

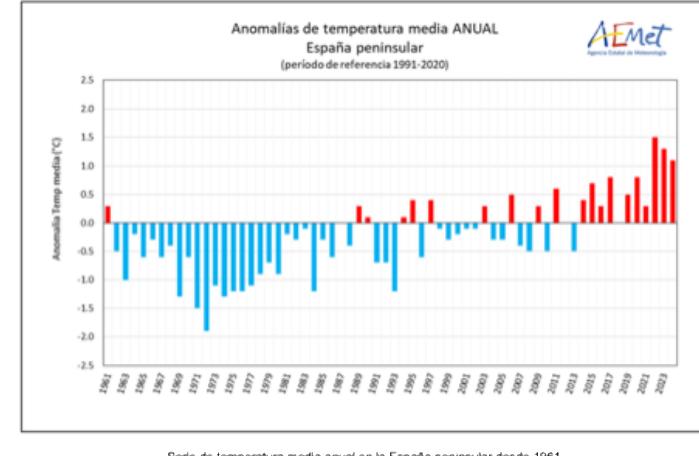
Retos y lecciones aprendidas de las sequias

Josefina Maestu

Universidad de Alcala

El ciclo hidrológico está cambiando

- La temperatura media ha aumentado 1,69°C desde 1961 —los once años más cálidos de la serie histórica se han registrado en el siglo XXI— y junio de 2025 fue el mes más caluroso desde que existen registros, con una anomalía de +3,6°C [5].
- El Mar Mediterráneo se calienta un 67% más rápido que la media global, alcanzando temperaturas superficiales de 24-27°C. En verano el vapor de agua en la atmósfera actúa como combustible para precipitaciones torrenciales;
 - el récord histórico de 28,15°C de media en agosto de 2024 ilustra una tendencia inequívoca: 18 de los 20 valores más altos desde 1982 se han registrado entre 2023 y 2024
- En los Pirineos, la temperatura ha aumentado 1,9°C desde 1960 —un 30% más que la media mundial— provocando transformaciones profundas en el régimen hidrológico
 - El Observatorio Pirenaico del Cambio Climático documenta un descenso estadísticamente significativo del manto de nieve desde 1950
 - La Confederación Hidrográfica del Ebro detecta reducciones del caudal anual en más del 50% de las estaciones de aforo estudiadas entre 1950 y 2010.
 - El descenso de la acumulación invernal de nieve está alterando el régimen mensual de los ríos: aumentan los caudales en invierno y disminuyen críticamente en verano y otoño, precisamente cuando la demanda es mayor
- Las proyecciones del proyecto CLIMPY anticipan que el espesor medio de nieve en el Pirineo Central podría reducirse a la mitad para 2050, y que la acumulación por debajo de 1.500 metros podría desplomarse un 78% en el último cuarto del siglo.



Los eventos extremos se intensifican en ambos sentidos del espectro hidrológico.

Sequías

- Difíciles de predecir (intensidad, duración, impactos, zonas afectadas).
- Amenaza sileciosa
- Recientes sequía del 1991-1996, 2012-2017.
- El año hidrológico 2022-2023 fue el cuarto con menos pluviometría del siglo XXI.
- En 2022 el agua embalsada era el 39%. Más problemático en las cuencas del Guadalquivir y Guadiana. 500.000 personas con restricciones en Galicia, Restricciones al uso del agua en la agricultura (1/3 del volumen de dotaciones de agua en varios lugares)

Table 1 Drought period identification (12-month scale) using SPEI and SPI threshold (< - 1.84)

Event	Spatial gradient propagation	SPEI	Duration	SPI	Duration
1	W/E	1965-Jun-3/1965-Sep-4	14	1965-Jul-2/1965-Sep-3	10
2	E/W	1970-Dec-4/1971-Apr-2	15	1971-Jan-1/1971-Apr-1	13
3	W/E	1981-Feb-3/1981-March-4	6	1981-Feb-3/1981-Dec-3	8 + 8+6 + 10
4	W/E	1981-Nov-1/1981-Dec-3	7		
5	E/W	1983-Oct-3/1983-Dec-3	4 + 3	1983-Sep-4/1983-Dec-2	11
6	E/W	1986-May-3/1986-Sep-2	16	1986-Jan-3/1986-Sep-1	15
7	N/S	1989-Jun-3/1989-Nov-3	21	1989-Jun-2/1989-Nov-2	13 + 7
8	W/E	1992-Feb-1/1992-Jun-2	18	1992-Feb-1/1992-Jun-2	18
9	E/W	1994-Jan-3/1995-Dec-4	74	1994-Jan-1/1995-Dec-3	75
10	E/W	1999-Feb-1/1999-Feb-4	4	1999-Jan-4/1999-Oct-2	6 + 3 + 21
11	E/W	1999-Apr-2/1999-Oct-2	2 + 21		
12	E/W	2002-Feb-4/2002-May-3	6 + 5	2002-Feb-4/2002-May-4	13
13	W/E	2005-March-4/2006-Jun-1	53 + 3	2005-Apr-2/2006-May-2	45
14	W/E	2009-Oct-2/2009-Dec-3	10	/	
15	N/S/NW/SE	2012-Feb-3/2012-Dec-4	32 + 4 + 2	2012-March-2/2012-Sep-3	4 + 1 + 1 + 16

