

2021-2023: ANÁLISIS DE LA SEQUÍA EN CATALUÑA

Beatriz Téllez Jurado, Oriol Ripoll Sancho
y Ramón Pascual Berghaenel
Delegación territorial de AEMET en Cataluña

(publicado en el blog de AEMET
el 10 de agosto de 2024)



Embalse de Sau al 13 % de su capacidad.

Sant Romà de Sau (Barcelona).

Autor: [Amadalvarez](#), [CC BY-SA 4.0](#),
vía Wikimedia Commons.

Desde el otoño de 2020 y especialmente en los tres años siguientes, Cataluña ha sufrido una importante sequía. En términos de escasez de precipitaciones, es una de las más intensas de las últimas décadas y coincide con un periodo de temperaturas altas, lo que incrementa la escasez de recursos hídricos por el aumento de la evaporación. En este artículo se analizan las características pluviométricas de los últimos tres años en Cataluña, la evolución del índice SPI (que se utiliza para cuantificar la sequía meteorológica) y los patrones atmosféricos (conocidos como situaciones sinóticas) que han predominado durante este periodo seco.

Características pluviométricas del periodo

Entre el 19 y el 23 de enero de 2020 el temporal de levante asociado a la borrasca de gran impacto Gloria, nombrada por AEMET el día 17 de ese mes, y a un potentísimo anticiclón británico, aportó unas cantidades de precipitación muy elevadas a buena parte del territorio catalán, además de generar vientos fuertes y un extraordinario temporal marítimo. Los daños materiales fueron muy cuantiosos (se estimaron en unos 45 millones de euros) y hubo que lamentar 4 víctimas mortales confirmadas, pero, por otro lado, las abundantes y generalizadas lluvias tuvieron un impacto positivo indiscutible, especialmente si se tiene en cuenta la carestía hídrica de los siguientes tres años (VVAA, 2020; PASCUAL y otros, 2020). De hecho, enero de 2020, con una media para Cataluña de 160 mm, fue el tercero más lluvioso de los últimos 104 años.

En conjunto, el año 2020 fue muy húmedo pero a partir del final del verano de ese mismo año las lluvias comenzaron a escasear. Se entró luego en un trienio de manifiesta indigencia pluviométrica que se prolongó durante el invierno de 2024. Las precipitaciones acumuladas de los años 2021 (531 mm) y 2022 (500 mm) fueron disminuyendo progresivamente hasta culminar en 2023 en que no se alcanzaron los 450 mm.

Una visión más amplia de la dimensión del déficit hídrico de estos años se obtiene si se compara con el resto de la serie de precipitaciones anuales promediadas para Cataluña (figura 1). En esta serie, que se inicia en 1920, 2023 fue el año más seco, estableciendo un nuevo hito en las precipitaciones mínimas anuales promediadas para Cataluña con un valor de 430 mm. Las precipitaciones del año anterior también lo situaron entre los más secos.

