



UNIVERSIDAD  
DE  
CÓRDOBA



AGRONOMÍA  
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA





UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



EXCELENCIA  
MARÍA  
DE MAEZTU  
2020 - 2024



# PLANES DE SEQUÍA EFECTOS EN LA GOBERNANZA

Emilio Camacho Poyato  
Catedrático de Ingeniería Hidráulica  
Director científico unidad de excelencia DAUCO

Zaragoza 14 de febrero de 2024



## Conceptos

**Escasez**

**Estructural**

Situación de **carencia** de recursos hídricos para atender las demandas de agua previstas

**Coyuntural**



**Sequía**

**Fenómeno natural** no predecible que se produce principalmente por una falta de precipitación que da lugar a un descenso temporal significativo en los recursos hídricos disponibles

**Sequía prolongada**

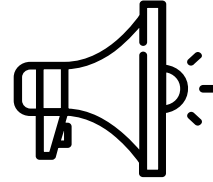
Sequía producida por **circunstancias excepcionales** o que no han podido preverse razonablemente. La identificación de estas circunstancias se realiza mediante el uso de indicadores relacionados con la falta de precipitación durante un periodo de tiempo y teniendo en cuenta aspectos como la intensidad y la duración

**Aridez**

Es una situación estructural natural de una región y por tanto permanente



## Conviene detallar...



### Sequía prolongada:

- Está relacionada con la **sequía meteorológica** (falta de precipitaciones).
- Los caudales circulantes se reducen de forma importante y por tanto, pueden no cumplirse los caudales ecológicos de situación normal
- Aplicación de los caudales ecológicos definidos normativamente para situación de sequía prolongada.

### Escasez:

- Está relacionada con los posibles problemas de atención de las demandas (**sequía hidrológica**).
- Suele presentarse diferida en el tiempo respecto a la sequía meteorológica o incluso no llegar a producirse, por la gestión hidrológica que puede llevarse a cabo en nuestros sistemas o por no existir demandas importantes en un sistema.
- Sus indicadores son, por tanto, los que definen los problemas que puede haber con respecto a abastecimientos, regadíos, etc.



## Normativa

### Art. 27. Gestión de sequías. (Ley PHN)

Al objeto de minimizar los impactos ambientales, económico y sociales de eventuales situaciones de sequía ordena:

- Sistema de indicadores
- Planes especiales de actuación (Planes Especiales de Sequía)
- Planes de emergencia en sistemas de abastecimiento



## Normativa

- **Orden MAM/698/2007**, de 21 de marzo se aprobó formalmente los primeros Planes Especiales de Sequía (PES)
- **Real Decreto 1/2016**, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los planes hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias
- Propuesta de **proyecto de revisión** del Plan Especial de Sequías, [BOE número 76, de 30 de marzo de 2023](#)

## ¿Qué son lo PES?

- **Son planes de gestión** de los recursos e infraestructuras existentes.
- **Proponen y recogen medidas** específicas para mitigar los impactos de las sequías
- **Permiten prevenir y corregir** los efectos adversos de ésta sobre el medio ambiente
- **Favorecen el desarrollo sostenible** incluso en los momentos más excepcionales.



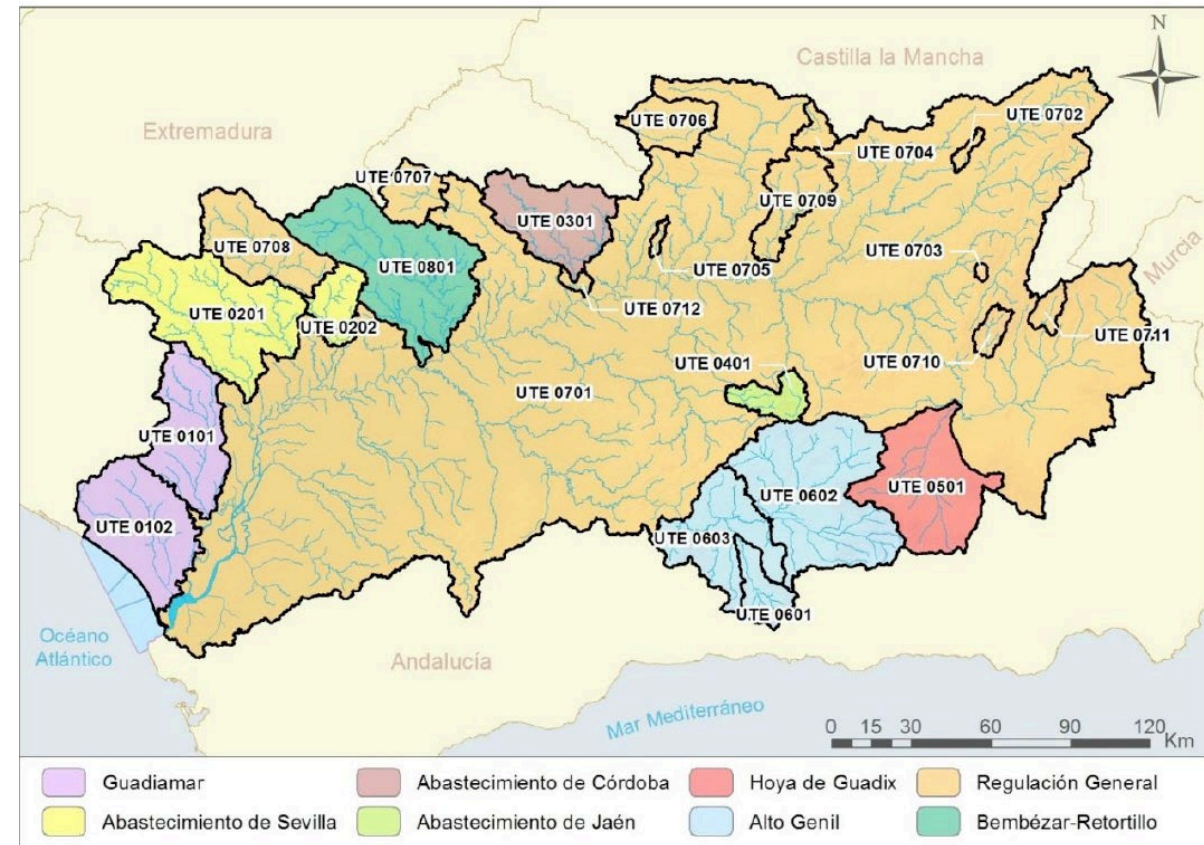
## ¿Cómo se organizan?

Unidades territoriales de gestión definidas en el Plan Especial de Sequía:

Sequía prolongada (**UTS**)



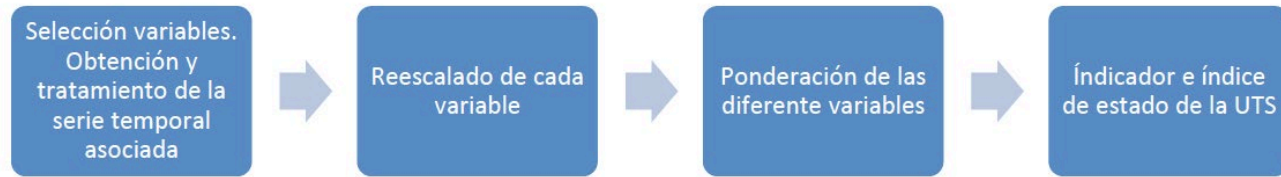
Escasez coyuntural (**UTE**).



## ¿Qué indicadores usan?

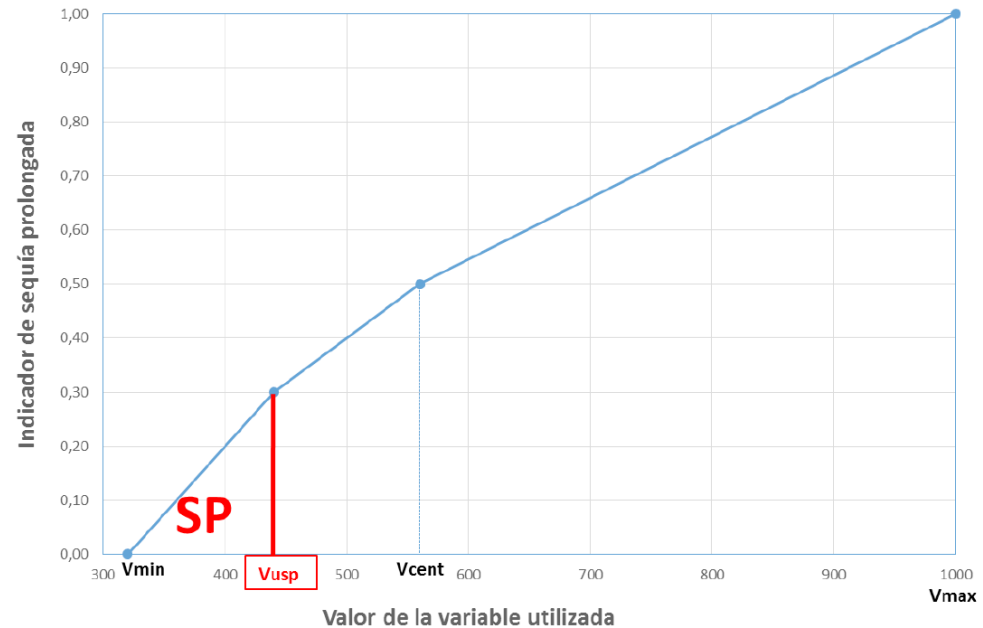
### Para Sequía: Índice SPI

Se define como un valor numérico que representa el número de desviaciones estándar de la precipitación caída a lo largo del período de acumulación de que se trate, respecto de la media, una vez que la distribución original de la precipitación ha sido transformada a una distribución normal (Mc Kee, 1993)



Fuente: PES (CHG)

UMBRAL DE SEQUÍA PROLONGADA



2,0 y más	Extremadamente húmedo
1,5 a 1,99	Muy húmedo
1,0 a 1,49	Moderadamente húmedo
-0,99 a 0,99	Normal
-1,0 a -1,49	Moderadamente seco
-1,5 a -1,99-	Severamente seco
2 y menos	Extremadamente seco

Fuente: Organización Meteorológica Mundial

Guttman recomiendan hasta 24 meses SPI y tamaño de muestra de de 50 a 60 años



Sequía prolongada	Descripción del fenómeno	Disminución de las precipitaciones que reduce significativamente las aportaciones hídricas (independiente de las demandas existentes)	
	Afección	Puede producir, de forma natural, una disminución significativa de las escorrentías y un deterioro de la calidad del agua	
	Tipo de variables	Precipitaciones, y aportaciones en zonas en régimen cercano al natural	
	Valor indicador global unidad	0,30 – 1,00	0,00 – 0,30
	Escenarios	Ausencia de sequía prolongada	Sequía prolongada
	Objetivo PES	Limitar los deterioros temporales del estado de las masas de agua y los caudales ecológicos menos exigentes contemplados en el plan hidrológico, a situaciones naturales objetivas de sequía prolongada, no relacionadas con problemas de escasez	
	Tipo de acciones y medidas	Control y seguimiento. Imposibilidad de deterioro temporal. Cumplimiento del régimen de caudales ecológicos	Posibilidad de justificar un deterioro temporal y de adoptar el régimen de caudales ecológicos establecido en el plan hidrológico para sequía prolongada