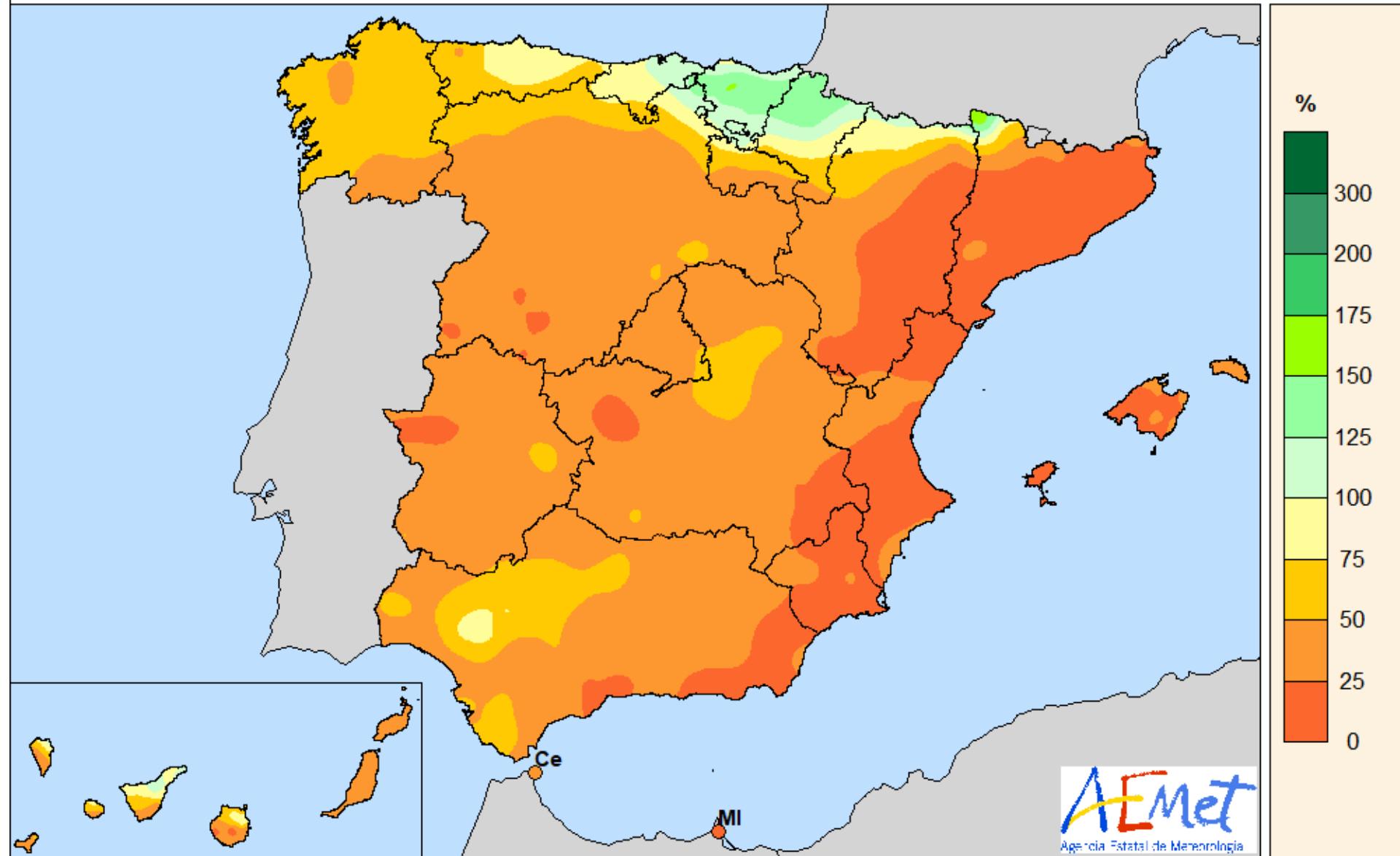
Duration in weeks. Dates indicate start/end in monthly week

Duration expressed as (+) indicates that between dates of event some weeks did not achieve the spatial threshold of 25% of total land. See text for explanation how to identify events

- En 2023, más de cien municipios andaluces sufrieron incidencias en el suministro de agua, veintisiete de ellos sin agua potable.
- El mínimo histórico de embalses en Cataluña alcanzó apenas el 14% en marzo de 2024.

No es una anomalía sino que es la nueva normalidad

% DE LA PRECIPITACION RESPECTO DE LA MEDIA 1981-2010 - INVIERNO 2021-2022



Sequia 2022-2023

Demanda anual escenario base por recurso PH (hm ³ /año)						
DH	Superficial	Subterránea	Reutilización	Desalación	Transferencias	Total
MIÑO-SIL	374,99	61,00	0,00	0,00	3,57	439,56
CANTÁBRICO ORIENTAL	68,33	0,00	0,00	0,00	114,03	182,36
CANTÁBRICO OCCIDENTAL	355,76	0,00	0,00	0,00	8,60	364,36
DUERO	2.716,63	898,97	0,00	0,00	0,00	3.615,60
TAJO	2.586,04	200,93	0,00	0,00	0,00	2.786,97
GUADIANA	1.996,14	353,86	0,00	0,00	0,00	2.350,00
GUADALQUIVIR	2.847,68	840,41	0,00	0,00	3,13	3.691,22
SEGURA	492,92	451,08	140,33	301,35	320,60	1.706,28
JÚCAR	1.540,44	1.366,89	89,79	5,02	61,11	3.063,25
EBRO	8.050,81	574,95	0,00	0,00	0,00	8.625,76
TOTAL	21.029,73	4.748,09	230,12	306,37	511,05	26.825,36

Tabla 1. Demanda anual escenario base por recurso. Fuente PH 22-27

En este año hidrológico el
detallaremos posteriormente,)

Demanda anual por recurso año 2022-23 (hm ³ /año)						
DH	Superficial	Subterránea	Reutilización	Desalación	Transferencias	Total
MIÑO-SIL	329,60	79,58	0,00	0,00	3,57	412,75
CANTÁBRICO ORIENTAL	94,24	0,00	0,00	0,00	92,18	186,42
CANTÁBRICO OCCIDENTAL	358,98	0,00	0,00	0,00	5,38	364,36
DUERO	2.019,67	881,89	0,00	0,00	0,00	2.901,56
TAJO	2.248,88	220,16	15,63	0,00	0,00	2.484,67
GUADIANA	1.672,92	391,49	0,00	0,00	0,00	2.064,41
GUADALQUIVIR	766,83	765,54	0,69	0,00	3,13	1.536,19
SEGURA	450,52	428,55	140,33	255,78	196,20	1.471,38
JÚCAR	1.429,20	1.275,18	90,25	18,05	58,25	2.870,93
EBRO	5.532,02	574,95	0,00	0,00	NO INCLUIDAS	6.106,97
TOTAL	14.902,86	4.617,34	246,90	273,83	358,71	20.399,64

Tabla 2. Demanda anual por recurso año 22 - 23. Fuente CCHH

ÁMBITOS	Capacidad Total	Año Actual	Año Anterior	Media diez años
Cantábrico Oriental	73	53	54	57
Cantábrico Occidental	518	313	374	401
Miño-Sil	3.030	1.493	1.449	1.974
Galicia Costa	684	402	443	474
Cuencas internas del País Vasco	21	17	17	16
Duero	7.507	2.941	4.018	4.556
Tajo	11.056	4.256	4.673	5.569
Guadiana	9.498	2.364	2.834	5.011
Tinto, Odiel y Piedras	229	155	154	167
Guadalete-Barbate	1.651	425	560	967
Guadalquivir	8.113	1.829	2.388	4.305
Vertiente Atlántica	42.380	14.248	16.964	23.497
Cuenca Mediterránea Andaluza	503	496	617	
Segura	1.140	437	488	456
Júcar	2.846	1.630	1.498	1.265
Ebro	7.919	3.616	4.614	4.830
Cuencas internas de Cataluña	677	268	511	515
Vertiente Mediterránea	13.756	6.454	7.607	7.683
TOTAL PENINSULAR	56.136	20.702	24.571	31.180