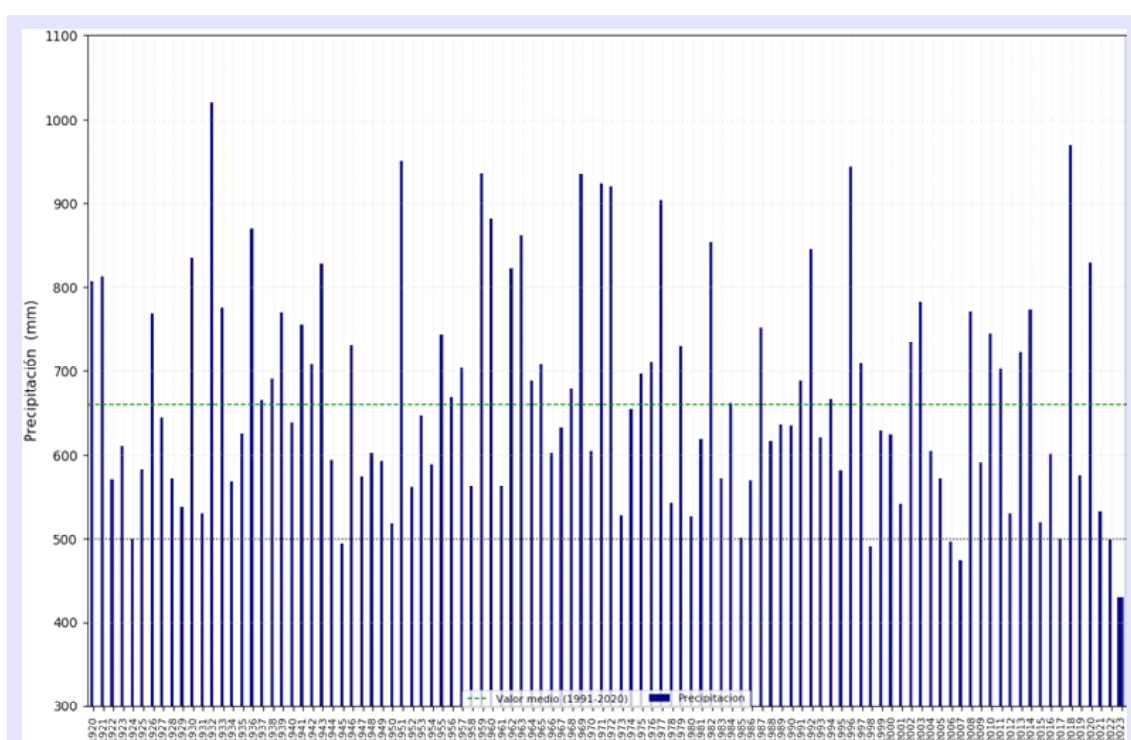


Figura 1. Serie de precipitaciones medias anuales en Cataluña (1920-2023).

En la figura 1 se observa que tan solo en dos ocasiones (2006-2007 y 2022-2023) las precipitaciones no superaron los 500 mm durante dos años consecutivos. Cabe destacar que estos dos episodios han ocurrido en los 20 últimos años.

Sin embargo, no solo fueron las precipitaciones tan escasas del bienio 2022-2023 las que encendieron las alarmas, sino que también lo hizo la persistencia de las temperaturas altas. Un bienio en los que las temperaturas medias anuales superaron ampliamente los valores máximos anteriores. Una evolución inaudita de la temperatura en la que se dieron episodios cálidos muy persistentes, salpicados de picos muy intensos, que agudizaron los efectos del déficit hídrico.

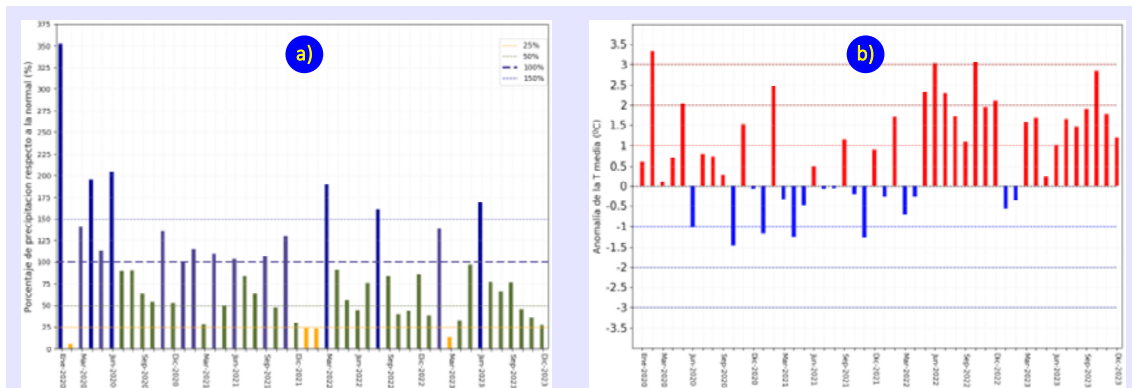


Figura 2. a) Porcentajes de las precipitaciones mensuales respecto a los valores normales. b) Anomalías de las temperaturas medias mensuales con respecto a los valores normales. Periodo de referencia (1991-2020).

