

CAMBIOS EN LOS RÉGIMENES PLUVIOMÉTRICOS ESTACIONALES EN ESPAÑA

José Antonio López Díaz
AEMET

RESUMEN: En este trabajo se presenta una descripción de los cambios en los regímenes de precipitación estacional que han tenido lugar entre sucesivos periodos de treinta años a lo largo del periodo 1921-2010. Los cambios analizados se refieren a la distribución de la precipitación en un observatorio dado entre las cuatro estaciones del año excepto el verano, que suele ser la más seca con diferencia y por tanto con menos influencia. En concreto se abordan dos aspectos de la estructura estacional de la precipitación: los porcentajes de lluvia en cada estación del año y la frecuencia con la que cada estación consigue la lluvia máxima del año. También se presentan los valores promedio a lo largo de todo el periodo de estos dos parámetros. Se representan gráficamente en mapas esos cambios con un procedimiento novedoso, un diagrama triangular que facilita la visualización de los cambios en el mapa.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la pluviometría en un país como España con una parte importante del territorio próxima al estrés hídrico es evidente desde muchos puntos de vista: sector agropecuario, energía hidroeléctrica, turismo... Probablemente la variable climatológica que más se estudia es la precipitación total anual, por ser la más indicativa de la disponibilidad del recurso hídrico. Pero también tiene un gran interés la distribución de la precipitación a lo largo del año. Pensemos, por ejemplo, en los cultivos de secano y el gran impacto en la cosecha final que puede tener una misma cantidad total de precipitación en el año agrícola repartida entre las cuatro estaciones del año de forma diferente.

En este trabajo la atención se dirige precisamente a cambios en la distribución estacional de precipitaciones que no dependen de la cantidad total de lluvia en el año. Una simplificación importante hecha para facilitar la visualización de los resultados es prescindir del verano, es decir, considerar el régimen estacional en un año dado determinado por los valores relativos de precipitación en el otoño, el invierno y la primavera. Esta simplificación está justificada para una gran parte del territorio pues la precipitación veraniega es muy pequeña con relación al total anual, y por otra parte simplifica grandemente la descripción de los cambios de régimen pluviométrico estacional. Esto se debe a que, como se explica más adelante en detalle, es posible representar una característica del régimen pluviométrico definida por tres porcentajes por un punto en el plano, aunque para representar tres números se requiera en general un gráfico tridimensional, con un eje para cada uno de los números.

Para estudiar los cambios en el régimen de precipitación se han analizado los tres periodos de treinta años sucesivos 1921/1950, 1951/1980 y 1981/2010. La comparación se ha basado en dos aspectos relativos del régimen de precipitación estacional: el porcentaje de lluvia caída en cada estación y la frecuencia con la que cada estación da el máximo anual de precipitación en el año.

Se han usado los datos mensuales de las series largas de precipitación producidas en AEMET para 66 observatorios distribuidos por la Península y Baleares que están disponibles en la página web de la Agencia. De estos 66 observatorios, para poder representar en mapas los resultados, se han seleccionado los siguientes 28: Barcelona (Fabra), San Sebastián (Igueldo), Oviedo, A Coruña, Santiago (Lavacolla), Burgos (Villafría), Valladolid, León (Virgen del Camino), Salamanca (Matacán), Madrid (Retiro), Ciudad Real, Badajoz (Talavera la Real), Córdoba, Granada, Sevilla, Cádiz (San Fernando), Málaga, Almería, Alicante, Albacete, Teruel, Castellón, Logroño (Agoncillo), Zaragoza, Lleida (Gerri de la Sal), Tarragona (Tortosa), Palma de Mallorca y Menorca (Mahón).

2. EL DIAGRAMA TRIANGULAR PARA PORCENTAJES Y SU INTERPRETACIÓN

Para representar los regímenes de precipitación normalizados dados por tres porcentajes (o , i , p) correspondientes a otoño, invierno y primavera respectivamente, basta con dos números por la condición de suma constante de los porcentajes, de forma que se pueden representar en el plano. En efecto, de la condición $o + i + p = 100$, tenemos que $p = 100 - o - i$ con lo que conociendo o e i se deduce el régimen completo.

