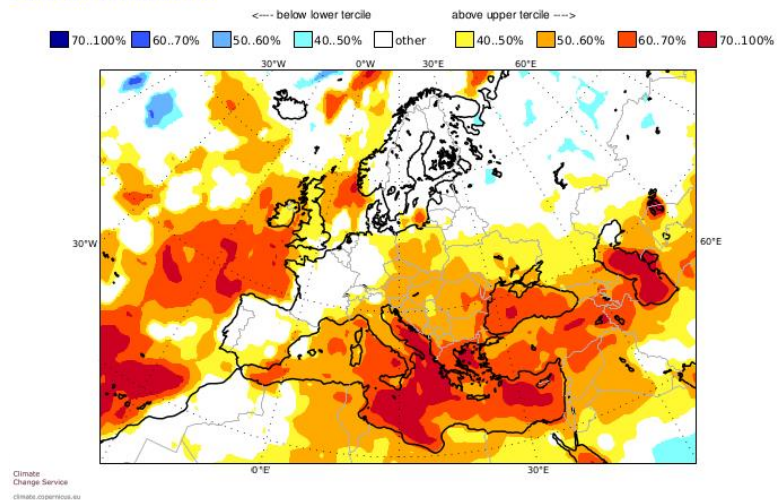


La predicción del primer mes (abril) no apuntaba a cálido y seco

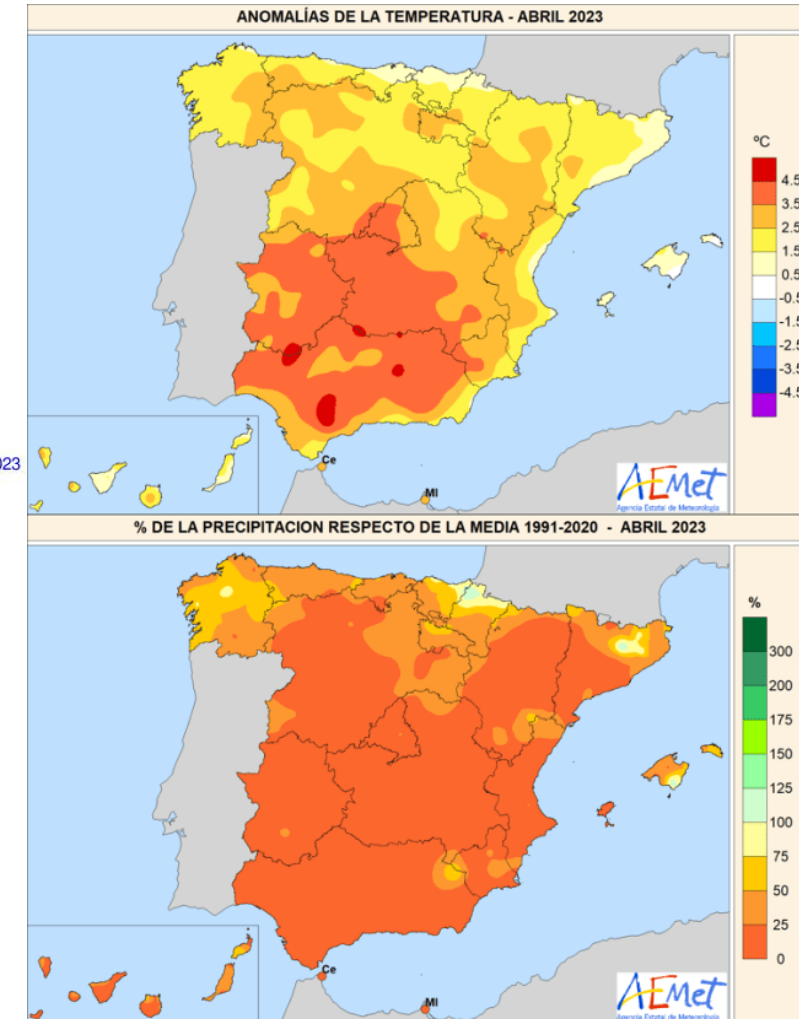
C3S: ECMWF contribution
Prob(most likely category of precipitation)
Nominal forecast start: 01/03/23
Ensemble size = 51, climate size = 600