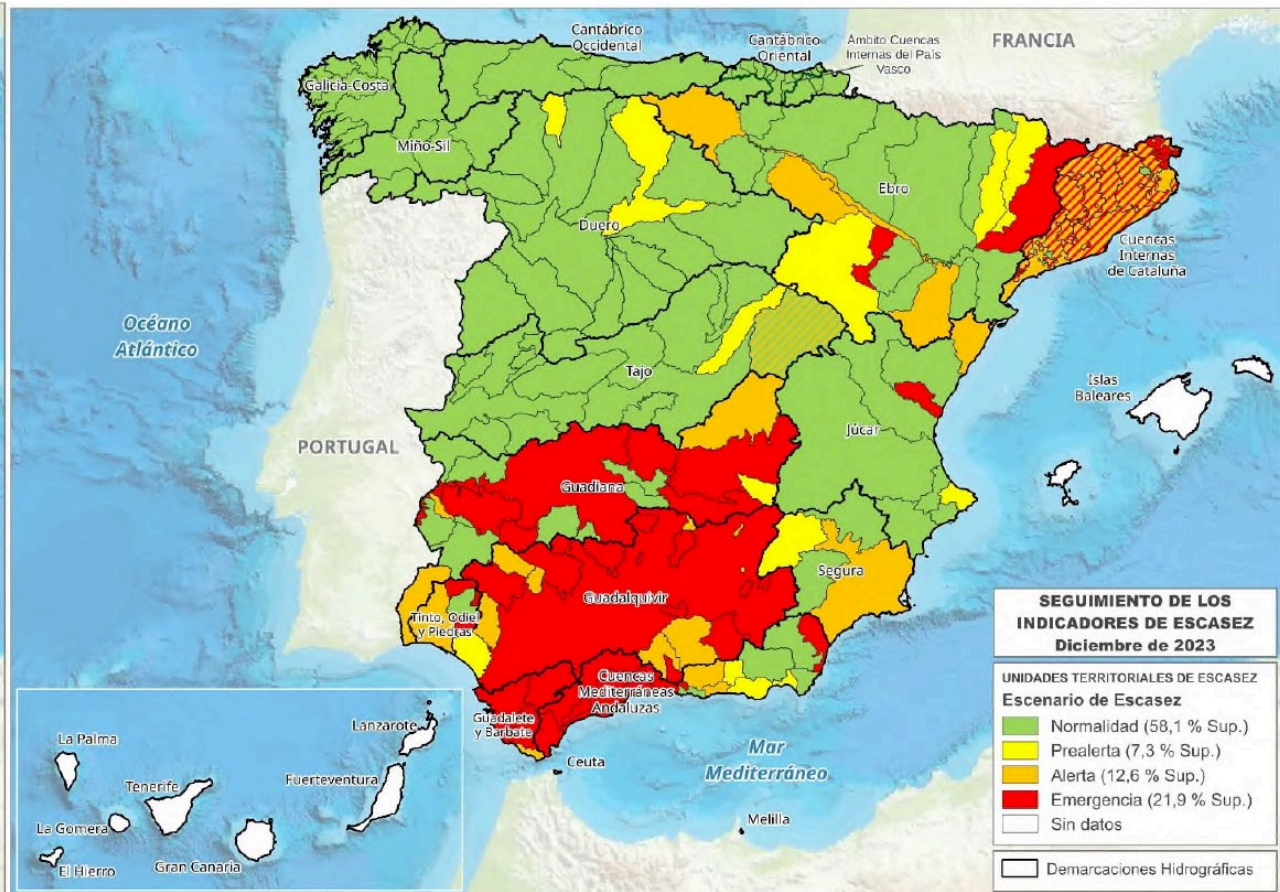
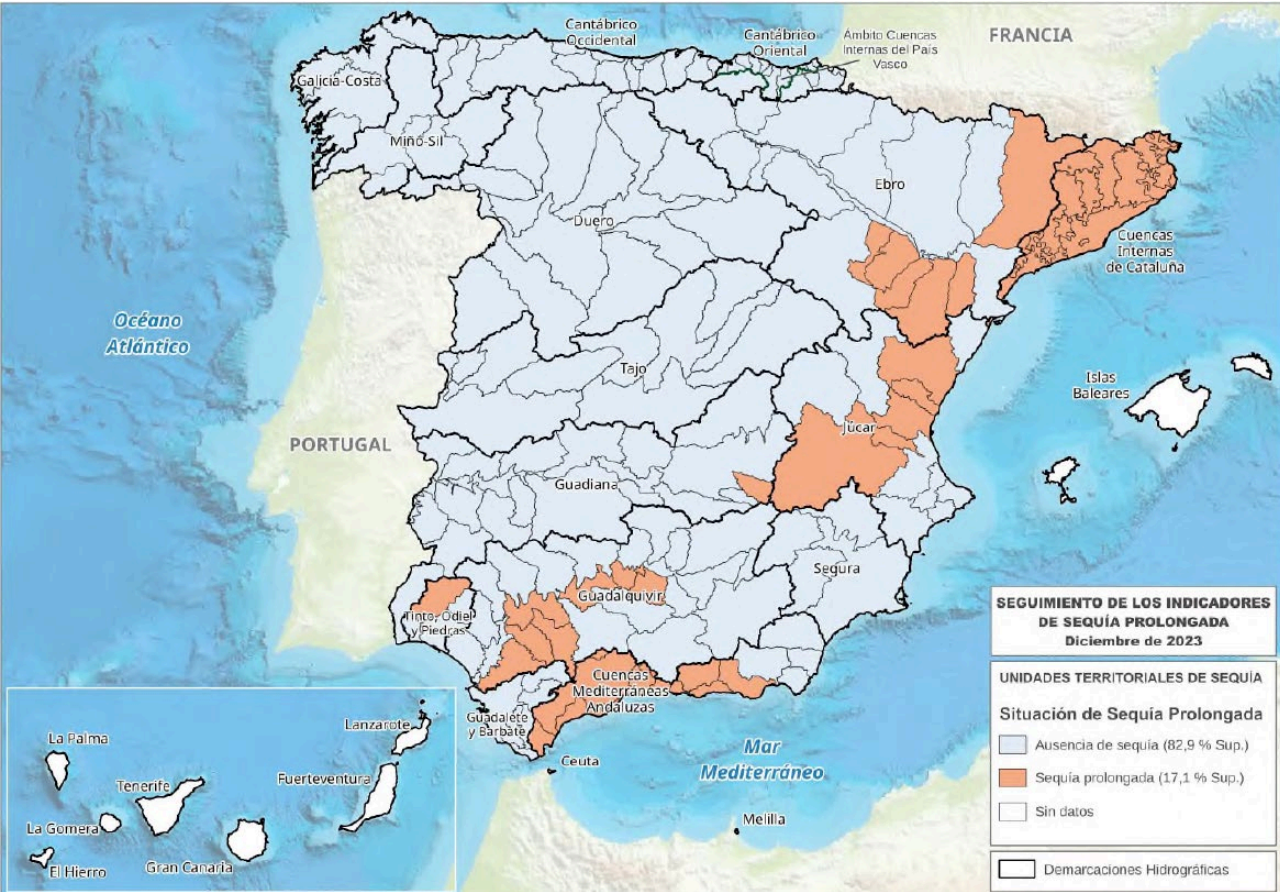
## Para Escasez

- El indicador de escasez se fundamenta en la relación entre la disponibilidad de recursos y las demandas, identificando las situaciones de déficit coyuntural en cada una de la UTE definidas
- Estas variables pueden ser: **volúmenes embalsados, aportaciones de entrada a embalse, precipitación, niveles piezométricos etc.** El paso establecido para el diagnóstico es el mensual
- Para cada una de las variables seleccionadas se han establecido los umbrales correspondientes a las distintas categorías ausencia de escasez (normalidad), escasez moderada (prealerta), escasez severa (alerta) o escasez grave (emergencia)
- El modelo calcula mes a mes el umbral de las distintas situaciones de sequía

Indicadores de escasez				
Indicador	Detectar la situación de imposibilidad de atender las demandas			
	1 – 0,5	0,30 – 0,50	0,15 – 0,30	0 – 0,15
Situaciones de estado	Ausencia de escasez	Escasez moderada	Escasez severa	Escasez grave
Escenarios de escasez	Normalidad	Prealerta	Alerta	Emergencia
Tipología de acciones y medidas que activan	Planificación general y seguimiento	Concienciación, ahorro y seguimiento	Medidas de gestión (demanda y oferta), y de control y seguimiento (art. 55 del TRLA)	Intensificación de las medidas consideradas en alerta y posible adopción de medidas excepcionales (art. 58 del TRLA)



## SITUACIÓN respecto a SEQUÍA PROLONGADA y ESCASEZ COYUNTURAL a 31 de diciembre de 2023



# ¿A qué se debe la sequía?



- **Clima.** Nuestro clima es muy variable en cuanto a precipitaciones (factores naturales)
- **El cambio climático.** Se intensifican los fenómenos de sequía, se observan cambios en los patrones de lluvia (factores antrópicos)

# Variables que afectan a la sequía

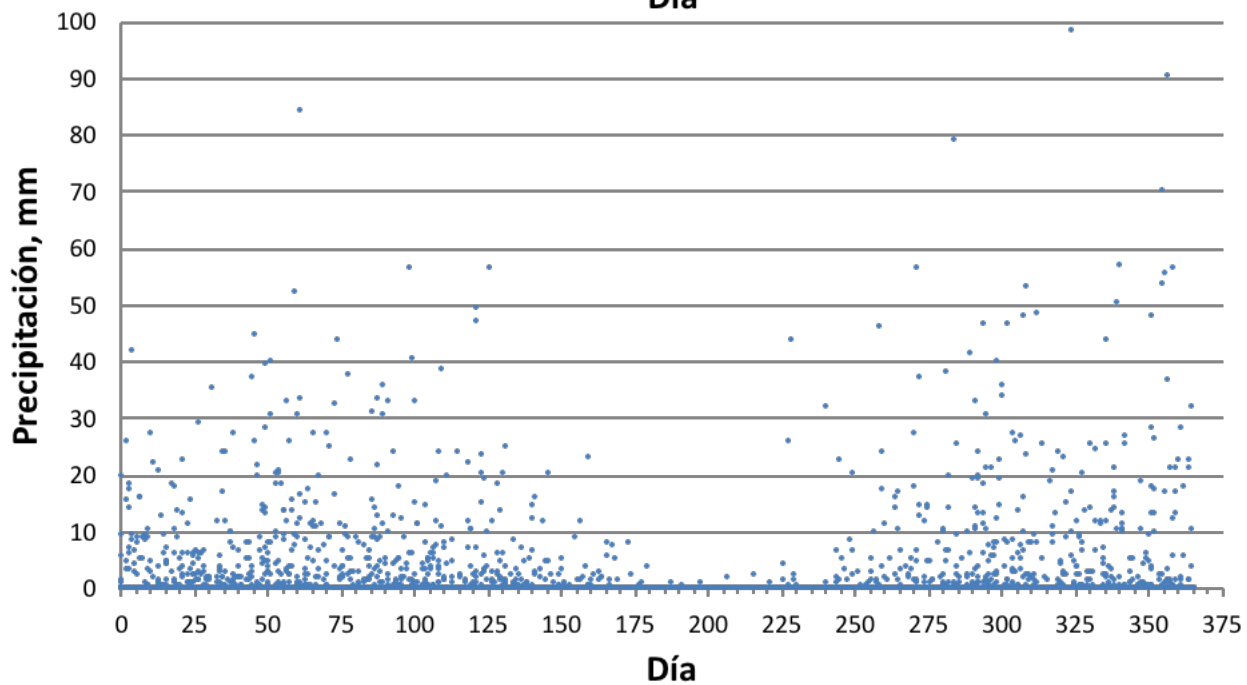
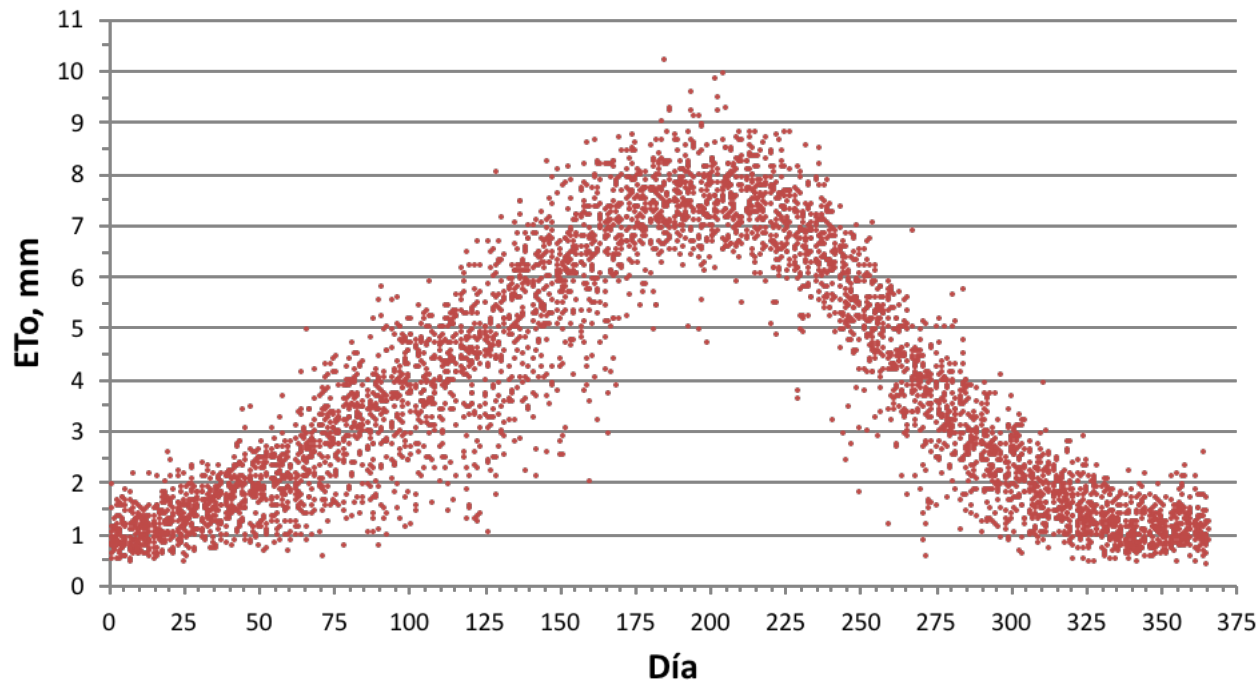