Reserva hidráulica peninsular

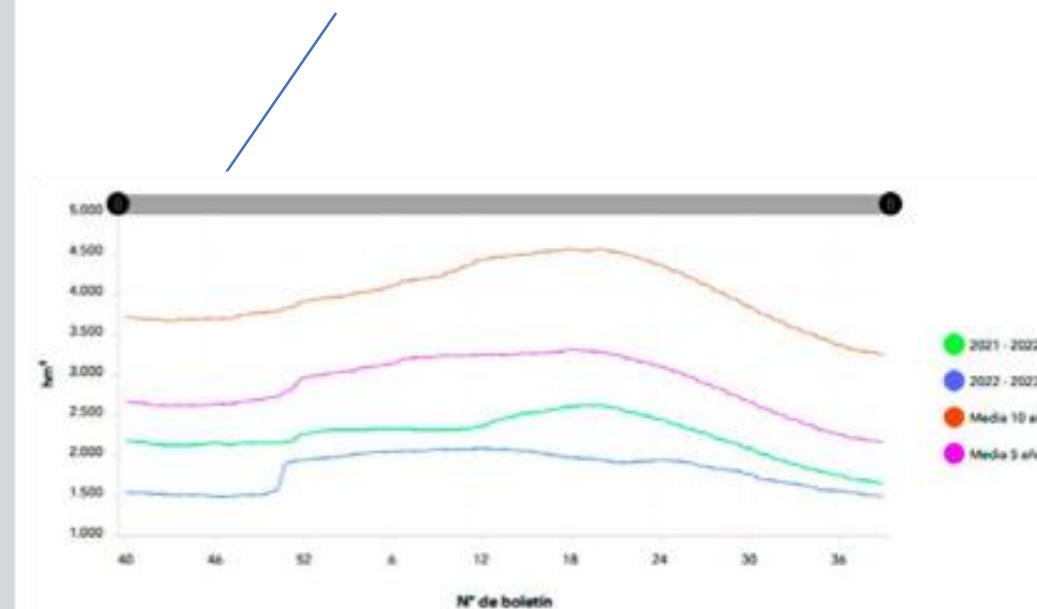
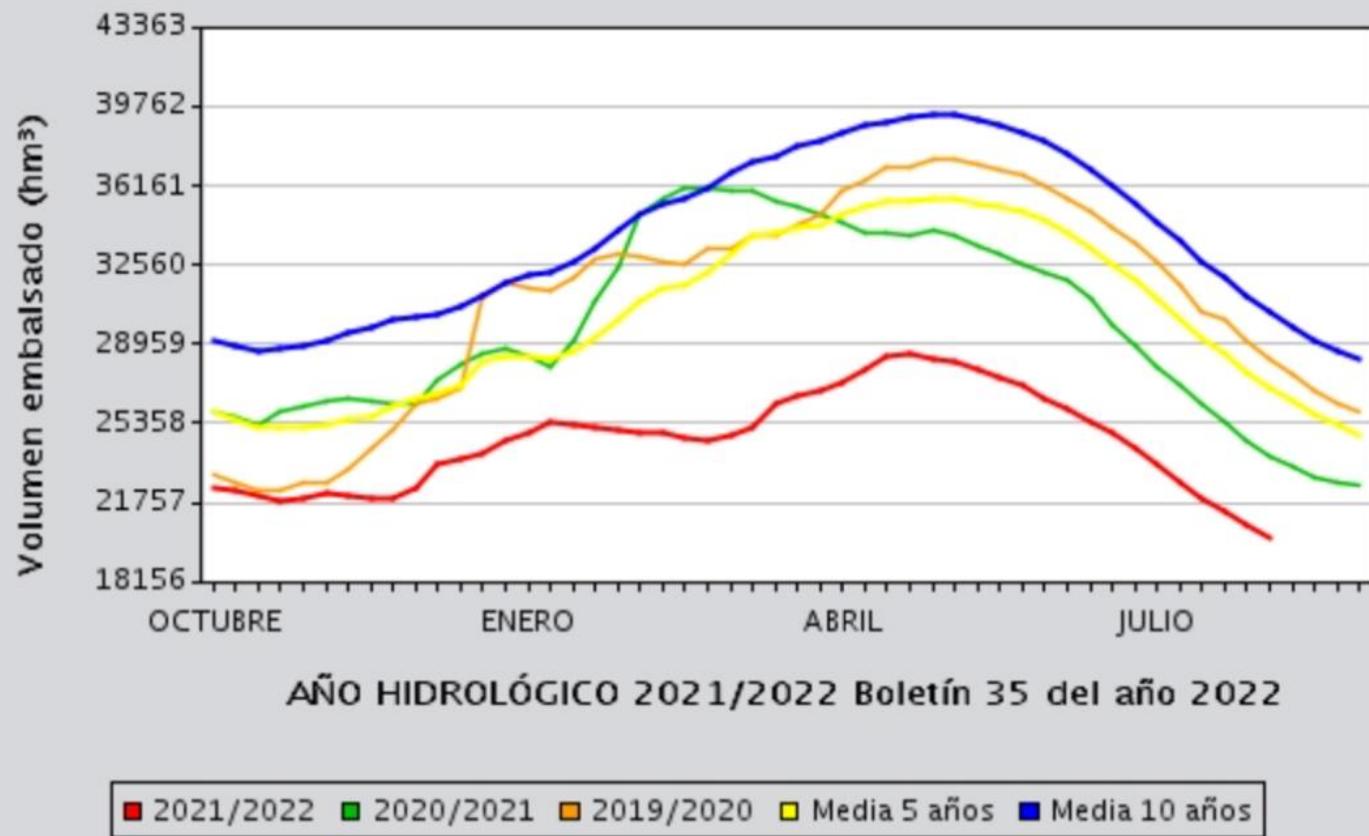


Figura 45. Reserva hidrálica según Boletín Hidrológico. CH Guadalquivir.



Boletín hidrológico peninsular

Dirección General del Agua - Ministerio para la Transición Ecológica y ...