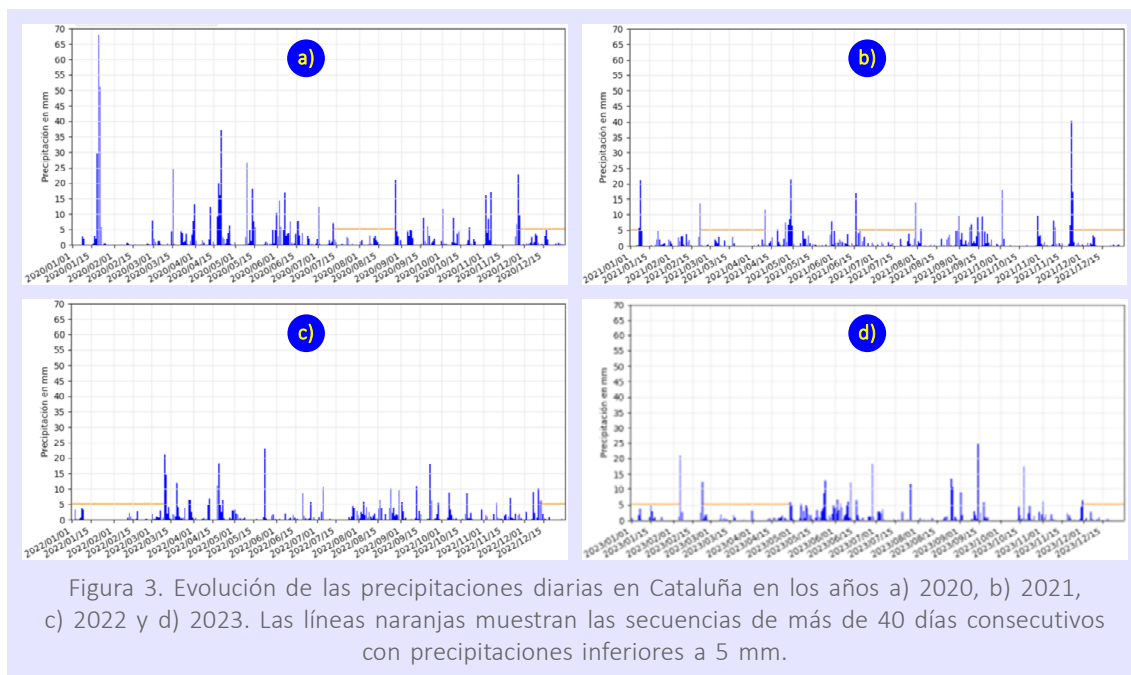
En el estudio de la precipitación a escala mensual de los años 2020-2023 resalta, sin lugar a duda, enero de 2020 que, debido al temporal Gloria, multiplicó 3,5 veces el valor de referencia (figura 2a). Pasado el primer semestre se puede situar el inicio de la sequía. De los 48 meses de estudio, dos terceras partes fueron deficitarios (porcentajes inferiores al 100 %) concentrándose en largas secuencias en los dos últimos años. El déficit hídrico se agudizó progresivamente y fue aumentando el número de meses en los que las precipitaciones fueron inferiores a la mitad de los valores esperados. Concretamente seis meses de 2023 no alcanzaron este valor.

También en estos dos últimos años las secuencias cálidas se hicieron más persistentes e, incluso, en varios meses las anomalías de las temperaturas medias superaron el umbral de los 2 °C (figura 2b).

Los trimestres de septiembre a noviembre fueron los que más acusaron el déficit hídrico. Los otoños de 2022 y 2023 fueron muy secos (y también extremadamente cálidos). En ambos, las precipitaciones trimestrales se redujeron a la mitad de los valores esperados. Los efectos de la carestía hídrica del otoño fueron más acusados por las temperaturas altas de los meses del estío. Dos veranos marcados por los episodios cálidos persistentes e intensos que derivaron finalmente en dos de los veranos más cálidos que se han dado en Cataluña al menos en los últimos 84 años.

Las provincias costeras fueron las más afectadas por el reiterado déficit hídrico otoñal dado que esta estación es la que más aporta al cómputo total del año. Este déficit fue especialmente acusado en la provincia de Barcelona ya que los escasos temporales de levante que se dieron en los dos últimos años dejaron muy pocas precipitaciones.

Por otra parte, a escala diaria se observaron largas secuencias de días en los que las precipitaciones no fueron significativas o, en caso contrario, fueron muy locales (figura 3). Estas secuencias largas (superiores a 40 días) han sido más reiterativas en las estaciones del invierno y de la primavera. Excepto en el invierno de 2019-2020, rachas secas de longitud superior a 40 días se han dado en todos los inviernos, incluido el de 2023-2024. Destacaron especialmente las del invierno de 2021-2022 (106 días) y de la primavera de 2022 (63 días).