## Clima Variable y Cambiante

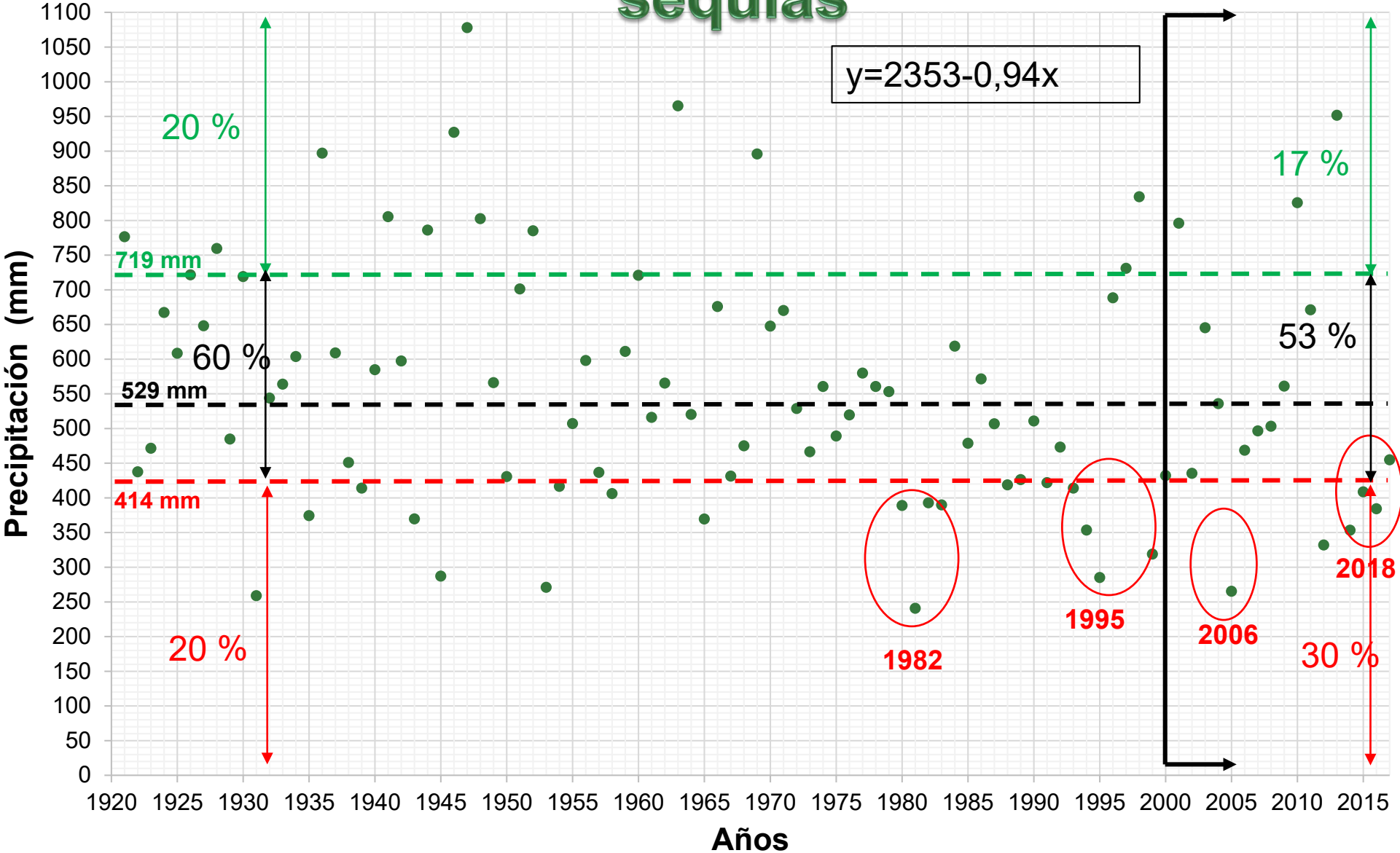
- 1 **Precipitación** (Descenso y cambio en el patrón)
- 2 **Temperatura** (Aumento y eventos extremos)
- 3 **Recursos hídricos**



ETo y precipitaciones diarias  
en 15 años en un clima  
mediterráneo



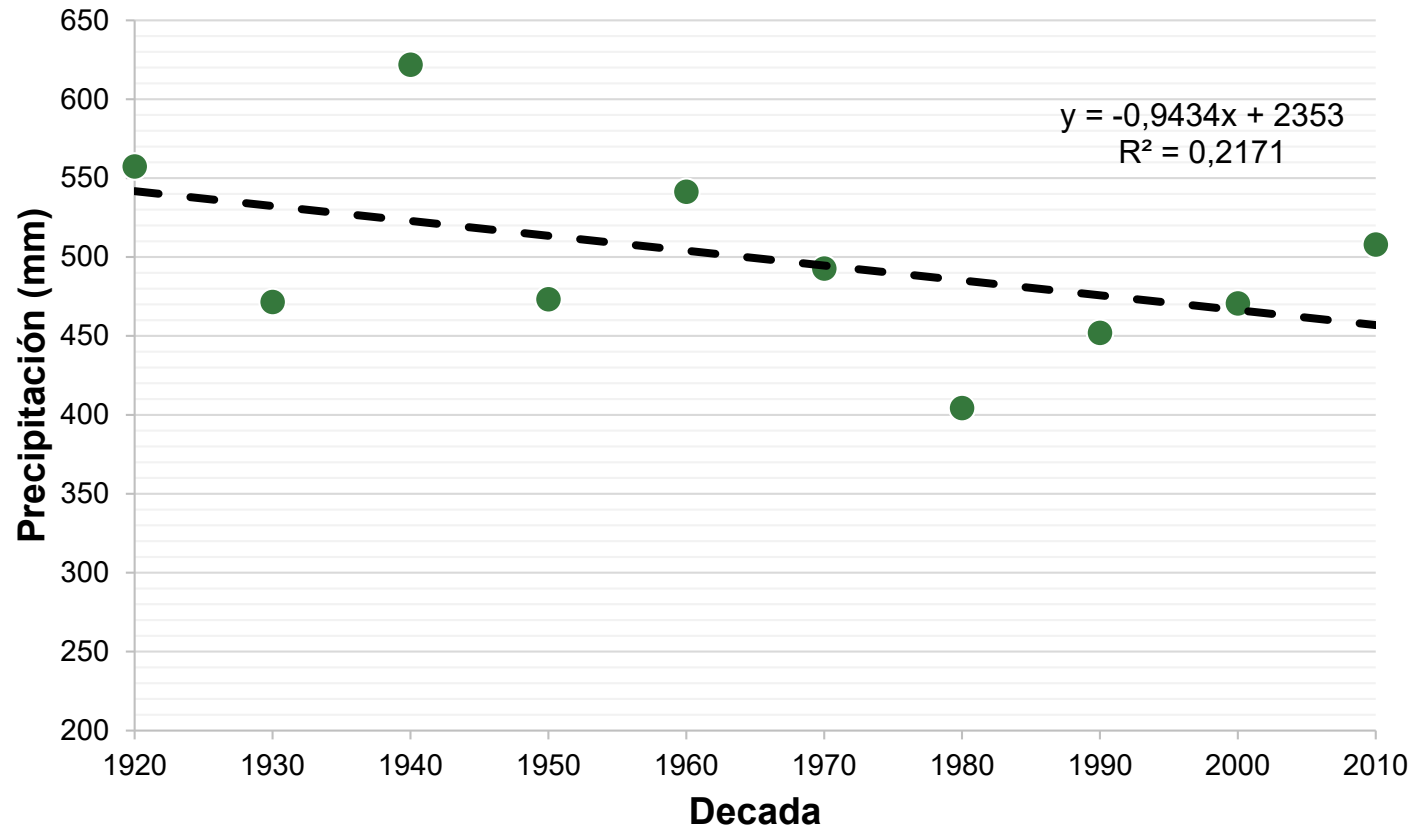
# Evidencias del cambio climático: menos lluvia y más sequías



Análisis luvias Pegalajar (1920-2018)

