

Las Claves del Agua

②

ISSN 2952-4938

MARZO 2025

LA GESTIÓN DE LA SEQUÍA



CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: LA SEQUÍA ACTUAL EN ANDALUCÍA

Juan de Dios del Pino Corredera

Delegado territorial de AEMET en Andalucía,
Ceuta y Melilla. Agencia Estatal de Meteorología.

Resumen:

Los efectos del cambio climático en Andalucía se están manifestando no solo en el incremento de la temperatura de la troposfera y las anomalías negativas de precipitación de los últimos, sino también en los modos de comportamiento de la atmósfera, con una distribución anual de precipitaciones que colocan a la primavera como la fuente principal en detrimento de los inviernos. En decir, aumento de las DANAs y disminución de las borrascas. O que se alcancen 42 grados en el valle del Guadalquivir sin necesidad de entradas de aire de origen africano, o en el comportamiento tropical de borrascas como Bernad, o la mayor adversidad de las DANAs recientes. El cambio climático se están manifestando de forma excepcional en la sequía, siendo la reciente la de mayor duración desde 1961, agravada por el incremento de la evapotranspiración que devuelve parte del agua recogida a la troposfera.

Palabras clave: años más cálidos y secos; Borrasca Bernard; DANA; déficit pluviométrico; distribución estacional de la precipitación.

CARACTERIZACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Distribución estacional de precipitaciones

La precipitación media del año agrícola (1 de septiembre al 31 de agosto) en Andalucía es deficitaria desde el periodo 2013-2014 con excepción de 2017-2018 en el que se recogieron 46.1 mm por encima de la media, siendo 2022-23 el más deficitario con una anomalía de -195.0mm, seguido de 2018-2019 con -153.4 mm de anomalía. El análisis por estaciones climatológicas de este periodo revela que se ha modificado el peso de las estaciones en la cantidad de lluvia aportada en el cómputo anual agrícola. Habitualmente el invierno es o era la estación climática que más

agua aporta o aportaba en Andalucía, con una lluvia media de 226.2 mm (38.8% del total anual), seguido del otoño con 147.7 mm (30.0%) y la primavera con 156.1 mm (26.8%). Sin embargo, en los últimos 11 años ha habido importantes modificaciones. La estación en este periodo seco que más aporta es la primavera, que mantiene su aportación pluviométrica, e incluso la incrementa muy ligeramente a 157.6 mm (34.1%), el otoño mantiene su segundo lugar con una aportación ligeramente inferior del 149.7 mm (32.4%), mientras que el invierno desciende al tercer lugar con una aportación media de 147.5 mm (29.4%), es decir, se reduce al 65%, **pierde aproximadamente uno de cada tres litros/m² respecto al pasado.**

Estos datos estadísticos son relevantes porque implican una modificación de los sistemas atmosféricos que traen la lluvia a la región. En invierno suelen predominar las grandes borrascas atlánticas, que traen

lluvia generalizada (a excepción de las comarcas situadas a sotavento de las Cordilleras Penibéticas, Almería principalmente) y de intensidad débil y moderada. Agua que empapa el campo, rellena acuíferos, aporta mucha escorrentía y llena embalses. Por el contrario, la lluvia de primavera y otoño es más de carácter convectivo, es decir, tipo tormenta, de gran intensidad, incluso torrencial en algunos casos, que llueve de forma desigual, arrastra tierra, árboles, etc. Este tipo de lluvia es característico también de las DANAs, lo que evidencia una mayor frecuencia en el futuro de este sistema de presión.

INDICIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ESTRUCTURA DE LA ATMÓSFERA

Se alcanzan los 42 grados sin aporte de aire africano

Hasta muy recientemente, registrar máximas en el valle medio del Guadalquivir que iguallen o superen los 42 grados solo era posible con la llegada de una masa de aire muy cálida procedente de origen africano y que suele venir acompañada de calima. La atmósfera precedente, con una concentración de gases de efecto invernadero ligeramente por encima de los registrados en la época preindustrial, no tenía capacidad para elevar la temperatura del aire superficial por encima de ellos 42 grados. Con una atmósfera limpia de nubes la incidencia de los rayos solares en la época estival, con días largos era insuficiente para calentar suficientemente la atmósfera hasta estos valores. Con estas condiciones se pueden superar los 38 grados e incluso los 40 grados. Entonces, ¿Por qué en el verano reciente se han llegado a los 42 grados sin necesidad de aporte extra de calor del aire africano? La respuesta es fácil, esta atmósfera que ahora tenemos y en la que vivimos, tiene más gases de efecto invernadero y por tanto más capacidad para retener la energía en forma de calor que el Sol aporta en un día despejado de verano.