En el invierno de 2021-2022 un total de 106 días consecutivos no se superaron los 5 mm (entre el 25 de noviembre de 2021 y el 10 de marzo de 2022). Inmersa en esta secuencia se dio un largo episodio seco entre el 11 de enero y el 12 de febrero con precipitaciones que no alcanzaron los 2 mm. Fue un invierno marcado por un bloqueo anticiclónico que derivó en el tercer invierno más seco desde 1920 además de uno de los más cálidos desde 1940. Las comarcas pirenaicas más occidentales fueron las que menos acusaron el déficit hídrico.

Otra secuencia de estas características se dio en el invierno de 2022-2023, con 54 días consecutivos (15 de diciembre de 2022 hasta el 6 de febrero de 2023), y pocos días después otra de 63 días que afectó a gran parte de la primavera (desde el 24 de febrero de 2023 hasta el 28 de abril de 2023). De hecho, la primavera de 2023, además de ser extremadamente cálida, fue una de las diez primaveras más secas de los últimos 100 años. El déficit hídrico fue especialmente acusado en el interior de Lleida siendo vitales para esta zona las lluvias primaverales.

Las gráficas diarias también muestran la escasez de días con precipitaciones muy copiosas típicas de las zonas mediterráneas que hubieran podido paliar en parte los episodios de escasez y por ende la acusante sequía. Mientras que en 2020 se superaron los 10 mm en 20 días (con el temporal Gloria se superaron dos días consecutivos los 50 mm), en los tres años siguientes estos días pluviosos se redujeron a la mitad (9, 11 y 10 respectivamente).

Sequía meteorológica

La sequía es un fenómeno complejo ya que en su aparición, desarrollo y finalización intervienen factores de distinta índole, tanto naturales como antrópicos; la determinación precisa de los momentos de aparición y desaparición a menudo no es posible y, además, existen diferentes tipos de sequía según el aspecto analizado: meteorológica,

hidrológica, agrícola, socioeconómica, ... Ordinariamente se ha considerado que toda sequía empieza por un déficit pluviométrico significativo pero, de hecho, un exceso del consumo puede llevar a condiciones de sequía hidrológica o agrícola, si no va acompañado de precipitaciones más abundantes de lo normal. En todo caso, aquí vamos a analizar brevemente la sequía meteorológica que se ha detectado de forma objetiva en Cataluña a lo largo de los años analizados teniendo en cuenta solamente las precipitaciones registradas, o más propiamente dicho, las no registradas.

La caracterización objetiva de las sequías meteorológicas se acostumbra a hacer mediante una serie de índices siendo probablemente uno de los más usados el *Standardized Precipitation Index* (SPI). Reproducimos aquí directamente una parte de lo publicado en la página web interna de la Sección de Hidrología de AEMET en referencia a este índice por su carácter tan didáctico:

La comprensión acerca de cómo el déficit de la precipitación afecta de diferente manera a las reservas de aguas subterráneas y de los embalses, a la humedad del suelo, la capa nival y a los caudales de los ríos condujeron a McKee, Doesken y Kleist a desarrollar el índice de precipitación estandarizado (SPI) en 1993. El SPI fue diseñado para cuantificar el déficit de precipitación para múltiples escalas temporales. Estas escalas temporales reflejan el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos. Las condiciones de humedad en el suelo responden a anomalías de la precipitación a escalas relativamente cortas. Las reservas de agua subterránea y de los embalses y los caudales de los ríos reflejan anomalías a largo plazo de la precipitación. Por estas razones, McKee y otros (1993) calcularon inicialmente el SPI para escalas temporales de 3, 6, 12, 24 y 48 meses.

El cálculo del SPI para un lugar determinado parte de la serie larga de precipitación correspondiente al periodo deseado. Este registro histórico de datos es ajustado a una distribución de probabilidad, la cual es luego transformada a una distribución normal tal que el valor medio del SPI para ese lugar y periodo elegido es cero (Edwards y McKee, 1997). Valores positivos del SPI indican una precipitación superior a la media, y valores negativos indican una precipitación inferior a la media. Puesto que el SPI está normalizado, tanto los periodos húmedos como los secos se pueden representar de la misma manera, y puede hacerse un seguimiento de cualquier periodo usando el SPI.