Si representamos en un par de ejes cartesianos los dos números (o , i) el inconveniente es que las líneas de p constantes están inclinadas 45° respecto a la horizontal y, por tanto, no hay simetría en el

gráfico para los tres porcentajes. El diagrama triangular que se utiliza en este trabajo tiene la ventaja de que visualiza la terna (o, i, p) de forma que los tres porcentajes se tratan simétricamente, lo que facilita la comprensión. Supongamos que situamos en el origen del plano O el punto $(33,3, 33,3, 33,3)$ que representa la igualdad en los porcentajes. Para representar cualquier otro punto (o, i, p) consideremos la diferencia $dif = (o - 33,3, i - 33,3, p - 33,3)$ que vale $(0, 0, 0)$ para el punto O. Es fácil ver que la suma de las tres componentes de dif es igual a 0 y que podemos representarlo en el plano de la siguiente forma: trazamos desde O tres vectores de longitud $100 - 33,3 = 66,7$ separados ángulos de 120° (de forma que son simétricos respecto a O). Para cada punto del plano la suma de sus tres proyecciones (con signo) sobre estos vectores es nula, al ser simétricos respecto a O. Podemos, por tanto, representar a dif por el punto P tal que su proyección sobre cada uno de los tres vectores es igual respectivamente a cada componente de dif .

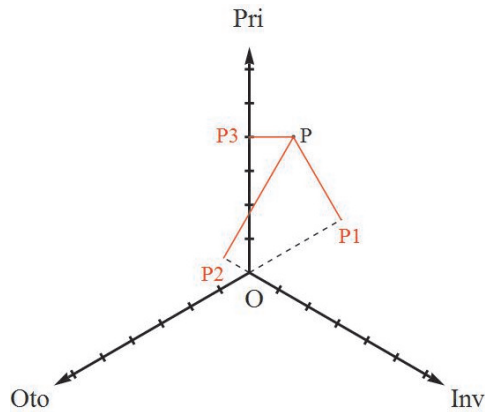


Figura 1. Explicación del diagrama triangular (véase el texto).

Esto se aclara con un ejemplo numérico. En el diagrama de la figura 1 se representan los tres vectores básicos para cada estación indicada. Cada marca sobre los vectores representa 10 % de porcentaje. Para ver los porcentajes de un punto cualquiera como P hay que primeramente hallar las componentes de su vector dif , esto es, las proyecciones sobre cada vector estacional, marcadas respectivamente con P1, P2 y P3 en el gráfico. En este caso valen $(-31,2, -8,7$ y $40,0)$, y por tanto para hallar los porcentajes finales para P sumamos el valor correspondiente al origen O $(33,3, 33,3, 33,3)$ y obtenemos los porcentajes finales de P: $(2,1, 24,6, 73,3)$. De este procedimiento se deduce que en este diagrama los extremos de los vectores básicos representan los puntos de porcentaje 100 para cada una de las estaciones, y que a lo largo de los lados del triángulo cuyos vértices son esos extremos se alinean los puntos con porcentaje nulo en alguna estación, en concreto aquella cuyo vector es perpendicular al lado. Así, como P está próximo al lado del triángulo exterior perpendicular a otoño tiene muy poco porcentaje esa estación, mientras que la relativa proximidad al extremo *Pri* indica porcentaje alto en primavera.

3. CAMBIOS EN LOS PORCENTAJES DE PRECIPITACIÓN ESTACIONALES

Los porcentajes de los totales estacionales de las tres treintenas sucesivos que cubren el periodo de 90 años 1921-2010 se han representado mediante diagramas triangulares en el mapa de la figura 2. En cada diagrama la línea roja une los puntos correspondientes a 1921-1950 y 1951-1980, y la línea azul une los puntos para 1951-1980 y 1981-2010. Los vectores básicos miden en estos diagramas 4 unidades porcentuales, lo que da idea de que los cambios de porcentajes entre periodos son pequeños, del orden del 4 %. El origen se ha situado en el punto con los porcentajes estacionales medios para todo el periodo de 90 años para cada observatorio, al objeto de que el diagrama completo ocupe un espacio reducido para visualizarlo en un solo mapa para los 28 observatorios estudiados.

En el mapa apreciamos en los observatorios de la vertiente atlántica un patrón de V tendida aproximadamente en horizontal y con el vértice a la derecha, con el tramo rojo en la parte superior de la V. Esto indica, de acuerdo a la interpretación de este tipo de diagrama triangular explicada en el párrafo anterior, que entre las dos primeras treintenas hay un aumento marcado de la precipitación invernal y un descenso de la precipitación primaveral, mientras que el cambio entre las dos últimas treintenas implica un aumento acentuado de la lluvia otoñal y una disminución de la primaveral. En algunos observatorios casi no hay cambios en primavera, como sucede en Madrid, León y las dos estaciones gallegas. En Salamanca, en cambio, la V tan inclinada indica una disminución del porcentaje primaveral muy importante en las dos primeras treintenas.