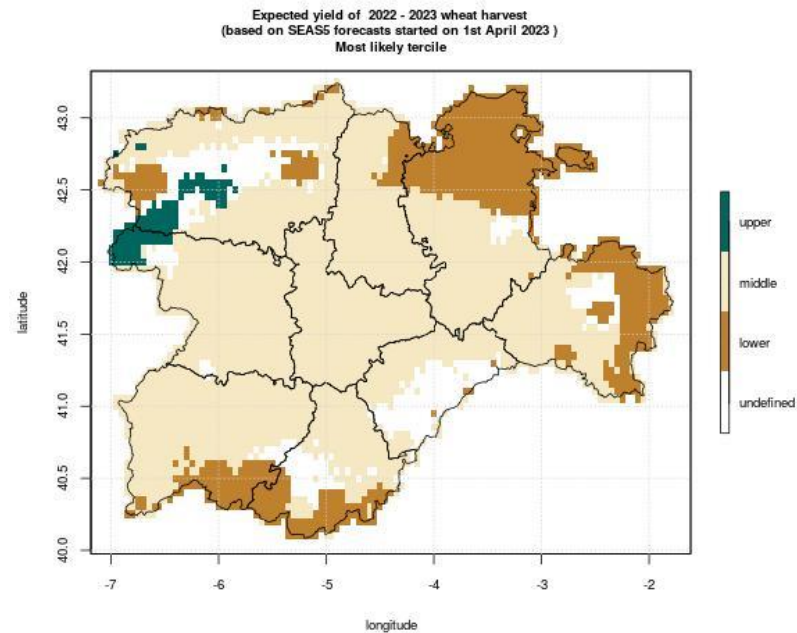
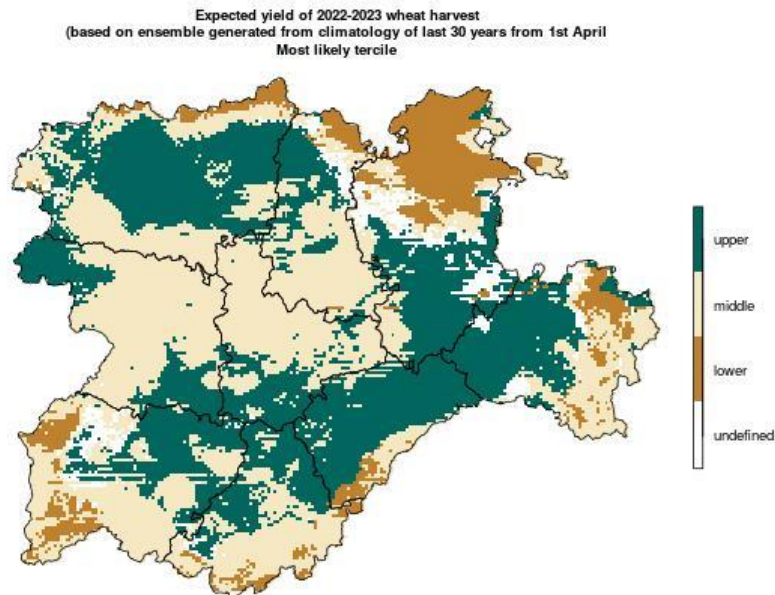
C3S: ECMWF contribution
APR 2023 Prob(most likely category of 2m temperature)
Nominal forecast start: 01/03/23
Ensemble size = 51, climate size = 600