McKee y otros (1993) usaron un sistema de clasificación con el SPI, como el mostrado en el listado inferior, para definir el carácter, en cuanto a la precipitación, de un periodo temporal cualquiera.

VALORES DEL SPI

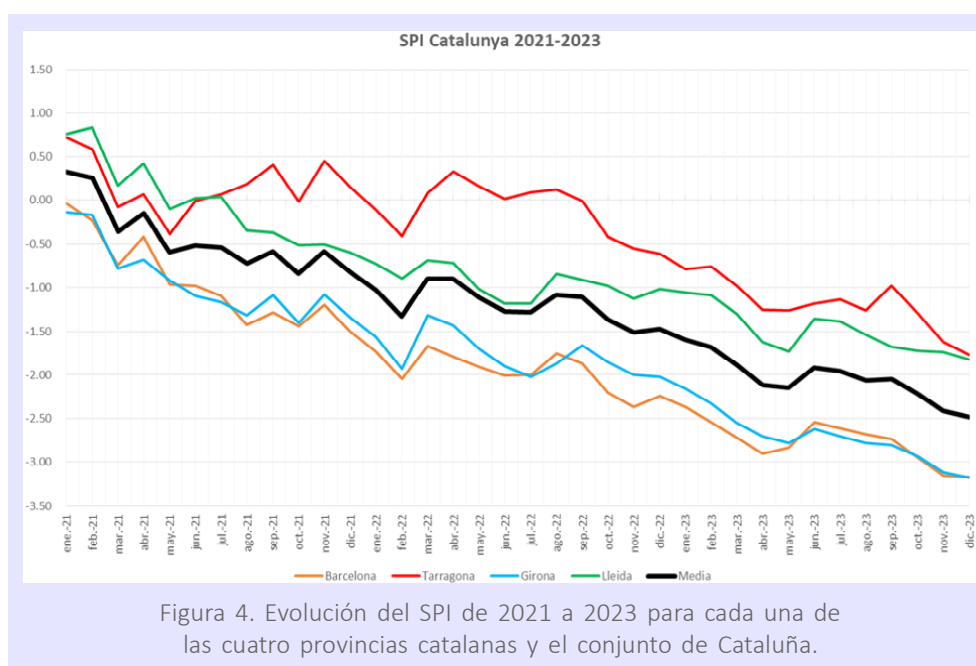
2,0 o más	Extremadamente húmedo
1,5 a 1,99	Muy húmedo
1,0 a 1,49	Moderadamente húmedo
-,99 a ,99	Aproximadamente normal
-1,0 a -1,49	Moderadamente seco
-1,5 a -1,99	Muy seco
-2,0 o menos	Extremadamente seco

McKee y otros (1993) también establecieron el criterio para definir un episodio de sequía (para cualquier escala temporal). Un periodo seco o sequía se produce siempre que el SPI es continuamente negativo y alcanza un valor de $-1,0$ o menos. La sequía finaliza cuando el SPI pasa a ser positivo. Cada episodio de sequía, por tanto, tiene una duración, definida entre su comienzo y su final, y una intensidad para cada mes en que se mantiene. La suma de los valores del SPI de todos los meses incluidos en el episodio seco se denomina «magnitud» de la sequía.

Mediante la tabla anterior se puede analizar el SPI, de un lugar determinado, calculando el porcentaje del número de veces en que el SPI se encuentra en cada categoría, y puesto que el índice está estandarizado esos porcentajes son los esperados de una distribución normal. Operativamente el SPI se puede utilizar para hacer el seguimiento de las condiciones meteorológicas actuales, mediante mapas mensuales, y determinar la rareza de un episodio de sequía que se esté produciendo.

En la figura 4 se puede ver cómo evolucionó a la baja el valor del SPI para el conjunto de Cataluña y para cada una de sus cuatro provincias a lo largo de los años 2021 a 2023. Este índice ha sido calculado por el Área de Climatología y Aplicaciones Operativas de AEMET. En términos absolutos las provincias de Barcelona y Girona son las que muestran los menores valores a lo largo de todo el periodo, incrementándose las diferencias entre estas dos provincias y las de Tarragona y Lleida a partir de aproximadamente mayo de 2021. Tarragona aguantó con valores positivos mayoritariamente hasta septiembre de 2022 mientras que Lleida ya había entrado en valores negativos en julio de 2021. Las dos provincias del nordeste de Cataluña tuvieron valores por debajo de 0 durante todo el tiempo.