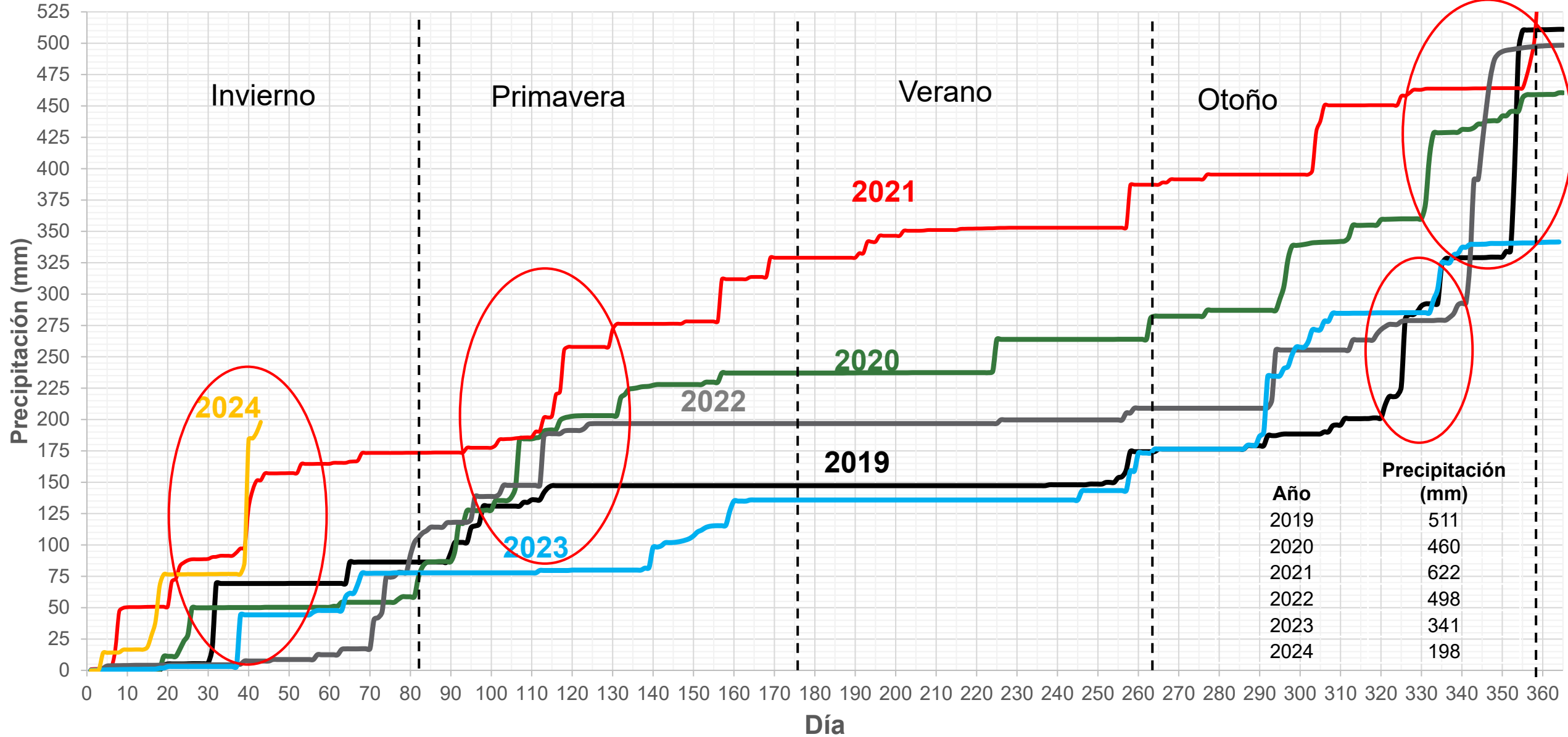
- **El cambio climático.** Se intensifican los fenómenos de sequía, se observan cambios en los patrones de lluvia y una disminución (factores antrópicos)

### Precipitaciones medias decenales (Pegalajar)

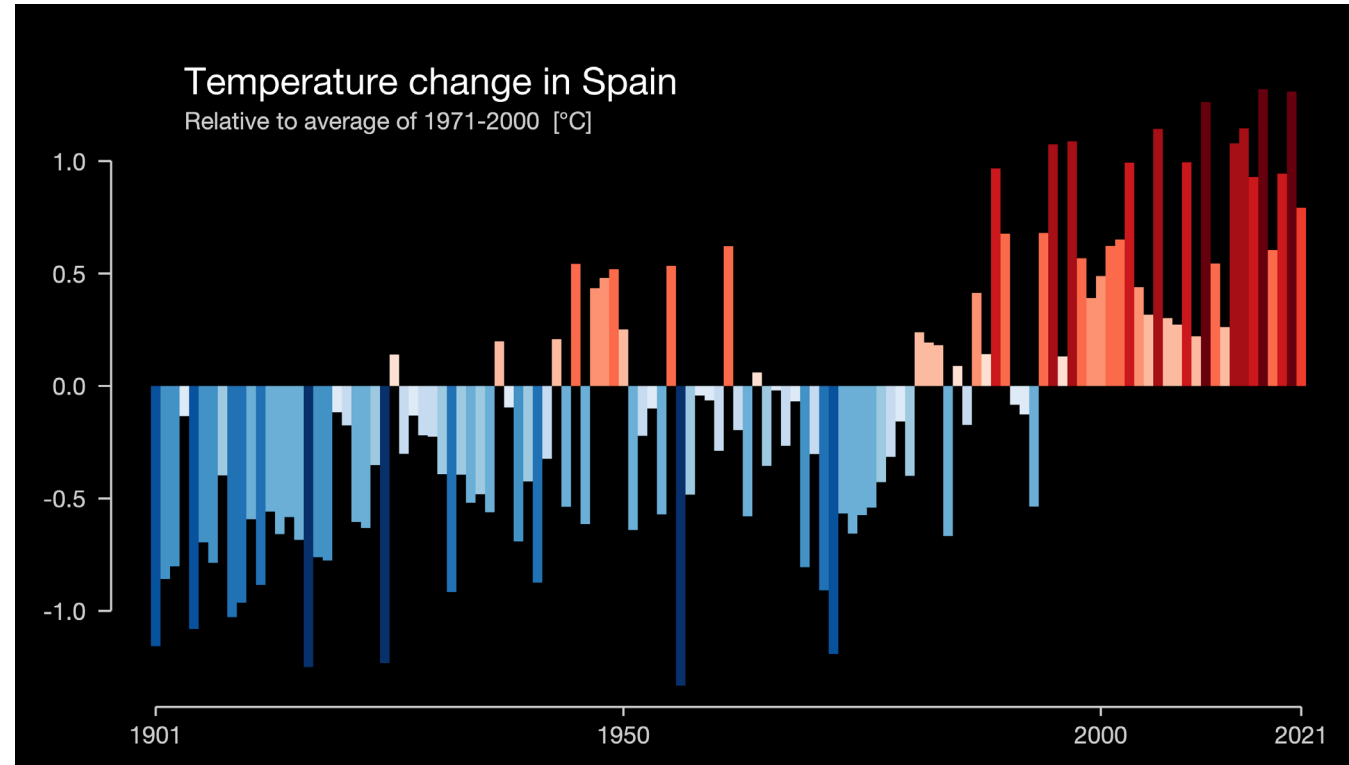
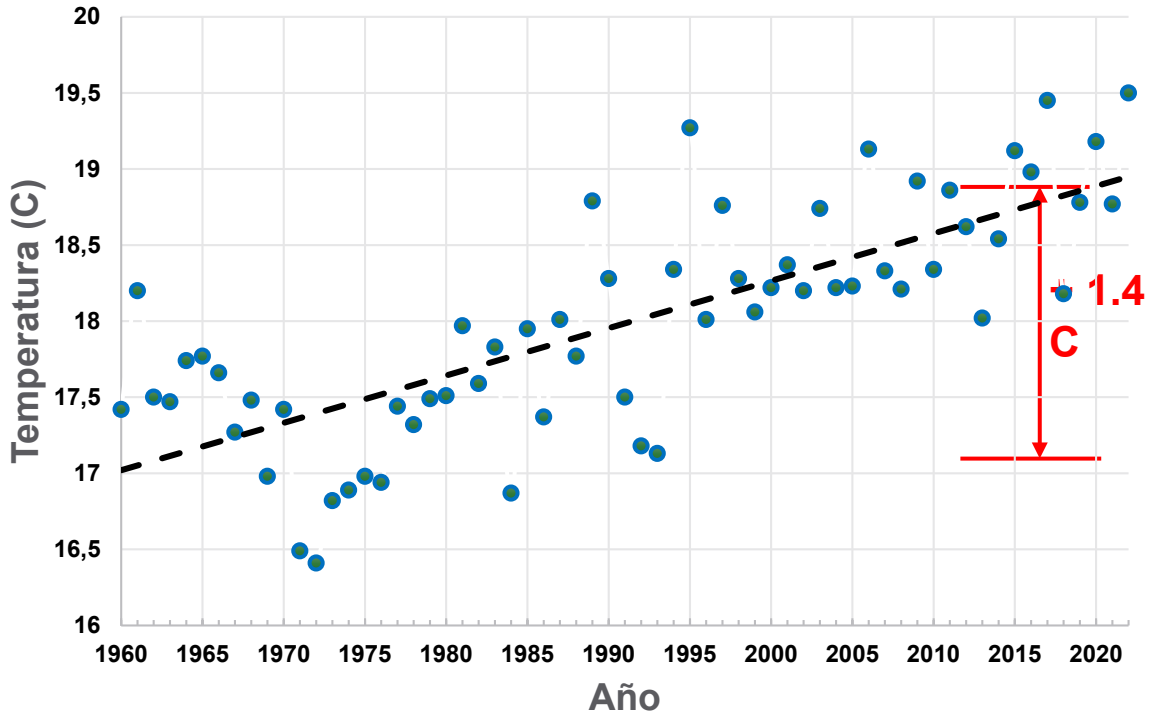




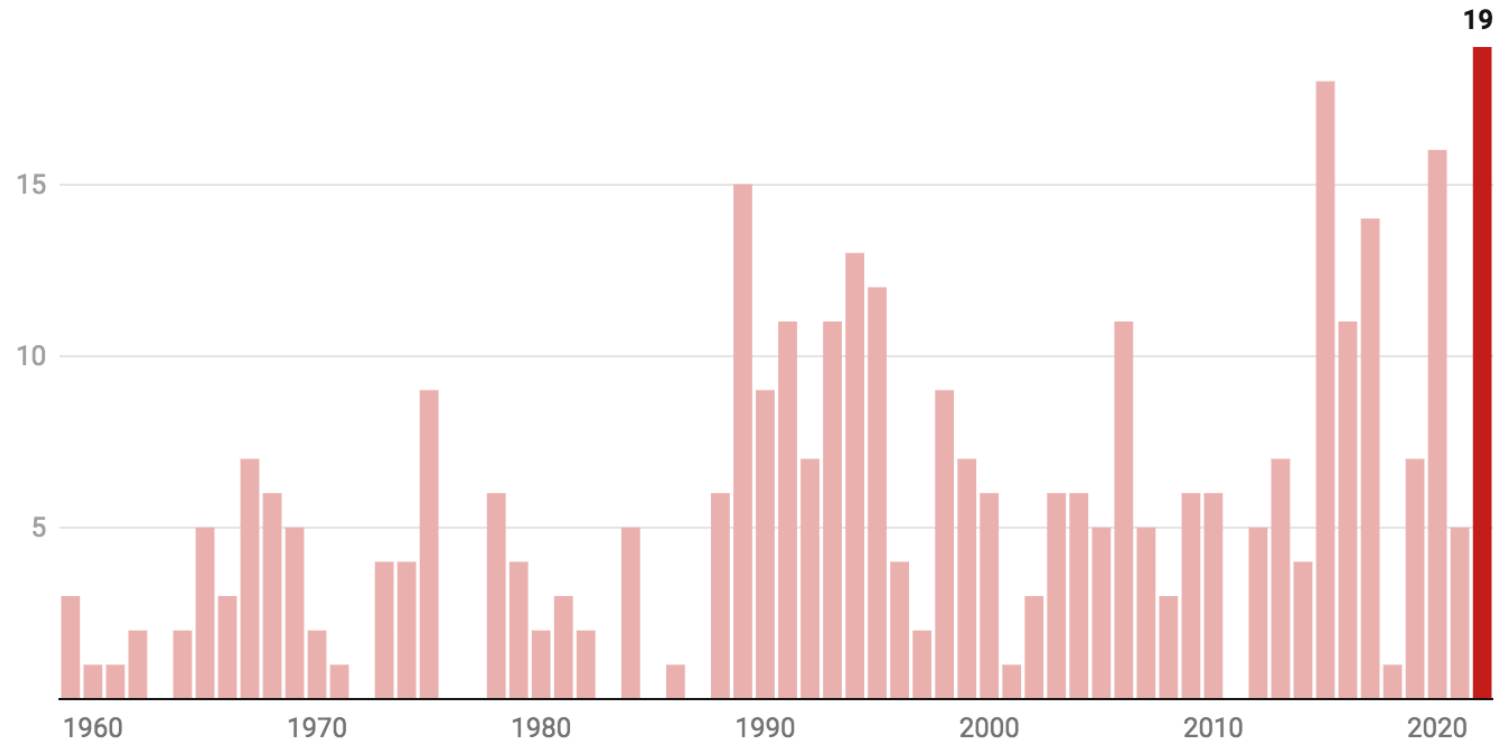
# Distribución anual de la lluvia en el Campus de Rabanales (UCO) entre 2019-2024