De
Tod

Boletín 34. Desde el 16 - 08 - 2022 hasta el 23 - 08 - 2022

Capacidad

56.136 hm³

Variación en la última semana

✓ -589 hm³

Disminución del 1,05 %

Reserva actual

20.702 hm³

Capacidad: 36,88%

Reserva en la misma semana de 2021

24.571 hm³

Capacidad: 43,96%

Media 10 años

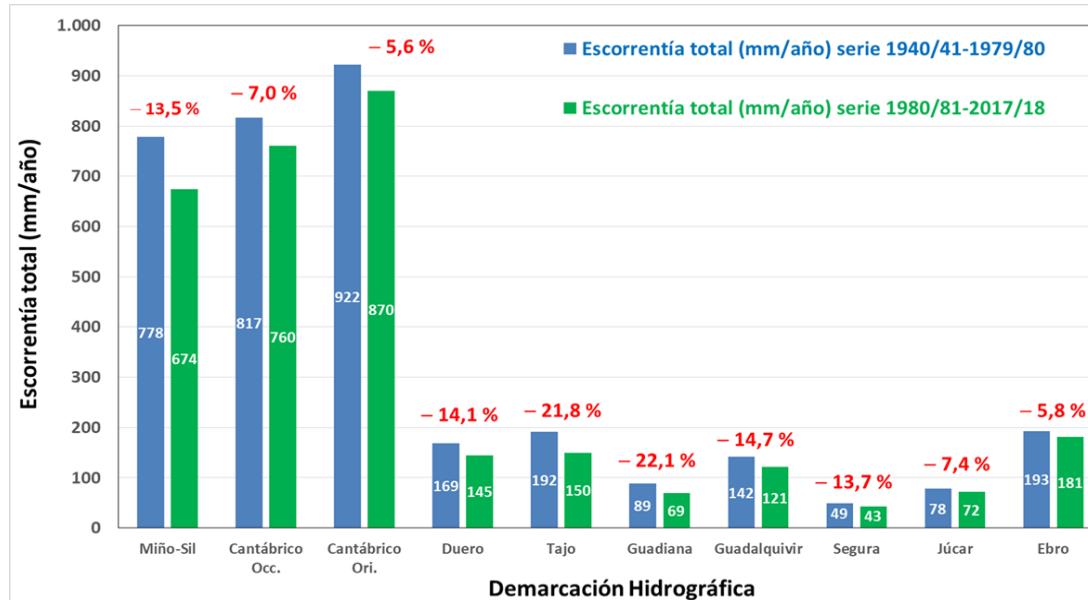
31.180 hm³

Capacidad: 55,49%

Previsiones

- ≈ disminución de 24% de disponibilidad de agua para finales de siglo (40% en algunas cuencas)
- Más sequías de cinco años, mayor intensidad y ocurrencia de inundaciones. El 50% de las zonas propensas a inundaciones estarán peor.
- Disminución sustancial de las reservas de nieve.
- Mayor incertidumbre.
- Ya está ocurriendo. Últimos 20 años reducción en las diferentes cuencas entre 5,6% y 22,1%

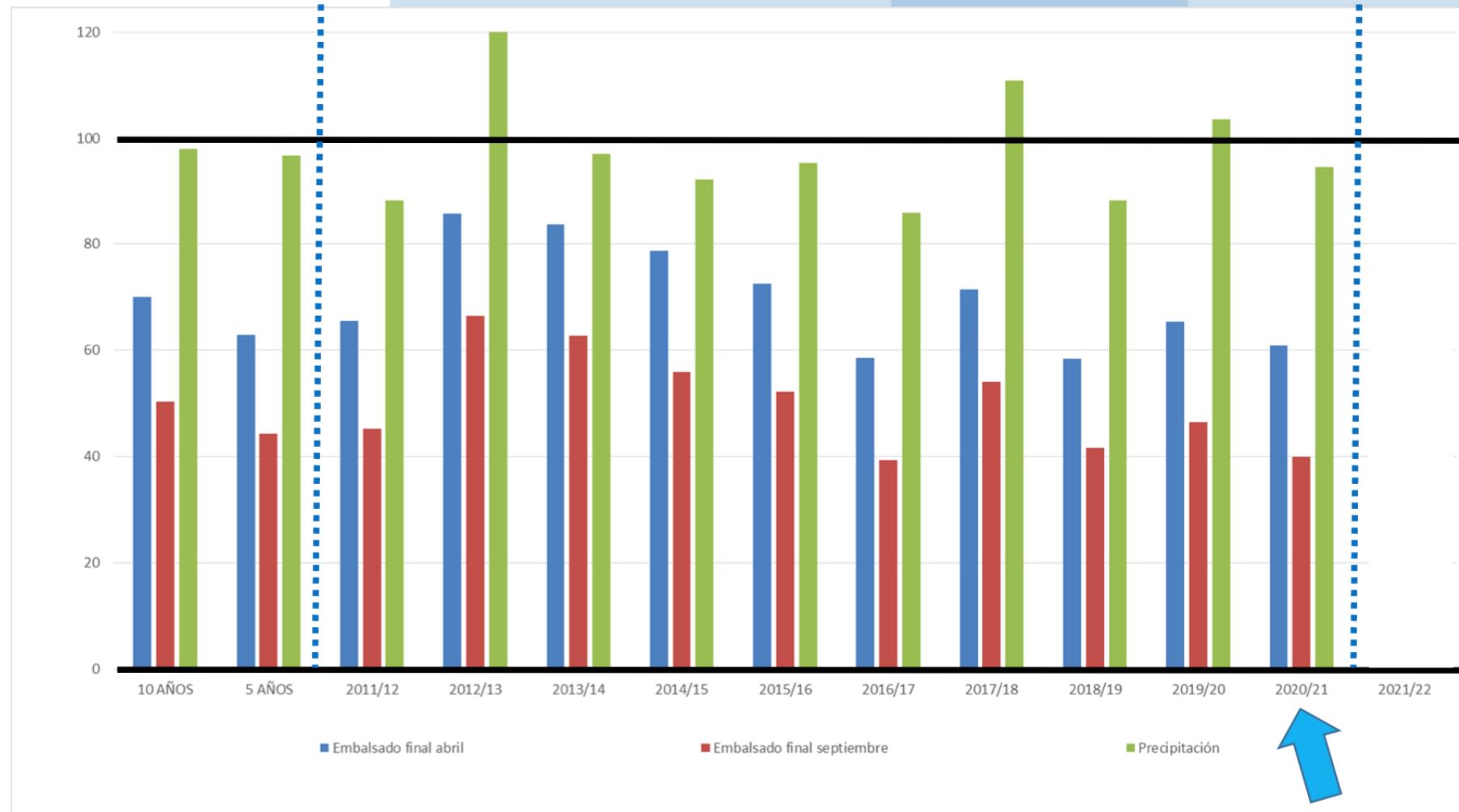
REDUCCION DE ESCORRENTIA (antes de 1980 vs desde 1980)