Cabe resaltar que las cuencas internas de Cataluña, aquellas cuyos ríos —de mayor o menor recorrido— van directamente a desembocar en el mar Mediterráneo, y no al río Ebro, pertenecen fundamentalmente a las provincias de Barcelona y Girona y en menor



medida a Tarragona. Por lo tanto, fueron estas las que estuvieron especialmente afectadas por esta sequía de larga duración. A pesar de la recuperación pluviométrica a lo largo de los meses transcurridos de 2024, el extremo nordeste de la España peninsular siguió siendo el ámbito geográfico que acusó la sequía más intensa en los últimos tres años y la reserva hídrica de las cuencas internas era, aún a principios de junio de 2024, de las más bajas del Estado español, con poco menos de un 33 % de agua almacenada en sus embalses.

Sequía y situaciones sinópticas

La sequía meteorológica es el resultado de una concatenación de rachas secas y periodos de escasa pluviometría con algunos episodios lluviosos, no muy significativos, intercalados. Se ha analizado en este apartado si los diferentes tipos de situaciones sinópticas que han estado presentes a escala diaria a lo largo de los años 2021 a 2023 pueden explicar la escasez general de los totales de precipitación mensuales y anuales. Otra cuestión, no abordada aquí, es por qué se han dado esas situaciones sinópticas y no otras: relación con la circulación general atmosférica, patrones de teleconexión, etc.

Este análisis se ha basado en la asignación diaria al tipo de situación sinóptica elaborada por el Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción (ATAP), de AEMET. A su vez para esa asignación se ha trabajado con la clasificación sinóptica clásica publicada por primera vez por Inocencio Font Tullot en 1983 y recuperada y actualizada por Carlos Santos y otros en 2019. La asignación de la situación sinóptica de un determinado día a un tipo de una clasificación facilita la comprensión rápida del tipo de tiempo que se puede esperar, complementaria al uso operativo de las salidas de los modelos numéricos de predicción. El área citada de AEMET está inmersa en un proyecto para que, mediante técnicas de IA, esa asignación se haga de forma automática. Naturalmente, es necesario un proceso de aprendizaje para la técnica consistente en la clasificación manual, subjetiva pero experta, de series de días pasados.

La clasificación de Font consta de los 23 tipos listados en la tabla 1.

TIPO	NOMBRE	TIPO	NOMBRE
Tipo 1	IZ Altas presiones en el Alántico subtropical	Tipo 12	ID Depresión atlántico-ibérica
Tipo 2	IZ Anticiclón subtropical atlántico	Tipo 13	ID Depresión del golfo de Cádiz
Tipo 3	IZ Anticiclón atlántico-mediterráneo	Tipo 14	ID Depresión balear
Tipo 4	IZi Anticiclón peninsular	Tipo 15	IDi Anticiclón ruso
Tipo 5	IZe Anticiclón de las Azores y depresión térmica peninsular	Tipo 16	IDi Anticiclón británico-escandinavo
Tipo 6	IMi Depresión del golfo de Vizcaya	Tipo 17	IDi Anticiclón atlántico-europeo
Tipo 7	IM Depresión británica	Tipo 18	ID Vaguada ibero-africana
Tipo 8	IMe Anticiclón atlántico y depresión térmica peninsular	Tipo 19	IIIi Depresión fría peninsular en invierno
Tipo 9	IMe Altas presiones sobre el Atlántico y Europa	Tipo 20	Ile Depresión fría peninsular en verano
Tipo 10	IM Depresión del golfo de Génova	Tipo 21	II Pantano barométrico
Tipo 11	IMi Anticiclón centroeuropeo	Tipo 22	IIIi Intensa circulación zonal a bajas latitudes
		Tipo 23	IIIi Circulación ondulada a bajas latitudes

Tabla 1. Clasificación de tipos sinópticos Font.