## Temperatura media anual en Córdoba (1960-2022)



## Días con 40 °C en julio en Córdoba Aeropuerto



## Olas de calor verano 2022

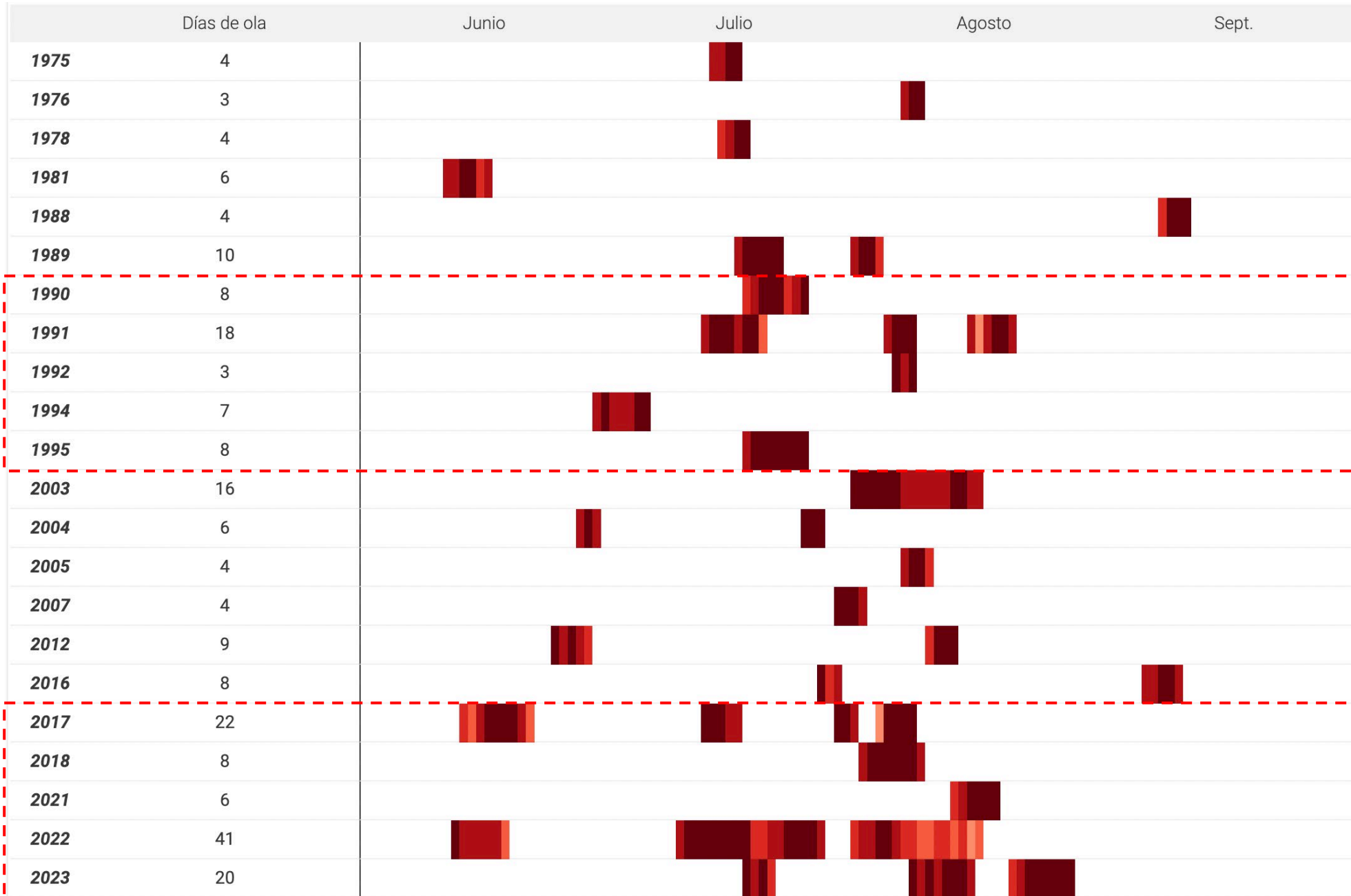
Mes	Periodo	Días
Junio	12-18	7
Julio	9-26	18
Agosto	30-14	16
<b>Total</b>		<b>41</b>

## Olas de calor verano 2023

Mes	Periodo	Días
Julio	17-20	4
Agosto	6-13	8
Agosto	18-25	8
<b>Total</b>		<b>20</b>



# Olas de calor en Córdoba (1975-2023)



**1990-1995**

**2017-2023**

## Sequías históricas en el Guadalquivir

Sequias anuales 1940-1988, según precipitación(mm)

Año hidrológico inicial	Año hidrológico final	Duración	Déficit total Precipitación	Déficit medio anual	Déficit anual máximo
1941	1941	1	36	36	36
1943	1944	2	316	158	274
1948	1949	2	318	159	173
1952	1954	3	323	108	158
1956	1957	2	266	133	147
1964	1964	1	86	86	86
1966	1967	2	123	61	94
1971	1975	5	276	55	101
1979	1982	4	591	148	204
1985	1986	2	68	34	41
1988	1988	1	96	96	96

Año hidrológico inicial	Año hidrológico final	Duración (años)	Déficit Total (mm)	Déficit Medio Anual(mm)	Déficit Anual Máximo(mm)
1971	1976	6	276	55	101
1979	1982	4	591	148	204
1985	1986	2	68	34	41
1991	1995	5	744	149	270
1998	1999	2	334	167	280
2006	2008	3	81	27	44

Tabla 194. Principales sequías (precipitación) en la cuenca del Guadalquivir.

Fuente: Plan Especial de la Sequía, CHG (2007)

## Sequía 1991-1995

Año	Aportación (hm <sup>3</sup> /año)		Volumen embalsado (hm <sup>3</sup> )		Volumen disponible (hm <sup>3</sup> )	
	En toda la cuenca	En los embalses de regulación	Abril	Septiembre	Abril	Septiembre
91-92	2.488	762	1.917	937	1.539	559
92-93	1.979	459	1.177	934	799	556
93-94	3.334	883	1.564	847	1.186	469
<b>94-95</b>	<b>1.134</b>	<b>298</b>	<b>923</b>	<b>656</b>	<b>545</b>	<b>278</b>
95-96	17.582	6.921	5.643	4.471	5.265	4.093

Año	Dotación (m <sup>3</sup> /ha)
1992	2.100
1993	180 (sólo cultivos permanentes)
1994	760
1995	0 (sin riesgo de los cultivos permanentes)
<b>Media</b>	<b>800 m<sup>3</sup>/ha</b>

Fuente: Plan Especial de la Sequía, CHG (2007)





Figura 110. Número de Sequías identificadas en Documentos Históricos. Fuente CEDEX 2013. Elaboración propia.

Fuente: Plan Especial de la Sequía, CHG (2007)

# Old World Drought Atlas

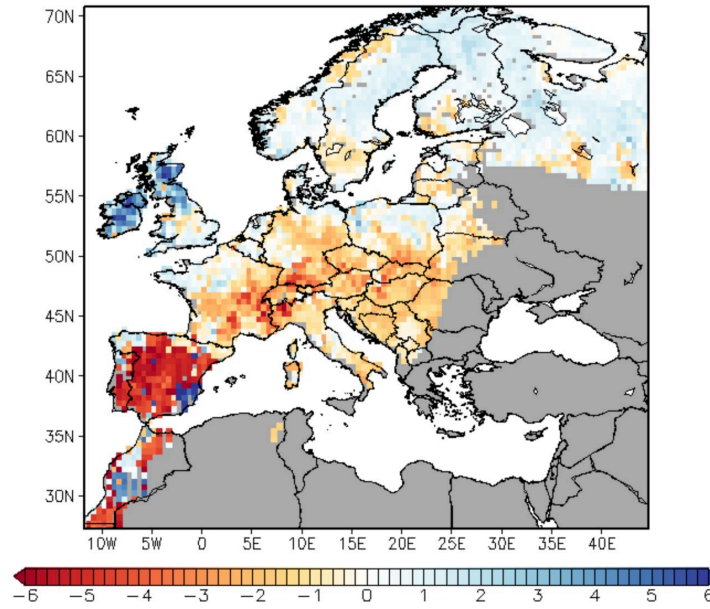
Memphis University

## Palmer Drought Severity Index (PDSI)

Cook, E.R et al. Sciences Advance (2015)