Cuando cruzamos una línea norte-sur imaginaria sobre el mapa entre Bilbao y Almería, lo que corresponde aproximadamente al paso a la vertiente mediterránea, el cambio en los diagramas es muy claro. En primer lugar la forma de los mismos es más variable, y su magnitud en general inferior a la vertiente atlántica. El contraste, en muy pocos kilómetros, se aprecia claramente si comparamos

Burgos con Logroño o Granada con Almería. En el primer caso vemos que Logroño muestra cambios alineados con el eje primaveral, es decir, los cambios en otoño e invierno son similares y menores que en primavera, y además todos los cambios son reducidos, del orden del 2 %. En Almería sobresale un descenso muy destacado en las dos últimas treintenas en primavera, con aumento compensatorio simétrico en otoño e invierno. En la cuenca del Ebro vemos patrones de cambio similares a los de la vertiente atlántica en la misma latitud. En cambio en las estaciones costeras mediterráneas desde Alicante hasta Barcelona los cambios son de escasa magnitud. En las Baleares sucede algo parecido, pero llama la atención el aumento primaveral especialmente en Mahón.

La magnitud de los cambios es máxima en el cuadrante SO y mínima a lo largo de la costa mediterránea.



Figura 2. Mapa con los diagramas triangulares para los porcentajes medios estacionales en las tres treintenas de 1921-2010.

4. CAMBIOS EN LAS ESTACIONES DEL AÑO EN QUE SE DA LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DEL AÑO

Desde el punto de vista de la descripción de un régimen pluviométrico tiene interés conocer en qué estación del año se da el máximo de las precipitaciones estacionales. Para un periodo de años determinado podemos calcular las frecuencias con que cada estación del año alcanza el máximo anual. Estas frecuencias estarán normalmente en correlación con los porcentajes de precipitación estacional medios a lo largo del periodo, que se analizaron en el párrafo anterior. Así si en un observatorio los porcentajes de otoño-invierno-primavera medios de precipitación son (20, 60, 20) esperamos que la estación del año en que con más frecuencia llueva el máximo del año sea el invierno. Pero tiene interés analizar las frecuencias con que cada estación es máxima, pues la correlación entre el porcentaje medio y la frecuencia de máximo de las estaciones está modulada por el grado de variabilidad entre años de la precipitación de cada estación del año y de la correlación entre las precipitaciones entre las estaciones entre otros. Un problema potencial con el cálculo de estas frecuencias de máximos es que hay años en que una estación del año alcanza el máximo pero muy igualada con la siguiente en cuanto a precipitación, con lo que imputar el máximo a esa estación no parece razonable.

Esto se ha evitado considerando solo aquellos máximos en que la diferencia de la precipitación máxima y la siguiente en el año es superior al percentil 10 % de los valores esa diferencia.

En el mapa de la figura 3 se han dibujado los diagramas triangulares para apreciar los cambios en las frecuencias de máximo estacional para los mismos periodos de 30 años que en el mapa de la figura 2. También el origen del diagrama está en el valor medio a lo largo de todo el periodo de las frecuencias estacionales para cada observatorio. Sin embargo ahora ha sido necesario que cada vector básico represente un porcentaje de 20 %, es decir, 5 veces más que en el anterior mapa. Esto da idea de que las variaciones de estas frecuencias de máximo estacional entre treintenas son de un orden de magnitud 5 veces superior a las variaciones en porcentajes totales de precipitación.

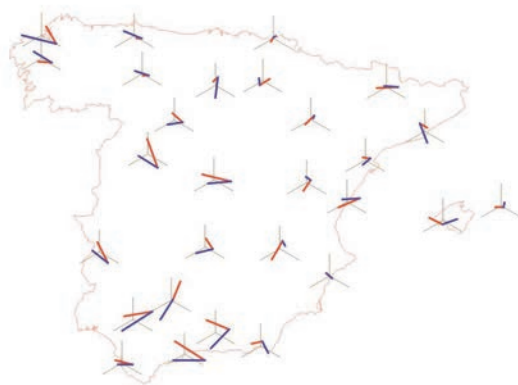


Figura 3. Mapa con los diagramas triangulares para las frecuencias con que las tres estaciones dan el máximo de lluvia anual para las tres treintenas de 1921-2010.