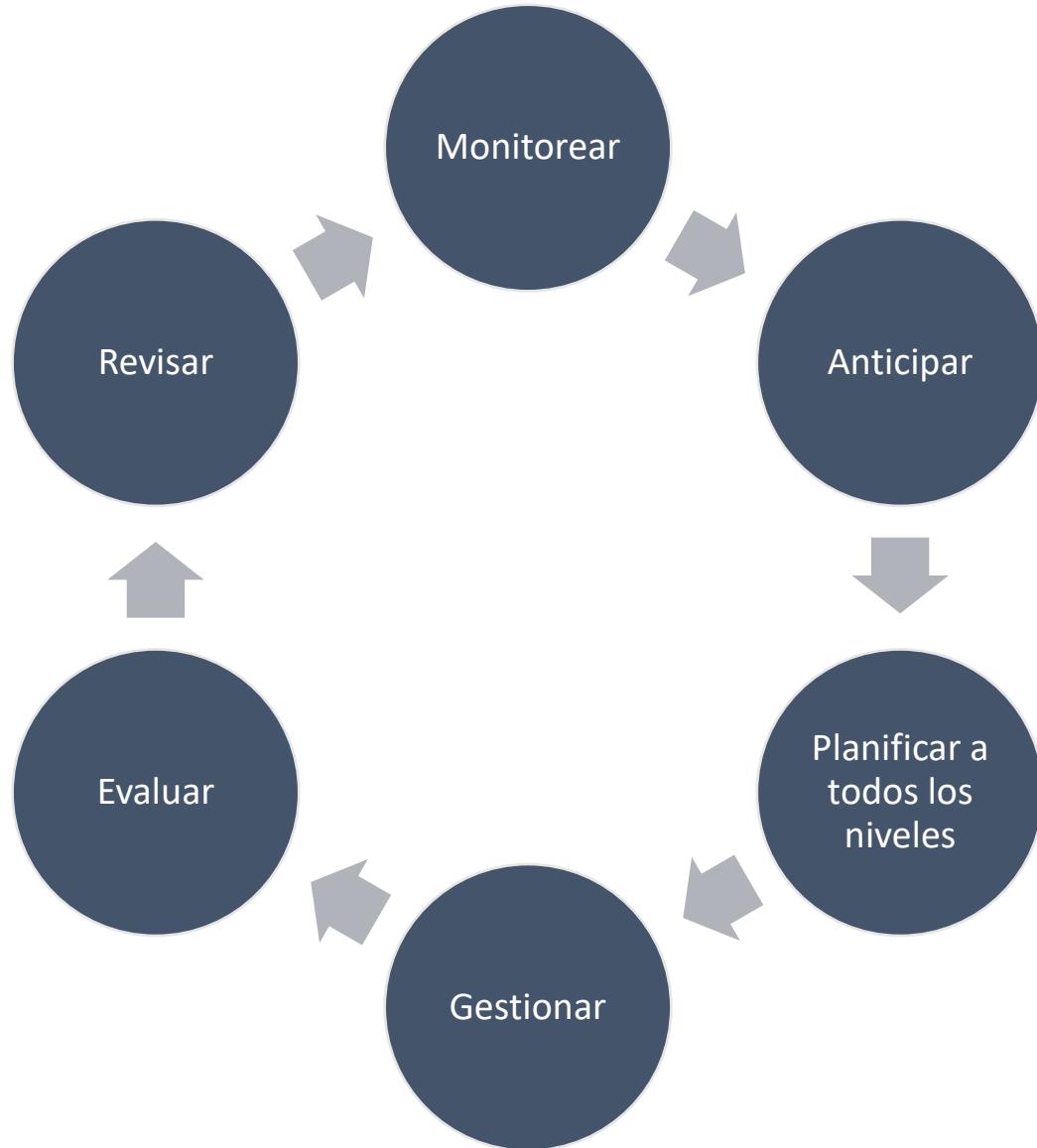
ESCA Anual (%) SSP 585	ESCA Anual (%)													
	A	D	E	F	G	H	I	K	M	R	U	Mx	Md	Mn
Miño-Sil	-24	7	-14	-6	-16	-18	-20	-18	-7	-12	-5	7	-12	-24
Galicia-Costa	-23	7	-12	-5	-16	-19	-18	-14	-8	-12	-3	7	-11	-23
Cantab. Or.	-23	-4	-13	-7	-11	-17	-9	-11	-17	-17	-5	-4	-12	-23
Cantab. Oc.	-28	-4	-15	-7	-15	-19	-18	-16	-16	-17	-7	-4	-15	-28
Duero	-28	6	-12	-8	-2	-16	-25	-24	-8	-12	5	6	-11	-28
Tajo	-31	4	-15	-12	7	-16	-25	-39	-6	-14	-1	7	-13	-39
Guadiana	-38	3	-24	-19	24	-8	-31	-56	-7	-15	-4	24	-16	-56
Guadalquivir	-33	0	-32	-25	11	-17	-36	-55	-10	-20	-23	11	-22	-55
CMA	-20	-2	-33	-26	0	-31	-40	-58	-19	-26	-36	0	-26	-58
GB	-32	-4	-35	-30	2	-27	-44	-63	-15	-23	-33	2	-28	-63
TOP	-33	-8	-21	-24	13	-20	-35	-58	-20	-20	-20	13	-22	-58
Segura	-1	7	-15	-15	14	-25	-37	-49	-23	-15	-19	14	-16	-49
Júcar	7	11	-3	-1	27	-22	-36	-54	-24	-18	-7	27	-11	-54
Ebro	-21	-1	-13	-4	0	-20	-19	-22	-16	-17	-9	0	-13	-22
Cataluña	2	-2	-1	6	9	-18	-21	-33	-15	-22	-15	9	-10	-33
Baleares	-1	-14	-22	18	0	-15	-36	-44	-10	-14	-28	18	-15	-44
Canarias	-22	-31	-40	-37	-32	-38	-44	-43	-47	-27	-46	-22	-37	-47
Ceuta	-30	-23	-38	-26	-10	-43	-52	-64	-31	-29	-45	-10	-36	-64

EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

-En los últimos años el 55,5% de los embalses han tenido las reservas por debajo de la media.



Lecciones aprendidas



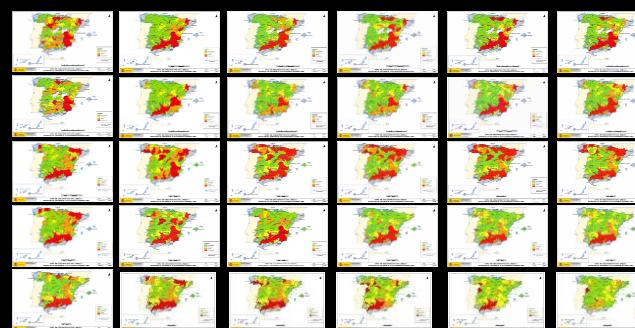


Lección 1: Sistema de Indicadores Hidrológicos

- Seguimiento del estado de los sistemas de explotación, para tenerlo en cuenta a la hora de aplicar medidas y para la declaración formal de situaciones de sequía.