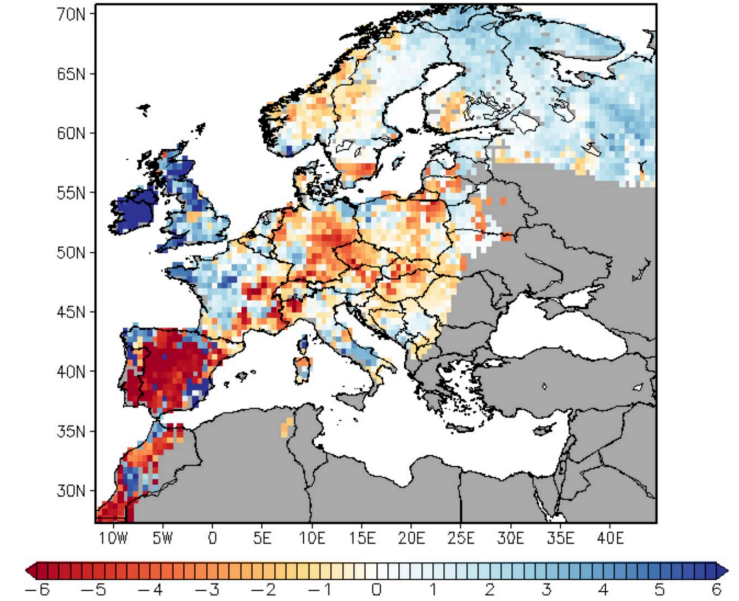
Reconstructed JJA PDSI

0053



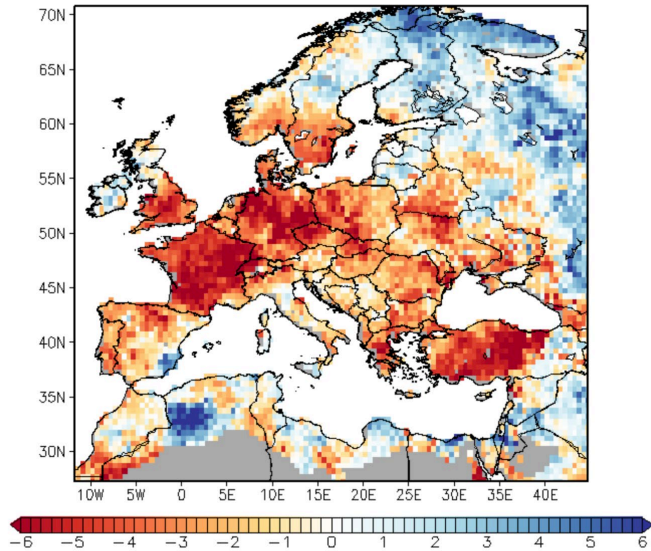
Reconstructed JJA PDSI

0254



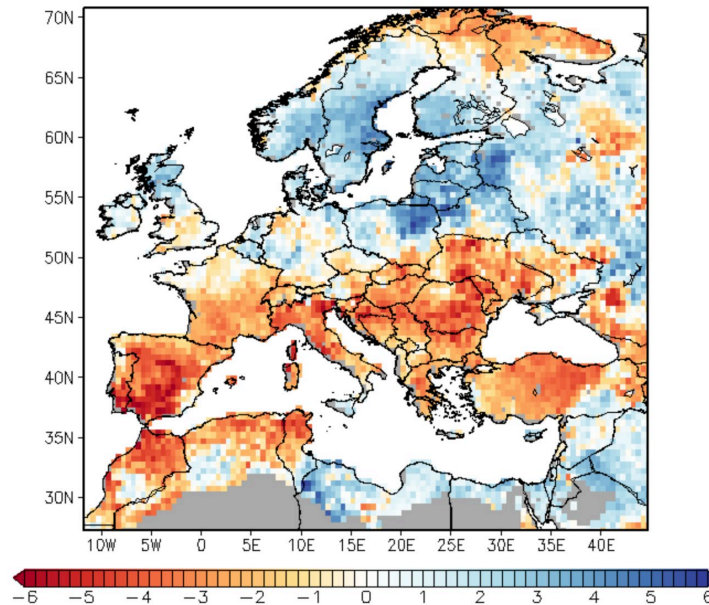
Reconstructed JJA PDSI

1893



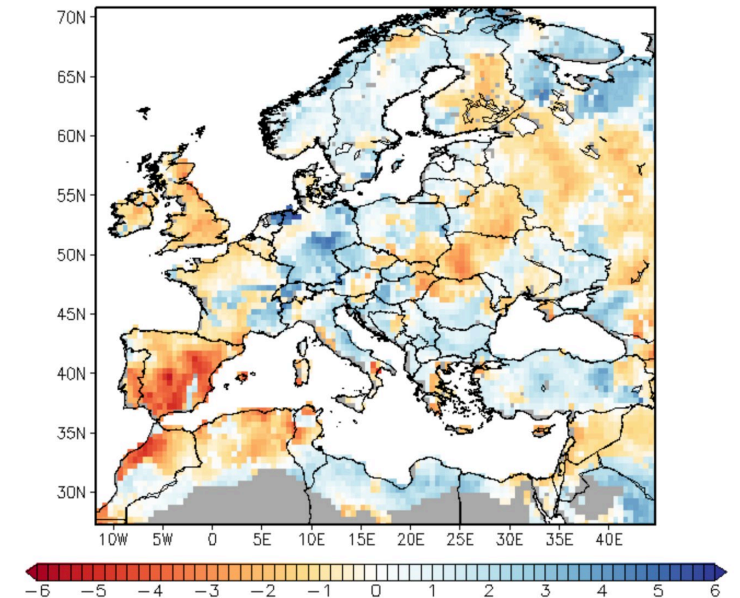
Reconstructed JJA PDSI

1945



Reconstructed JJA PDSI

1995



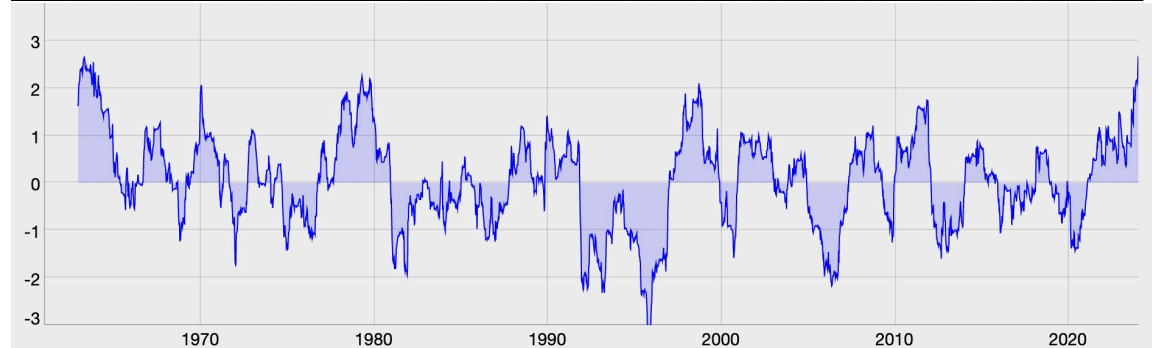
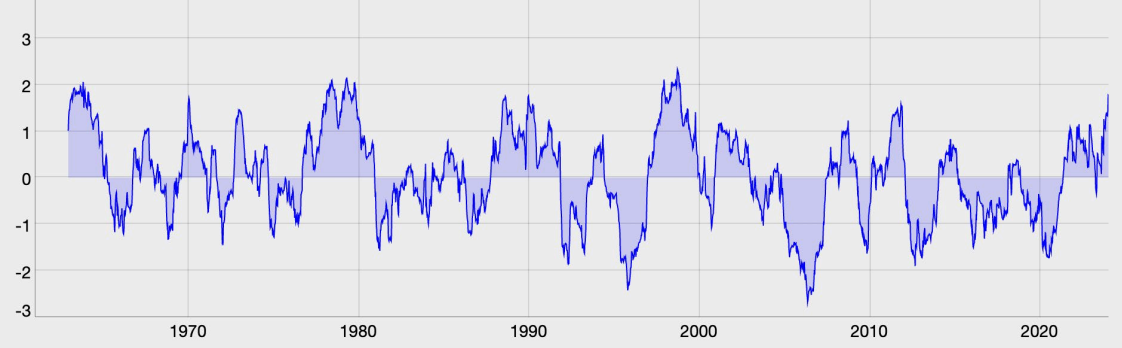
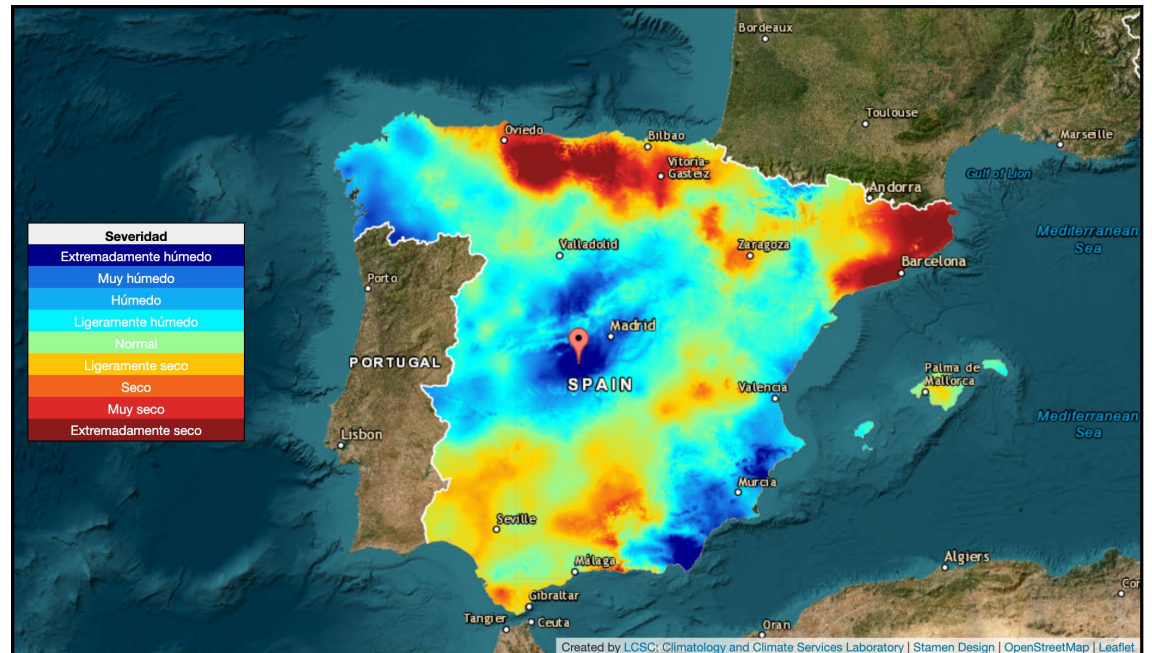
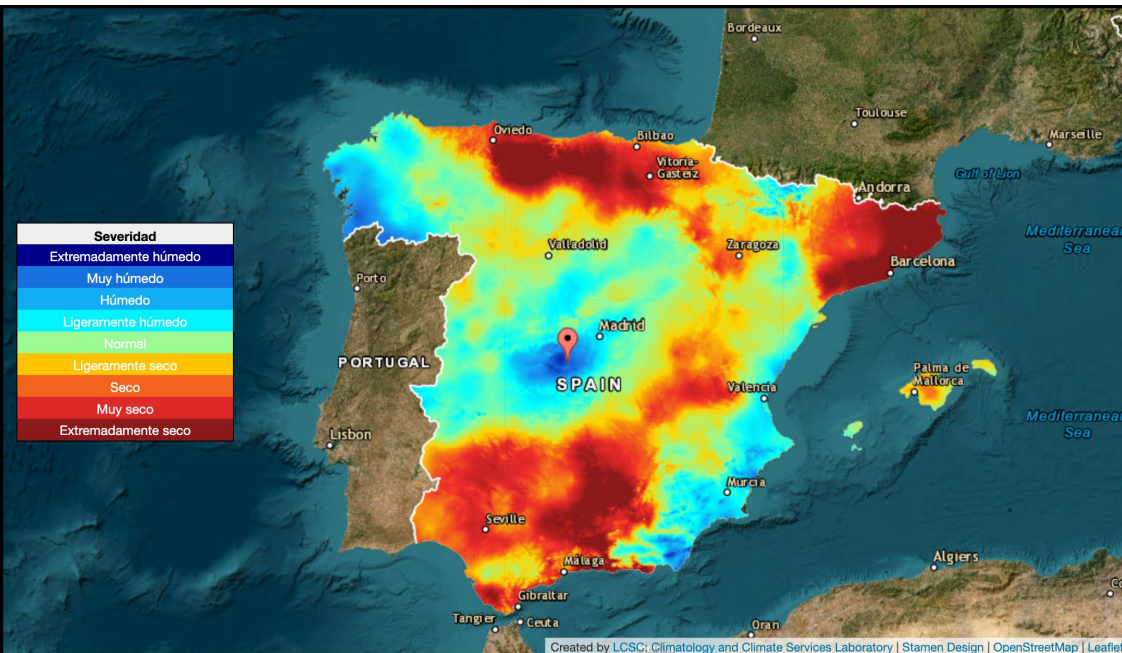