APR 2023

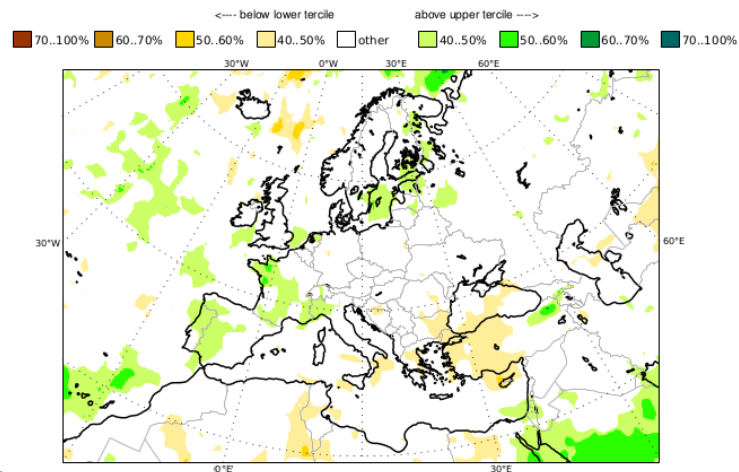


Ejemplo: 2023

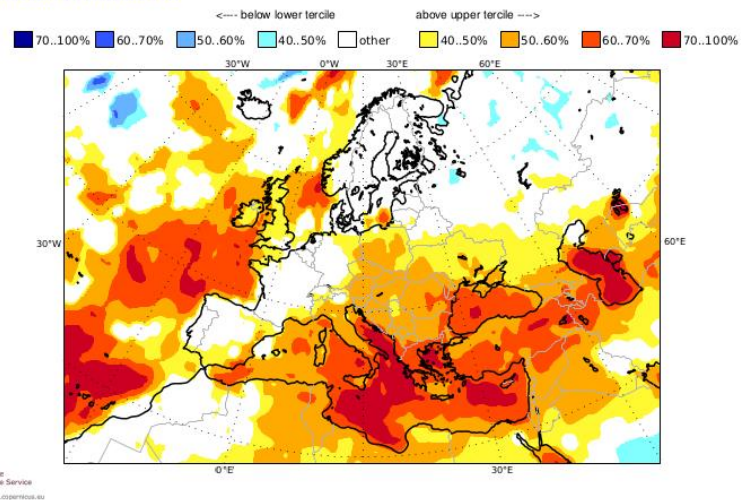


Sin embargo, al aplicar aquacrop al modelo, el escenario es claramente peor que considerando la climatología.

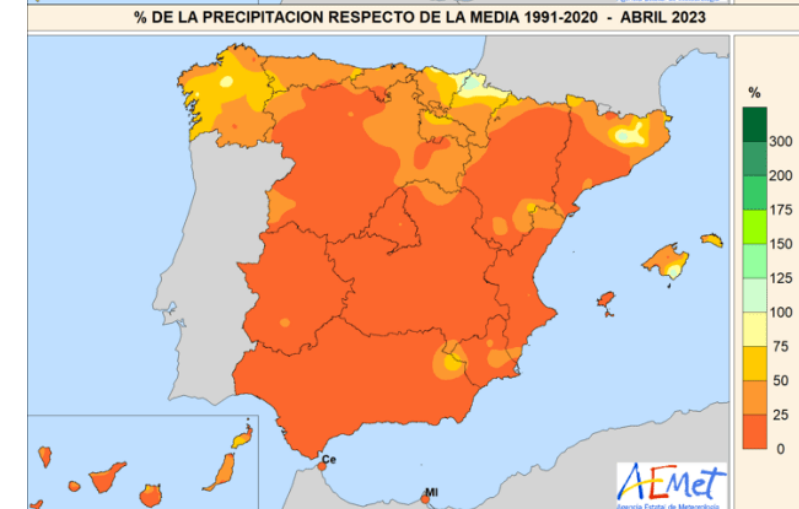
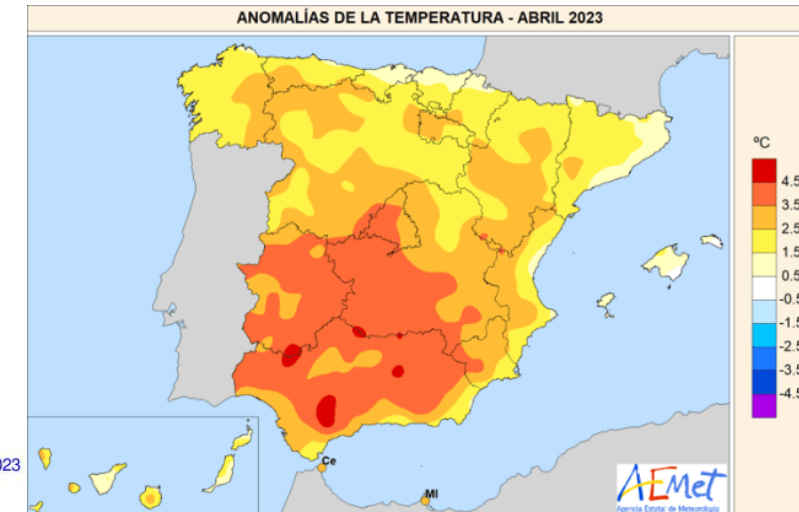
C3S: ECMWF contribution
Prob(most likely category of precipitation)
Nominal forecast start: 01/03/23
Ensemble size = 51, climate size = 600



C3S: ECMWF contribution
APR 2023 Prob(most likely category of 2m temperature)
Nominal forecast start: 01/03/23
Ensemble size = 51, climate size = 600



APR 2023



Principales conclusiones:

- La experiencia muestra potencial predictivo, especialmente para eventos que puedan afectar a la cosecha.
- Los diferentes elementos de la cadena aportan pericia
- Posibles líneas futuras: puesta en operación y extensión a otras áreas/estaciones/cultivos