- Cuestiones:

- ¿Es suficiente? Predictivo
- ¿Interrelacion con los indicadores de escasez?
- Indicadores de exposición y vulnerabilidad



Lección 2 Anticipar: establecer y negociar medidas de antemano para los diferentes escenarios

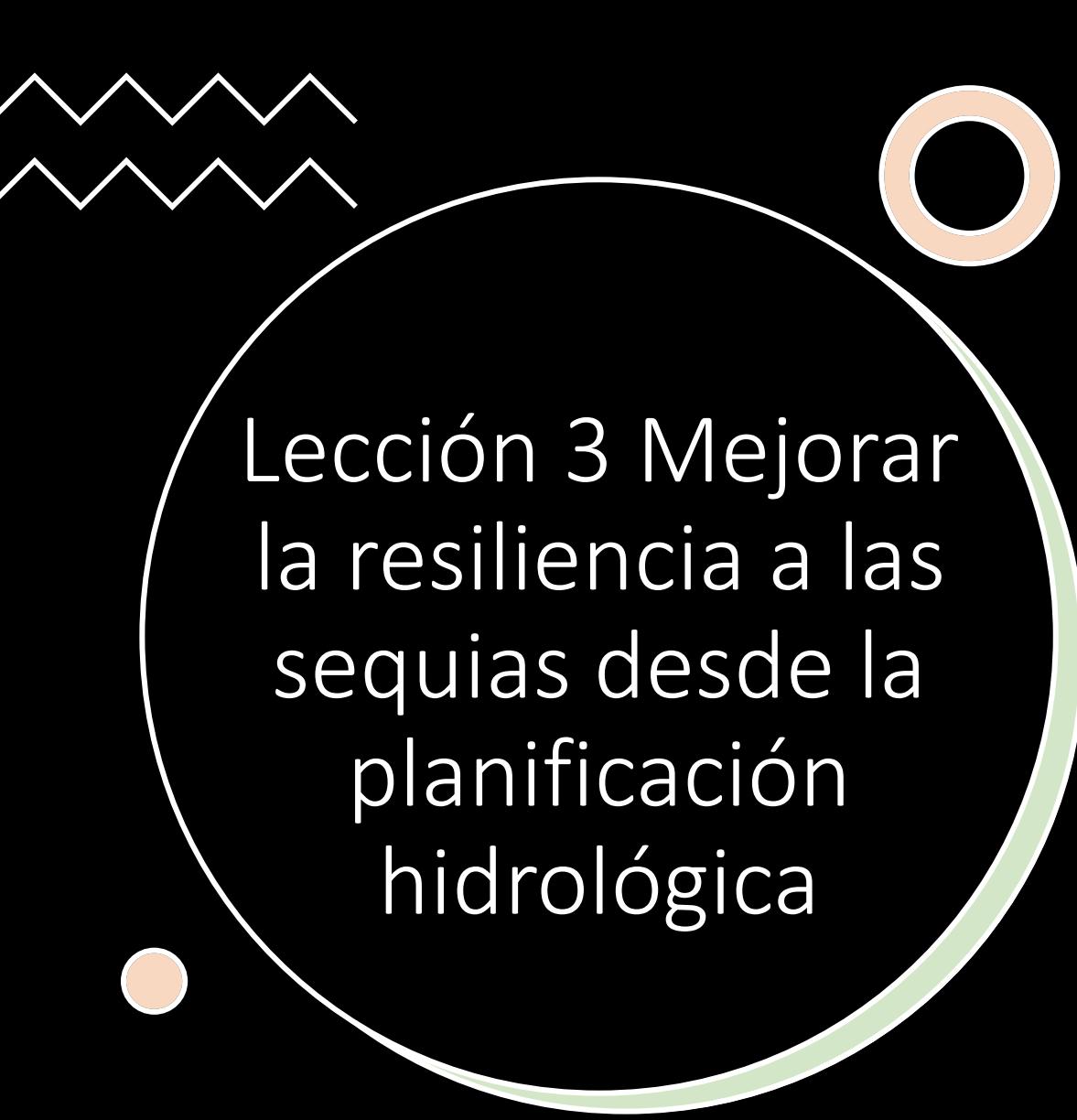
Acciones que se activan en el escenario de sequía prolongada				
Admisión justificada del deterioro temporal del estatus de los cuerpos de agua debido a causas naturales excepcionales				
Indicadores de escasez				
Status situations	Ausencia de escasez	Escasez moderada	Severa	Muy severa
Scarcity scenarios	Normal	Pre-alerta	Alerta	Emergencia
Tipología de acciones y medidas que se activan	Planificación hidrológica general y seguimiento	Sensibilización, ahorro y seguimiento	Medidas de gestión (demanda y oferta), y control y supervisión (art. 55 del TRLA)	Intensificación de las medidas consideradas en alerta y posible adopción de medidas excepcionales (art. 58 de la TRLA)

Acordar restricciones en los usos del agua antes de las sequias

- Rangos de reducciones en las dotaciones respecto a la demanda consolidada en función de la fase de sequía.
- Afectan a las aguas superficiales y subterráneas.
- Tienen en cuenta las posibilidades de utilizar recursos alternativos.

Unidad de demanda	Origen	Porcentajes de reducción			
		Normalidad	Prealerta	Alerta	Emergencia
Abastecimientos	Superficial	0%	0%	0-5%	0-10%
Regadíos tradicionales integrados en la USUJ	Superficial	0%	5-15%	15-25%	25-35%
	Total		5-15%	10-20%	15-25%
Resto de regadíos que usan recursos superficiales	Superficial	0%	En función de la disponibilidad de recursos alternativos		
	Total		5-15%	10-20%	15-25%
Regadíos de la masa de agua subterránea de la Mancha Oriental	Superficial	0%	10-20%	55-65%	80-100%
	Total		5-15%	10-20%	15-25%
Regadíos del Canal Júcar-Turia	Superficial	0%	10-20%	30-40%	45-55%
	Total		5-15%	10-20%	15-25%
Transferencias al Vinalopó-Alacantí y Marina Baja	Superficial	Según normas de explotación del sistema Júcar de conformidad con el PHJ			

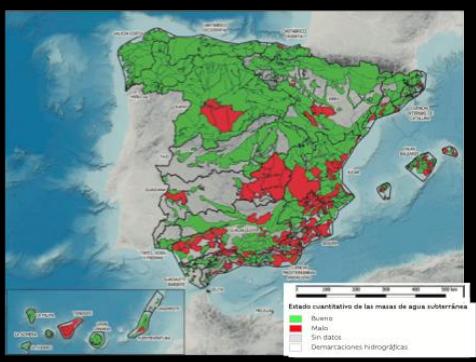
Reducciones en las dotaciones en el sistema Júcar



Lección 3 Mejorar la resiliencia a las sequias desde la planificación hidrológica

Reduciendo el nivel de exposición

- Alto nivel de explotación en varias cuencas (revisión de concesiones/usos ilegales)
- Explotación de acuíferos: aumentado un 30% desde 2008.
- Superficie de cultivo de regadío: Aumentando un 12% desde 2010. 3,8 millones de Ha.
- 12,9 millones de has de secano.
- Contaminación difusa