## Índices para el periodo 1961-2024 (24 meses)

**SPEI**

## Enero 2024

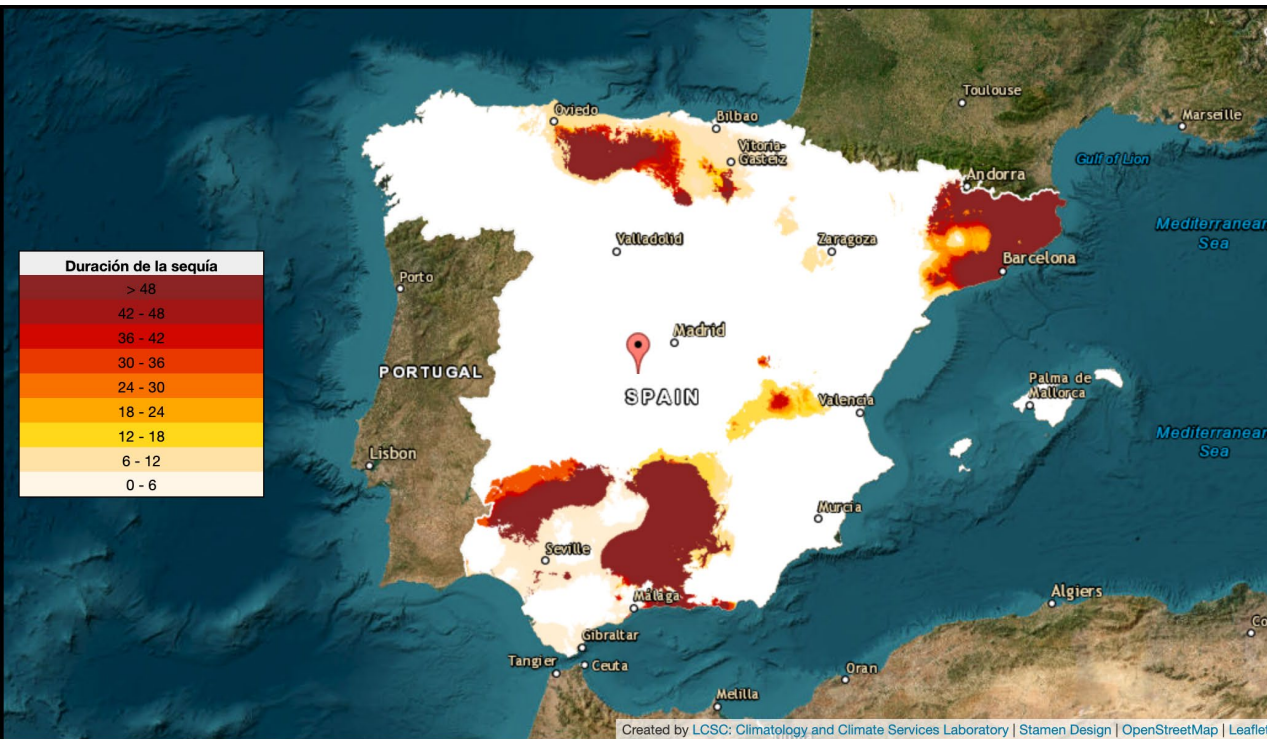
**SPI**



## Índices para el periodo 1961-2024 (24 meses)

Enero 2024

### Duración SPEI



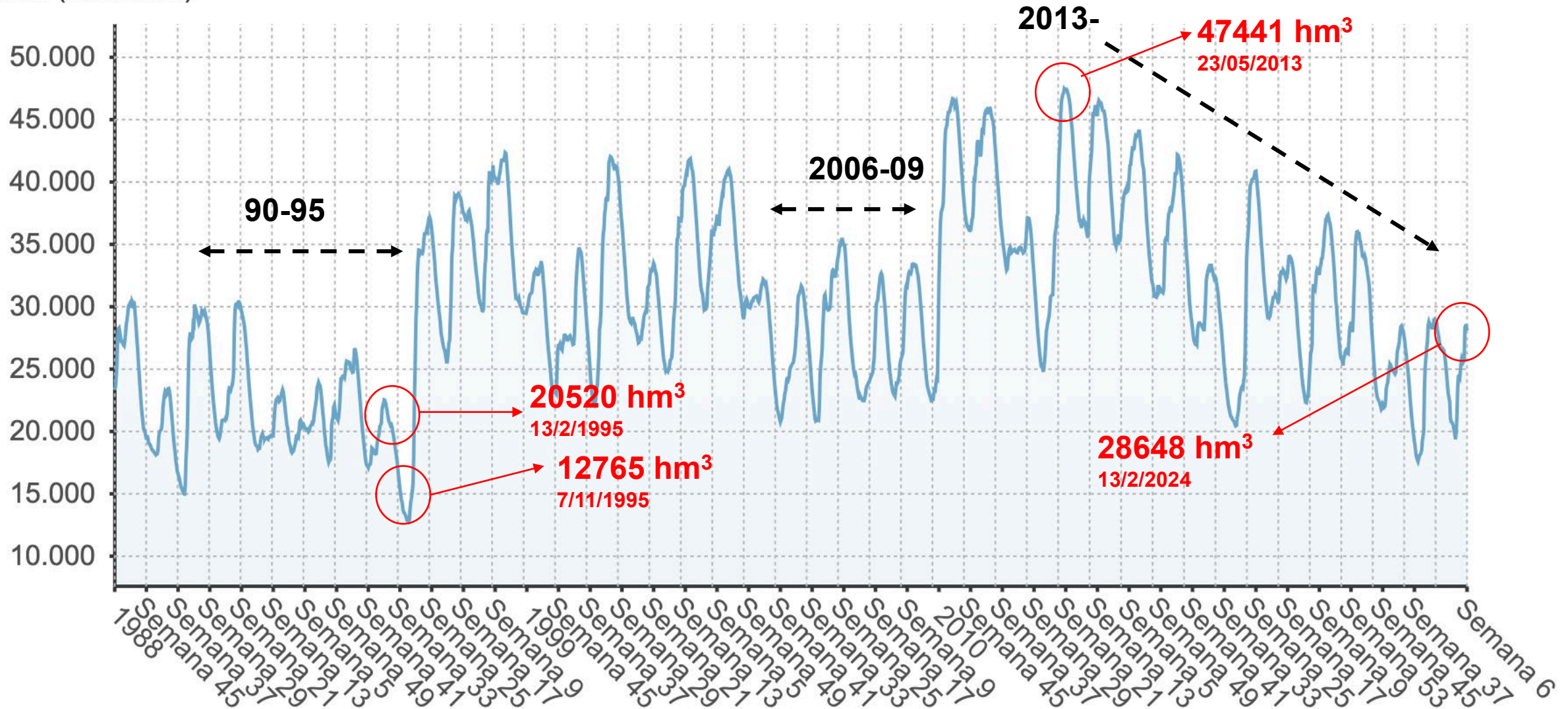
### Duración SPI





## Agua embalsada en España desde 1988-2024

hm<sup>3</sup> (Unidades)

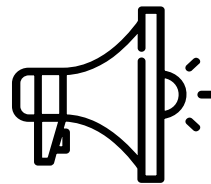


## Algunos datos de la sequía de 1995 y la actual

Año	Capacidad embalse (hm <sup>3</sup> )	Superficie riego (ha)	Riego localizado (%)	Superficie leñosos (ha)
Sequía 1995	51562	3177900	17	954000
Actual	56069	3828763	55	1982369
Variación (%)	<b>+9 %</b>	<b>+20 %</b>	<b>+224 %</b>	<b>+108 %</b>

Año	Superficie riego olivar Andalucía (ha)
1995	130000
2023	649762 (+500 %)

**Aspectos a resaltar en la situación actual**



- Era digital
- Modernización del regadío
- Coste de la energía
- Sostenibilidad
- Cambio climático

# Actuaciones frente a la escasez. Caso de Junta de Andalucía

## 1. Carácter legislativo

- Primer Decreto de Sequía (15/06/2021)
- Segundo Decreto de Sequía (29/03/2022)
- Tercer Decreto de Sequía (25/04/2023)
- Cuarto Decreto de Sequía (29/01/2024)

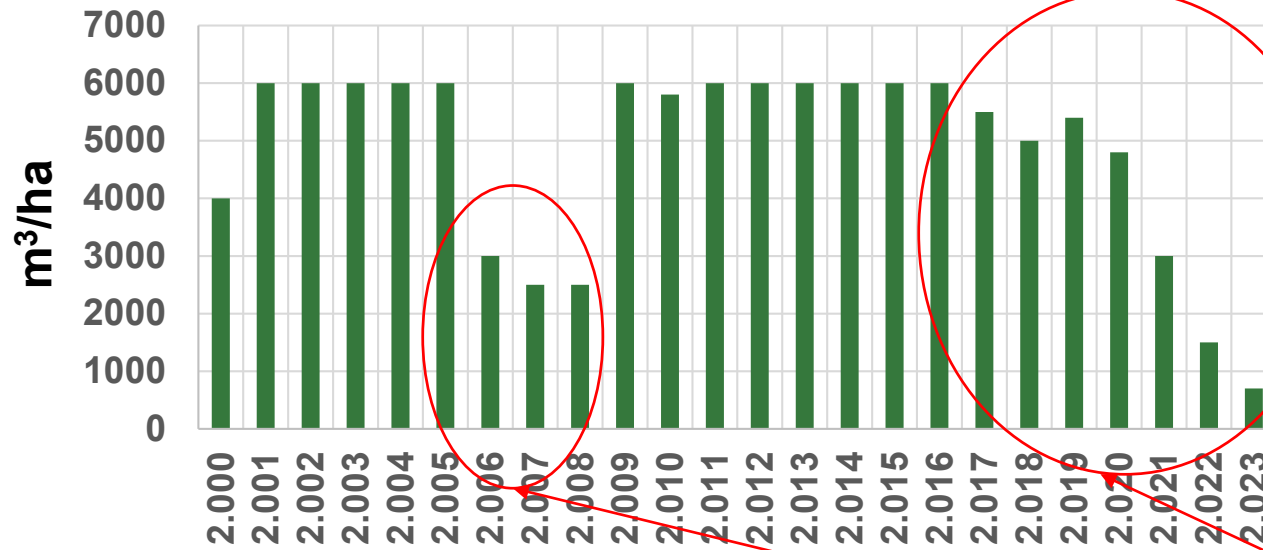
## 2. Medidas

- Medidas fiscales para paliar los impactos de la sequía
- Declaración de obras de interés
- Medidas de apoyo a los sectores ganadero y pesquero