Una descripción completa de las características de cada uno de estos tipos se puede encontrar en [Santos y otros \(2019\)](#). La distribución de todos los días del periodo 2021-2023 se presenta en la tabla 2 junto con la precipitación media para cada día en el conjunto de Cataluña. En ella se puede ver como durante este trienio las cuatro situaciones sinópticas más frecuentes, con bastante diferencia en número de apariciones respecto a las 19 restantes, han sido la 1, altas presiones en el atlántico subtropical; la 9, altas presiones sobre el Atlántico y Europa; la 5, anticiclón de las Azores y depresión térmica peninsular; y la 12, depresión atlántico-ibérica. De las cuatro, tres son de carácter anticiclónico.

Aunque no se puede establecer una relación biunívoca simple entre tipo de situación y precipitación media es significativo que las tres situaciones anticiclónicas se encuentren entre el grupo del 50 % de tipos que han aportado menos pluviometría. Por otro lado, el tipo 12, como su nombre sugiere, ha tenido una aportación pluviométrica notable, la cuarta más elevada de la serie. En contraste con lo expuesto en este párrafo, a lo largo del año 2020, muy húmedo en Cataluña, el tipo Font más frecuente fue el 12, depresión atlántico-ibérica, con más del doble de fechas en el que estuvo presente que el tipo más frecuente siguiente, el 7, depresión británica. Por lo tanto, en una primera aproximación, los tipos sinópticos y sus caracteres pluviométricos explican el trienio seco tan acusado en Cataluña.

Tipo Font	Precipitación media (mm)	Número de días
1	0,74	102
2	2,00	26
3	0,18	26
4	0,17	47
5	1,45	99
6	1,60	30
7	1,22	42
8	3,04	59
9	0,21	100
10	0,91	21
11	0,30	40
12	2,31	98
13	3,13	19
14	1,84	22
15	0,19	7
16	0,26	61
17	1,40	51
18	0,03	14
19	16,44	4
20	2,17	9
21	1,72	25
22	2,16	41
23	2,32	66

Tabla 2. Frecuencia de aparición diaria de los tipos Font en el trienio 2021-2023 y precipitación media asociada en Cataluña.

Conclusiones

Desde septiembre de 2020 y especialmente a lo largo de los años 2021, 2022 y 2023 Cataluña, y de forma destacada, el nordeste de esta región ha sufrido una de las sequías más intensas de las últimas décadas. Las situaciones sinópticas de carácter anticiclónico han sido frecuentes y ello ha comportado un déficit pluviométrico acusado. Además, a lo largo de estos años las temperaturas han sido especialmente elevadas, incrementándose, en consecuencia, las tasas de evaporación y evapotranspiración. Sin embargo, también hay que señalar que, en la región afectada, que incluye el área metropolitana de Barcelona y otras zonas también densamente pobladas y antropizadas, el consumo de agua dulce es muy elevado, hecho que naturalmente también influye en el nivel de agua embalsada. La sequía obligó a la Generalitat de Cataluña a decretar una situación de emergencia que conllevó tomar medidas complejas y en algunos casos controvertidas (regulación de uso y restricciones). Las lluvias de la segunda parte de la primavera de 2024 han mejorado la situación de los embalses y el estado hídrico de la vegetación pero casi nadie duda ya de que la sequía es un riesgo climático presente y probablemente creciente en un contexto de cambio climático antropogénico.

Agradecimientos

A Juan Andrés García Valero, jefe del ATAP (Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción), por proporcionar la serie de situaciones Font en el periodo analizado y a Ramiro Romero Fresneda, jefe del Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas, por proporcionar las series de SPI. Sin su contribución y la de sus equipos hubiera sido imposible realizar este breve artículo.

Referencias bibliográficas

PASCUAL, R., CUEVAS, G., ROA, A., REY, J. y ROULET, B., 2020. Storm Gloria 2020. *Newsletter euroforecaster.org*, 25.

SANTOS, C., SUBÍAS, A. y ROA, A., 2019. Recuperación de la clasificación sinóptica de Font: reconstrucción con el reanálisis ERA40. Nota técnica 27 de AEMET.

<https://doi.org/10.31978/639-19-013-7>

VV.AA., 2020. El temporal Glòria vist per la Geografia. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 89, 258 pp. Societat Catalana de Geografia. Institut d'Estudis Catalans (en catalán).