Esta capacidad de la atmósfera para alcanzar valores más altos se está también reflejando en un mayor número de olas de calor, que además son más extensas en superficie, duraderas en el tiempo y de mayor intensidad. Se traduce también en un mayor número de noches tropicales (durante la noche la temperatura no baja de los 20°C). En el verano de 2023 en Sevilla se han registrado 50 noches tropicales, siendo 34 la

media desde 1961. En Málaga se han registrado 77 noches tropicales, siendo 48 la media. 19 noches tórridas.

Borrasca Bernard

Esta mayor capacidad de nuestra atmósfera para llegar a valores más altos de temperaturas en verano y sus efectos traducidos en olas de calor, noches tropicales, etc. no es la única consecuencia. Se está observando como las borrascas atlánticas están cambiando su estructura interna, su comportamiento y por tanto sus consecuencias. Una de las evidencias más reciente es la borrasca Bernard que comenzó su proceso de génesis el 19 de octubre de 2023 en aguas del Atlántico y que comenzó a desplazarse como suele ser habitual de oeste a este en dirección a la Península Ibérica. Sin embargo, esta borrasca se desplazó por una zona con una anomalía de temperaturas del agua superficial más cálida y más homogénea, lo que le hizo no ser una borrasca habitual. Cuando llegó al Golfo de Cádiz y entró en la provincia de Huelva empezó a evidenciar características más propias de ciclones tropicales que de borrascas atlánticas. La persistencia de sus precipitaciones, pero sobre todos sus vientos medios en 10 minutos superando los 60 Km/h es algo que no es frecuente en las borrascas atlánticas. Generalmente las borrascas vienen acompañadas de vientos racheados, pero no estos vientos sostenidos y de gran intensidad que se evidenciaron no solo en los anemómetros de la red de AEMET sino también en el derribo de mucha arboleda. Esta estructura de viento es más propia de ciclones tropicales. Además, cuando pasó del océano a tierra por la provincia de Huelva comenzó a debilitarse, de forma similar a como lo hacen los huracanes cuando abandonan el aporte de humedad del mar.

DANAS de octubre-noviembre de 2024

La redistribución de las precipitaciones con mayor relevancia de las lluvias de primavera en estos periodos secos en Andalucía no es la única evidencia del cambio climático en la región. Las dos DANAS de finales de octubre y mitad de noviembre en Andalucía han puesto en evidencia que su estructura es diferente. Una DANA es un sistema termodinámico compuesto por dos elementos. Por un lado, un embolsamiento de aire frío en la mitad superior de la troposfera (de 5 a 12 Km aproximadamente desde la superficie terrestre) con giro ciclónico al igual que en las borrascas.

Suele tener dimensiones similares a la Península Ibérica o algo menor. Esta masa fría proviene de latitudes más altas, del entorno del círculo polar, que se han separado de la circulación general de los vientos del oeste, por lo que en general tienen un movimiento más errático e impredecible al no llevar un viento definido que las desplace en una dirección. Esta masa fría no es por sí sola adversa, e incluso en ocasiones puede que no de precipitaciones o que sean escasas. El segundo elemento en este sistema termodinámico es el aporte de vapor de agua en la mitad inferior de la troposfera (desde la superficie hasta aproximadamente 5km de altura). Este vapor de agua lleva la energía que el Sol le aportó al calentar el agua del océano y llevarlo a la atmósfera. Cuando este vapor de agua asciende debido al contraste térmico con la capa fría de la troposfera superior, devuelve la energía creando un sistema de retroalimentación que atrae más vapor de agua, que vuelve a condensar, repitiéndose el ciclo. Este aire húmedo es ahora más rico en vapor de agua al estar contenido en una atmósfera más caliente, debido al incremento de los gases de efecto invernadero, lo que le hace tener más capacidad de almacenaje. Además, al estar las aguas superficiales marinas más cálidas, con anomalías a veces de más de 2 grados sobre sus valores normales, la cantidad de vapor que envía a la atmósfera es mayor. Es lo que se ha visto en estas dos DANAs cuando se aproximan al mar Balear en el caso de Valencia y al mar de Alborán en el caso de Málaga.