Water exploitation index	WEI+
Miño-Sil	0,03
Cantábrico Oriental	0,01
Cantábrico Occidental	0,01
Duero	0,18
Tajo	0,22
Guadiana	0,50
Guadalquivir	0,45
Segura	0,78
Júcar	0,72
Ebro	0,40



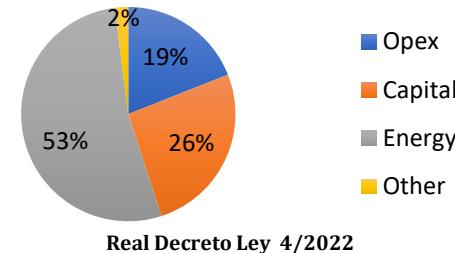
Reduciendo la vulnerabilidad: diversificar riesgos/diversificar recursos

- No hay tantos problemas en las zonas donde se han construido plantas de desalinización tras la última sequía
- Murcia, Almería, Valencia
- Más resilientes cuando hay redundancia o diversificación de fuentes de agua
- O con menos uso de riego. Los embalses de Madrid con un 67% en la sequía de 2022/2023



¿A que coste?

Figure 5 Desalination cost structure



0,43% de la demanda energética nacional

Desalination costs	2019	2020	2021	1T-22	2T-22	3T-22	4T-22	2022
Volume produced (in million m3)	232.8	193.3	202.4	39.4	54.9	69.1	66.6	230
Operational costs (€ per m3)	0.40	0.40	0.56	1.36	1.15	1.43	0.94	1.21
O&M	0.10	0.11	0.11	0.14	0.12	0.11	0.10	0.12
Energy	0.28	0.27	0.42	1.17	0.98	1.28	0.74	1.03
Other	0.01	0.02	0.03	0.05	0.05	0.04	0.10	0.06
Capital costs (€ per m3)	0.09	0.11	0.11	0.14	0.10	0.08	0.08	0.09
TOTAL	0.49	0.51	0.67	1.50	1.25	1.51	1.02	1.30
Cost of energy (€/MWh)	49.8	42.7	76.5	228.4	199.2	270.2	140.9	209.7

Planta Desaladora	Tarifa
Torrevieja	0.348
Aguilas	0.419
Valdelentisco	0.409
Dalias	0.475
Carboneras	0.453
Alicante II	0.382

Table1 Evolution of average costs of production with increasing production and energy costs

Fuente Banco Mundial 2023

Lección 4:

Planificar con planes Especiales de Sequía (PES)



- Objetivo: Mejorar la gestión en situaciones de sequía prolongada y escasez coyuntural
- Medidas de gestión en función del estado de los indicadores:
 - Cambio en orígenes de suministro.
 - Pozos de sequía.
 - Ahorros y restricciones: reducción de dotaciones.
- Mejoras
 - Incorporación **indicadores riesgo, exposición y vulnerabilidad**.
 - Incorporación de una **componente predictiva hidrológica** en los informes de seguimiento (aplicación de modelos hidrológicos, series hidrometeorológicas históricas y predicción climática estacional).
 - Caracterización y atención, a los **sistemas de abastecimiento urbano**.
- Cuestiones
 - Consideración de impactos y medidas socioeconómicas
 - Escenarios
 - Aumento de la resiliencia (medidas reducción de la exposición)
 - Cooperación y coordinación
 - Cambios en gestión de los embalses

Mejora de la gestión en las Comisiones de desembalse

- Domina la gestión anual.
- ¿Aplicación de la prioridad del abastecimiento o se “reparten” las restricciones?
- ¿El respeto a los caudales ecológicos como restricción en áreas protegidas?
- Mejores resultados económicos con gestión multianual. Tragedia de los comunes.

Medidas Guadalquivir

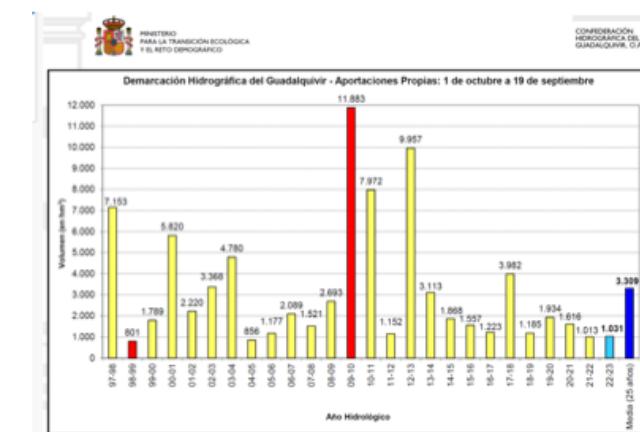
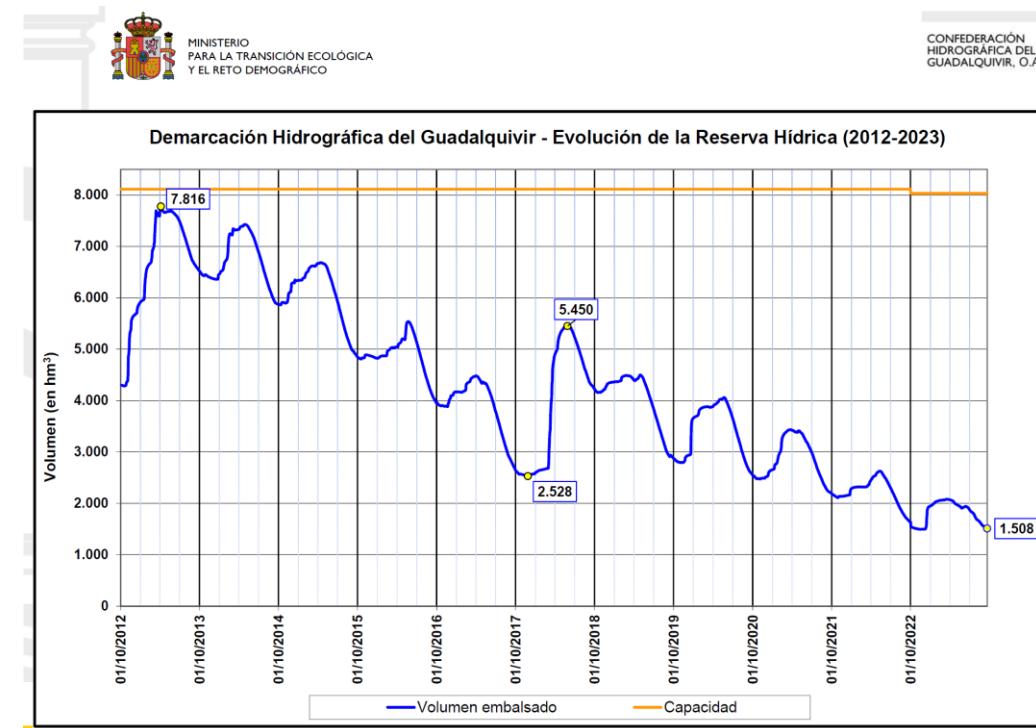