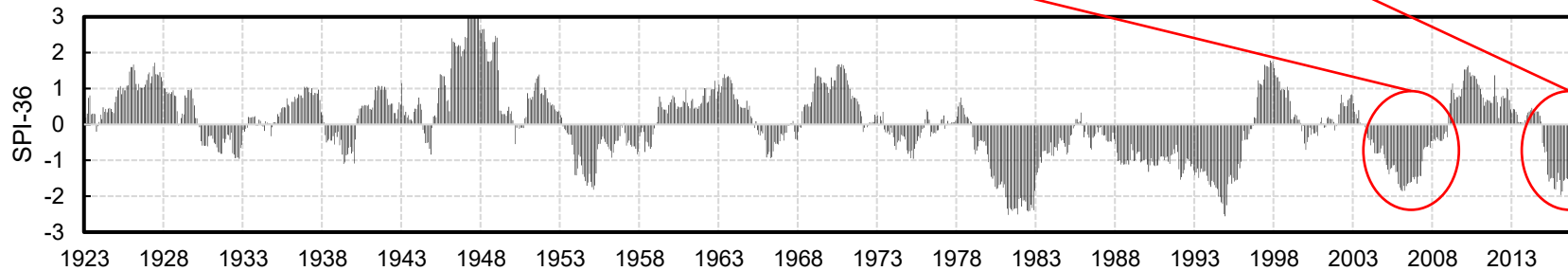
## Impactos en el uso del agua



### Dotaciones en la CHG entre 2000-2023

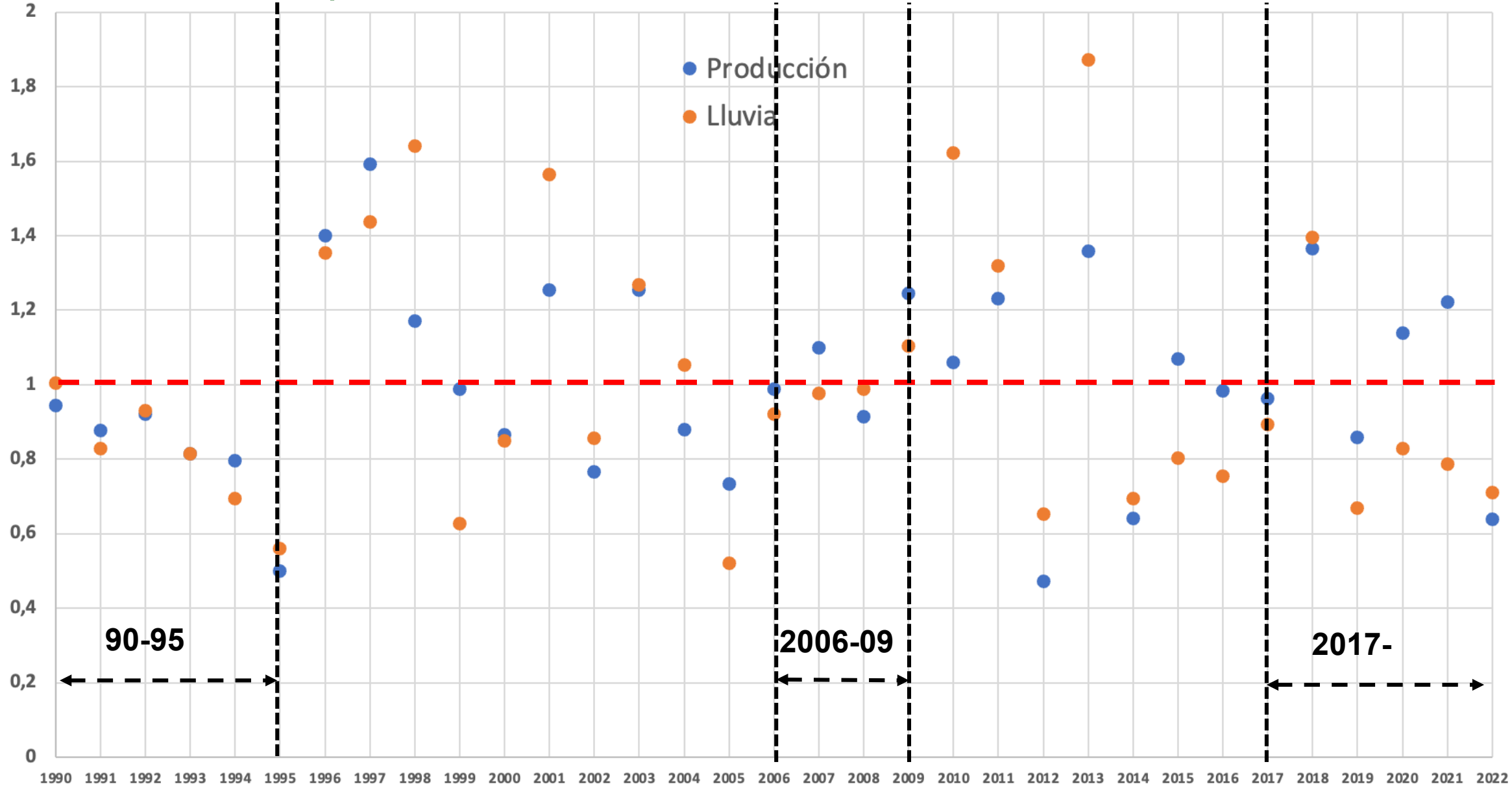


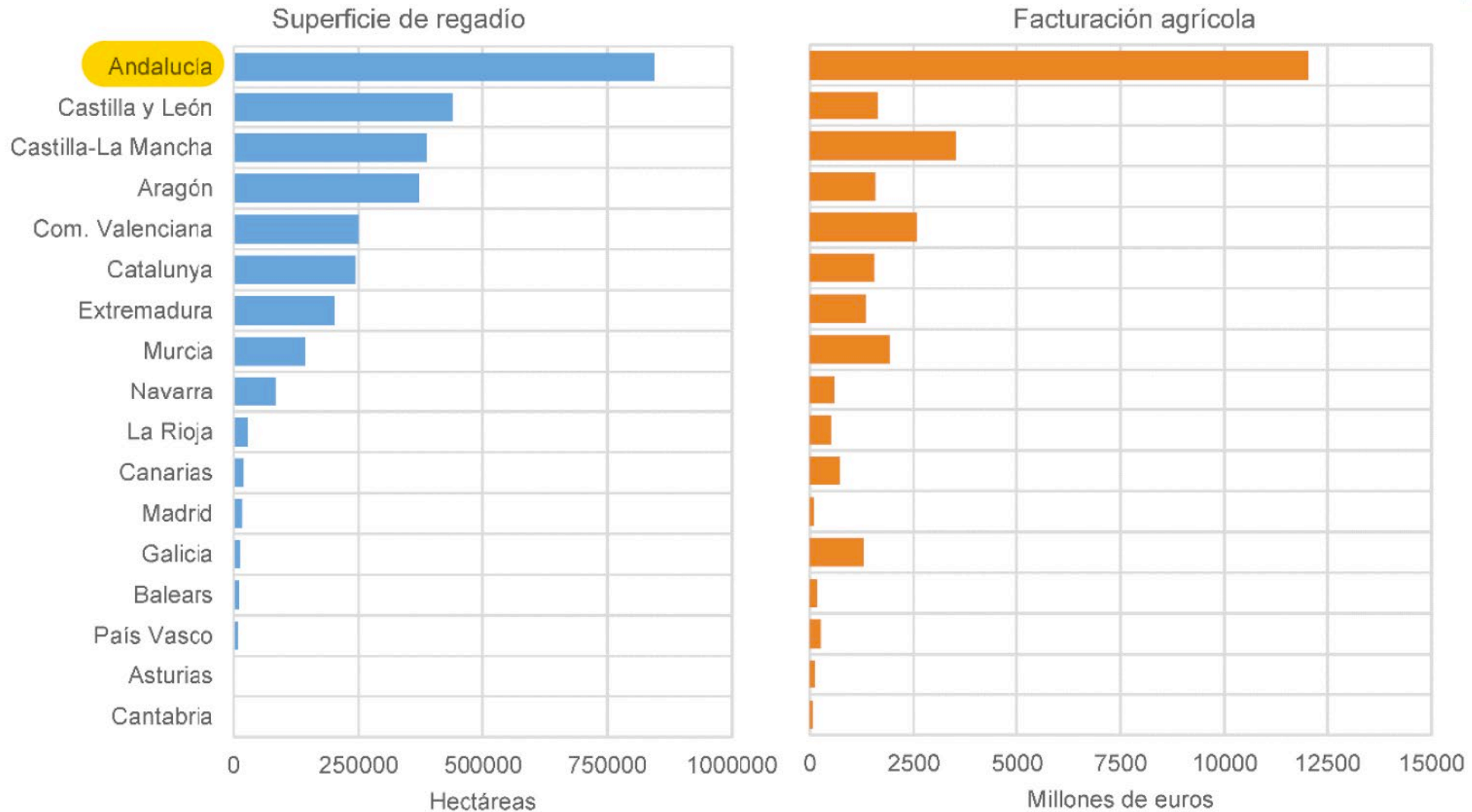
36 months





# Producción aceite en España y precipitación normalizadas (medias móviles decenales)



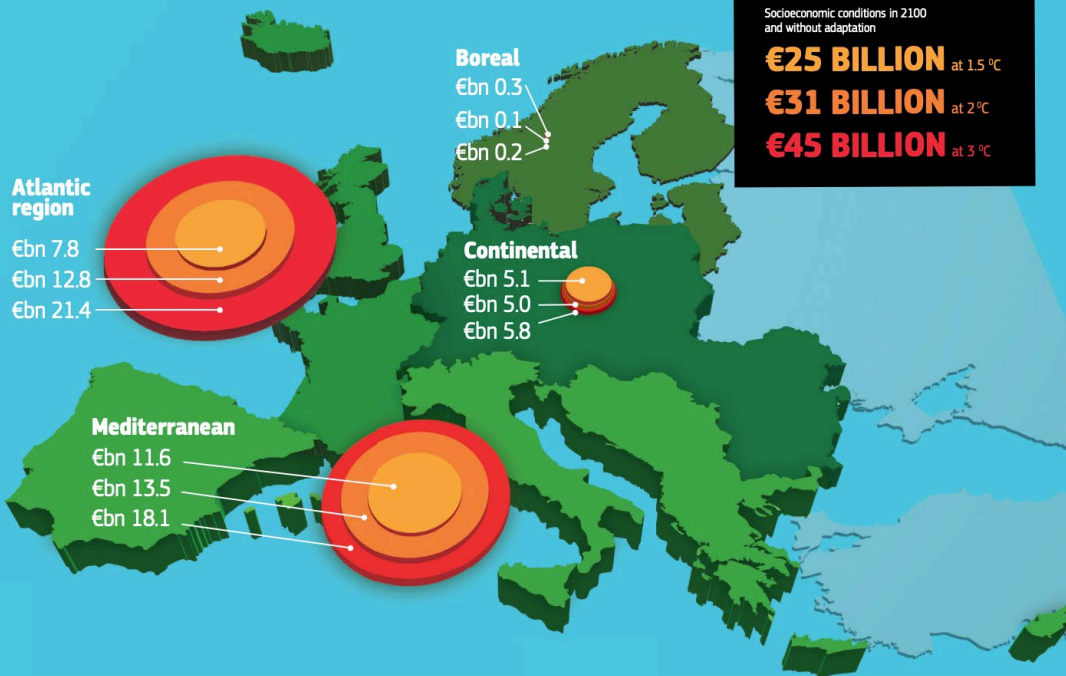


Balance hídrico actual y futuro en las cuencas en España, déficits estructurales e implicaciones socioeconómicas. (Pulido-Velázquez et al. 2022)

# Proyecto PESETA IV (JRC, 2020)

## Drought in a changing climate

A **first-ever** pan-European quantitative assessment of the economic impacts of drought in Europe.



Modelled expected annual losses (billion €) for the present (1981 - 2010)



Projected expected annual damages (billion €) based on socioeconomic conditions in 2100 and without adaptation, at:



### IMPACT ON SECTORS CONSIDERED



#### Agriculture

- Damages to crops and livestock losses
- Irrigation restrictions due to water scarcity



#### Power generation

- Reduction in hydroelectricity production
- Reduced capacity of cooling systems
- Possible shutdown of thermal and nuclear power plants



#### Public water supply

- Decreasing water availability
- Increasing competition amongst different sectors



#### Commercial shipping

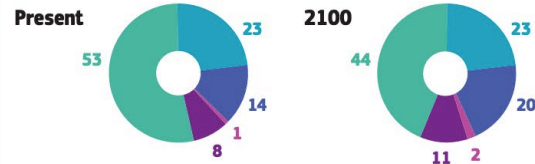
- Interruption of navigation
- Reduction in cargo maximum capacity
- Transfer to other means of transportation



#### Buildings and infrastructure

- Damages due to soil subsidence
- Aquifer over-exploitation may aggravate damage to buildings from subsidence

### Share of drought losses per socioeconomic sector (%)



### KEY SUMMARY

- Drought will be more severe and persistent in southern and western Europe, whereas it will become less intense in northern and eastern Europe.
- Mediterranean and Atlantic regions are already contributing to about 68% of present losses, and this share will become 87% at 3 °C.
- Agriculture sector is most affected now and in the future, even if its economic importance is reduced in future European economies.

Según informe Aon (2024) la sequía causó en 2023 5550 M€ en el sector agrario español

# Aspectos a tener en cuenta..



- La sequía es un fenómeno recurrente difícil de predecir
- Necesidad de adaptarse y adelantarse a la sequía
- Los PES deben contemplar la complejidad de nuestro clima
- La nueva era de la digitalización debe ser incorporada
- Gran vulnerabilidad del sector agrario
- Grandes impactos ambientales y sociales





UNIVERSIDAD  
DE  
CÓRDOBA



AGRONOMÍA  
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



EXCELENCIA  
MARÍA  
DE MAEZTU  
2020 - 2023

**!!!!MUCHAS  
GRACIAS!!!**

Campus de Rabanales – Edificio C4 Celestino Mutis – Ctra. Madrid, km 396 – 14071 – Córdoba  
957 218 513 – [ecamacho@uco.es](mailto:ecamacho@uco.es)