EVOLUCIÓN DE LA SEQUÍA EN ANDALUCÍA. UN EFECTO MÁS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Son muchas las definiciones de sequía, pues entre otras razones son muchos sus impactos y por tanto sus tipos, pero en esencia la sequía es un déficit de precipitaciones en una zona suficientemente prolongado, aunque temporal, en el tiempo para que origine un grave desequilibrio hidrológico. Es importante matizar el carácter temporal del déficit pluviométrico y no permanente, pues en este caso se trataría de aridez y no de sequía.

La **sequía meteorológica** está relacionada directamente con la disminución de las precipitaciones. Es la que da origen al resto de los tipos de sequía. Se debe a la singularidad del sistema atmósfera y océano principalmente. En nuestra región es consecuencia principal de que la Península Ibérica se encuentra en una zona de separación de los climas templado y húmedo europeo y el clima caluroso y seco del continente africano. Esta zona de transición es difusa y oscila con los parámetros de circulación general consecuencias principalmente del acople entre el océano y la atmósfera. Es lo que se conoce como **variabilidad climática**, de origen natural, que ha existido con anterioridad al **cambio climático** y que seguirá existiendo. No ha de confundirse por tanto con el cambio climático causado por el incremento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera y por tanto de origen antropogénico.



Otros tipos de sequía son la **sequía hidrológica** relacionada con el impacto de la falta de precipitaciones con la disponibilidad de agua en ríos, lagos, aguas subterráneas y embalses principalmente. La **sequía agrícola o edáfica** evalúa las reservas de humedad en la tierra y no solo depende de la precipitación sino también de la evapotranspiración, por lo que está muy relacionada con la temperatura. La **sequía socioeconómica** pretende analizar el impacto de la escasez de lluvia en el abastecimiento de agua para personas y en algunas actividades económicas.

Monitorización de la sequía. El Índice Normalizado de Precipitación.

La sequía meteorológica, relacionada directamente con el déficit de precipitaciones, suele monitorizarse

y evaluarse a través de diferentes indicadores. El más utilizado y recomendado por la Organización Meteorológica Mundial, y utilizado por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), es el Índice Normalizado de Precipitación (SPI) resultado de trabajos realizado por McKee y otros en la Universidad de Colorado en 1992. Este índice utiliza series históricas de precipitación y evalúa el déficit respecto a los valores medios en escalas temporales acumuladas desde un mes a 48 meses o más. El más conveniente para caracterizar la sequía actual en Andalucía, por su duración e intensidad, es el que se realiza a partir de las anomalías para cada mes de las precipitaciones acumuladas en los últimos 36 meses (SPI36), es decir en el mes en cuestión y los 35 anteriores.

Este índice SPI36 se presenta en la **figura 1** para los valores medios de precipitación den Andalucía desde 1961. En este gráfico destaca la sequías de 1993, considerada como la más intensa, y otras sequías también relevantes, como la de 2007, 1982 y 1975.

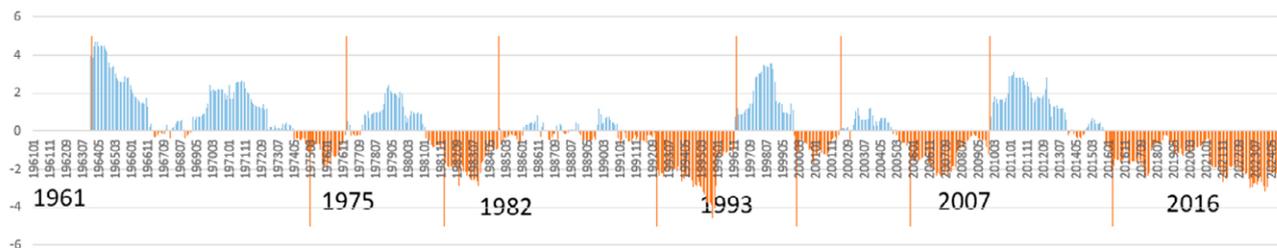


Fig. 1: Las sequías registradas en Andalucía desde 1961, según el SPI36

La sequía actual, iniciada en marzo de 2016 es la más extensa en el tiempo, no habiendo concluido aún, aunque no la más intensa, pero si la de mayor impacto o consecuencias (un 29% más de impacto que la del 1992-1995).