Tabla 17. Aportaciones propias por AH. Fuente CH Guadalquivir

• El pleno de la **Comisión de Desembalse** de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir celebrado el 17 de abril de 2023 acordó

- Iniciar la campaña de regadío con un desembalse aprobado de 385 hm³ para el riego de los cultivos del Sistema de Regulación General, integrado por más de 345.000 hectáreas.
- Un descenso del 36% respecto al volumen desembalsado en la anterior campaña y una reducción del 85% respecto de su dotación concesional. (en el 2022 las dotaciones de riego de la campaña 2022 se redujeron entre un 40% y un 70% respecto a las dotaciones autorizadas)
- Una dotación de 700 m³/ha para los cultivos de mayor consumo de agua, lo que representaba una reducción de casi el 90% respecto a su dotación concesional.
- riego extraordinario de 400 m³ /ha para el olivar y el resto de arboleda. (en el 2022 no se autorizarían riegos de apoyo al olivar)
- Dotación de 1.283 m³/ha para el arroz – cesiones de derechos.
- Se establecieron condiciones de explotación del embalse de Cala (uso hidroeléctrico, más de 50 hm³ de capacidad).

RESUMEN PROPUESTAS RÉGIMEN ANUAL DE EXTRACCIONES DE LAS JUNTAS DE EXPLOTACIÓN PARA LA CAMPAÑA 2023

MASA DE AGUA	PROPIUESTA COMISARIA	PROPIUESTA CJAIS	PROPIUESTA CCAR
CONCEJALÍA MELLIZAS	Extracciones: Jardines < 1.4000 m ³ /ha, Herribos < 2.000 m ³ /ha ¹⁰ Recomendación: Reducir un 20% las extracciones para uso doméstico, industrial y ganadero.	Extracciones: Jardines 1.5000 m ³ /ha y Herribos 2.2000 m ³ /ha	
GRADO-OLMOSAIAK		Extracciones: Jardines 2.0000 m ³ /ha, Herribos 2.3000 m ³ /ha	
SIERRA DE ALTONARRA	Extracciones Jardines < 1.5000 m ³ /ha, Herribos < 2.4000 m ³ /ha	Extracciones: Jardines 2.0000 m ³ /ha, Herribos 2.3000 m ³ /ha Sin restricciones en los aprovechamientos de menos de 7.000 m ³	
MARINCHA OCCIDENTAL I	Extracciones: Jardines < 1.2000 m ³ /ha, Herribos < 1.8000 m ³ /ha ¹⁰ Recomendación: Reducir un 20% las extracciones para uso doméstico, industrial y ganadero.	Extracciones: Jardines 2.0000 m ³ /ha, Herribos 2.3000 m ³ /ha Autovías las acumulaciones, aparte Tablas de Daimiel y Tablas Manchegas (acumulaciones Polvorosa).	Se ha presentado una propuesta que parte de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha para su manifestación en contra de las propuestas restrictivas de la Confederación.
MARINCHA OCCIDENTAL II		Extracciones: Jardines 2.0000 m ³ /ha, Herribos 2.3000 m ³ /ha	
LOS VASQUEZOS	Extracciones: Jardines < 1.4000 m ³ /ha, Herribos < 2.0000 m ³ /ha ¹⁰ Recomendación: Reducir un 20% las extracciones para uso doméstico, industrial y ganadero.	Aplicación en la totalidad de las autoridades las normas de explotación de la Mancha (excepción perteneciente al espacio territorial de la explotación del agua: Excepcionalidad para la rotación parcial de los cultivos secos (seco o secano))	
CHAMPO DE CALATRAVA	Extracciones: Jardines < 1.2000 m ³ /ha, Herribos < 1.8000 m ³ /ha Recomendación: Reducir un 20% las extracciones para uso doméstico, industrial y ganadero.	Extracciones: Jardines 2.0000 m ³ /ha, Herribos 2.3000 m ³ /ha Sin restricciones en los aprovechamientos de menos de 7.000 m ³	
TIERRA DE BARROS	Extracciones: Jardines < 1.5000 m ³ /ha, Herribos < 2.0000 m ³ /ha Recomendación: Reducir un 20% las extracciones para uso doméstico, industrial y ganadero.	No se ha presentado propuesta por parte de la CJAIS	No se ha presentado propuesta por parte de la Junta de Extremadura

Tabla 15. Resumen propuestas régimen anual de extracciones de las juntas de explotación para la campaña 2023



Lección 4 Planes de emergencia para sistemas municipales de agua de más de 20.000 habitantes

Descripción de infraestructuras y disponibilidad de agua.

Uso del agua por diferentes tipos de usuarios. Identificación de no contados para usos

Escenarios alternativos de disponibilidad de agua – nivel de emergencia y clasificación de zonas por nivel de riesgo, Medidas para cada escenario, Restricciones de cada escenario, Recursos alternativos, Establecimiento de un mecanismo de coordinación para cada escenario, Definición de responsabilidades, Medidas de comunicación e información, Revisión y evaluación

Uso de agua regenerada para usos no esenciales,

Cuestiones

- Menores de 20.000 Habitantes (Andalucía 10.000)
- No se han generalizado
- Más allá de la emergencia: adaptación al Cambio Climático incluyendo medidas urbanísticas, aprovechamiento de agua de lluvia, SUDs, reducción de fugas
- Observatorio/s



Pequeños y medianos municipios

Problemas especiales (el 94% de los de España).
300 tienen problemas (el 3% del total)

- Aislados
- Dependiente de una fuente
- Contaminación por nitratos
- Sin planes de emergencia
- Sistemas de distribución deteriorados
- Sin capacidad financiera ni organizativa.

Lección 5 Estar preparado para medidas de emergencia

- Restricciones de agua
- Infraestructuras de emergencia
- Pozos de emergencia
- Transporte por barco o agua hasta el área metropolitana de Bilbao.
- Limitaciones de usos no esenciales en Bilbao, incluyendo limpieza de calles, piscinas, jardines, lavado de coches,
- El agua se corta por la noche o reduce la presión,
- Piscinas municipales cerradas,
- Llenar depositos con camiones cisterna.
- Campañas de concienciación
- Distribución de agua embotellada.
- Prohibir duchas en las playas de las Baleares

Leccion 6 la importancia de la participacion y comunicacion

- Para la mejora del diagnostico
- Para la monitorizacion.
- Para la gestion/reduccio de consumo de agua
- Para la mejora de la resiliencia/control
- Para la gestion de conflictos

Lecciones aprendidas ¿Que hacer más-mejor?