Como puede verse, las sequías se inician en los primeros meses del año (enero, febrero, marzo) y suelen finalizar en los últimos meses del año (noviembre, diciembre, enero), con excepción de una que terminó en marzo, pero que fue de corta duración, (1 enero 2000 a marzo de 2002), 27 meses.

Años más secos y también más cálidos agravan la sequía

Los últimos años agrícolas no solo están siendo deficitarios en precipitaciones, como hemos visto, sino que también están registrando temperaturas por encima de lo habitual. Puede verse en la **figura 2** como los años recientes están la mayoría en el cuadrante de años secos y calurosos. Siendo el año agrícola 2022-23 el más cálido y seco del histórico. Y esto es muy relevante pues acentúa aún más el impacto de la sequía.

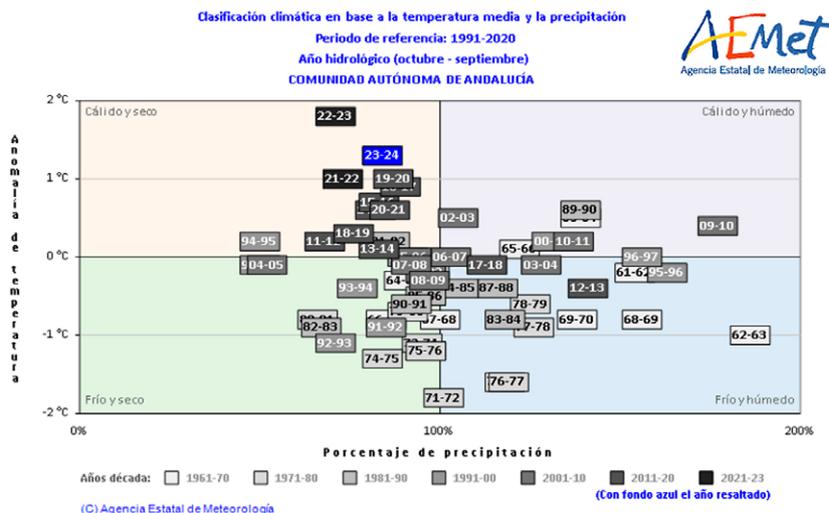


Fig.2: Caracterización climática de los años agrícolas en Andalucía desde 1961.

Parte de las precipitaciones registradas son devueltas a la atmósfera bien a través de la evaporación de los suelos o de la transpiración de las plantas, fenómeno que se engloba en el concepto de evapotranspiración. Esta evapotranspiración depende fuertemente del viento, como así se aprecia en el poco tiempo que tarde la tierra, calles, etc., en secarse en un día ventoso de lluvia, pero también depende y bastante de la temperatura, con lo que en estos recientes años buena parte de las precipitaciones son devueltas a la atmósfera en forma de vapor de agua, por lo que no contribuyen ni a agua disponible para la incorporación

a las plantas a través de sus raíces, ni llegan a almacenarse en acuíferos, si a través de escorrentía alimentan ríos, lagos y embalses.

En definitiva, los efectos del cambio climático en términos de sequía se están acentuando no ya solo por la disminución de las precipitaciones, agrupadas en periodos secos cada vez de mayor duración, sino por el incremento de la temperatura que hace que cada vez sea mayor la parte de lluvia que llega al suelo sea devuelta de nuevo a la atmósfera.

Referencias bibliográficas

Manual de índices e indicadores de sequía de la Organización Meteorológica Mundial, (OMM-Nº 1173)

McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 17 a 22 de enero de 1993. American Meteorological Society, Boston, 179-184

Las
Claves
del
Agua



EMASESA



**OBSERVATORIO
DEL AGUA
DE EMASESA**



www.emasesa.com