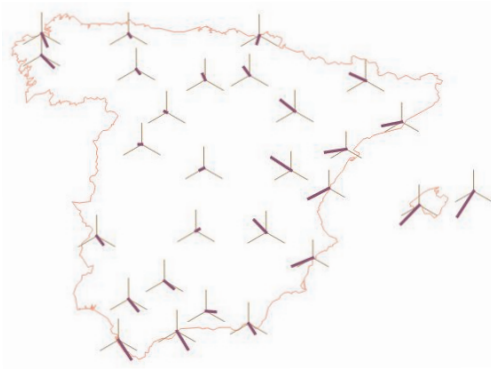


Figura 4. Mapa con los diagramas triangulares para los valores medios en 1921-2010 de los porcentajes estacionales de precipitación.

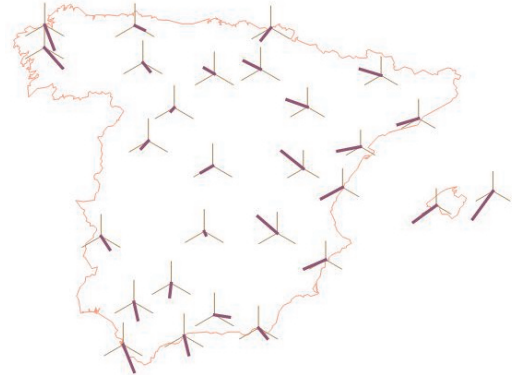


Figura 5. Mapa con los diagramas triangulares para los valores en 1921-2010 de las frecuencias de máximo estacional.

En cuanto a la distribución espacial de los cambios coincide en líneas generales con la del mapa de la figura 2, como cabía esperar, pero con algo más de desorden en los patrones. En algunos observatorios sí se aprecian cambios importantes en el patrón de cambios, como es el caso de Córdoba, Zaragoza y Burgos.

5. VALORES MEDIOS DE LOS PORCENTAJES DE PRECIPITACIÓN ESTACIONAL Y DE LAS FRECUENCIAS DE MÁXIMO ESTACIONAL

Hasta ahora nos hemos fijado en los cambios entre treintenas en las dos variables estudiadas: los porcentajes de precipitación estacional y las frecuencias de máximo estacional. De hecho en los dos mapas anteriores el origen de cada diagrama es un punto medio que varía entre observatorios pues los vectores de las diferencias entre treintenas son en general bastante menores que los que representan las desviaciones de los valores medios de cada variable respecto del punto simétrico de igual porcentaje. Pero desde un punto de vista climatológico sin duda tiene gran interés la descripción sumaria de los valores promedio en periodos largos de estas variables. Para la fácil visualización en un conjunto grande de observatorios sigue siendo idóneo el diagrama triangular.

En la figura 4 se ha dibujado el mapa con los diagramas triangulares para los valores medios a lo largo de los 90 años, 1921-2010, de los totales pluviométricos estacionales para los observatorios estudiados. En este mapa el origen de cada diagrama triangular es el mismo, el punto simétrico de porcentajes (33,3, 33,3, 33,3). Los vectores básicos a lo largo de las tres estaciones otoño-invierno-primavera miden 10 unidades porcentuales.

Vemos que en el extremo correspondiente a porcentaje máximo otoñal (vector hacia SO) se agrupan observatorios de la cuenca mediterránea, como Castellón, Palma, Alicante, Barcelona y Tarragona, que muestran excesos sobre el punto simétrico de más del 10 % (es decir, porcentajes otoñales del orden del 45 % del total anual sin verano). En la dirección de predominio invernal (vector SE del diagrama) encontramos los observatorios de San Fernando (Cádiz) y Málaga, con excesos también del orden del 10 %. Con menores excesos en la misma dirección están otros observatorios del SO y Galicia. En cambio los excesos en primavera son más moderados que los anteriores, del orden de un 6 % en Teruel, Zaragoza y Albacete.

Si nos movemos en el sentido opuesto al indicado por cada vector básico encontramos observatorios con cada vez menos porcentaje para la estación del año marcada por el vector. Teruel marca el mínimo de porcentaje invernal (déficit superior al 10 %), seguido a corta distancia por los observatorios del valle del Ebro. En las Baleares y el SO se da el mínimo porcentaje primaveral, mientras que el mínimo otoñal está más repartido, pero con déficits respecto al 33,3 % que no superan el 5 %. Curiosamente los observatorios con distribución más simétrica de los porcentajes estacionales se

sitúan también cerca del centro geográfico de la Península, aunque también la meseta superior y Asturias son bastante simétricas.

En la figura 5 se muestra el mapa similar al anterior para las frecuencias de máximo estacional a lo largo del periodo completo 1921-2010. La longitud de los vectores básicos es de 20 %, el doble que para los porcentajes medios. La distribución de los patrones es parecida a la analizada antes para los porcentajes medios estacionales, solo que con aproximadamente una duplicación de las distancias al origen, es decir, de las desviaciones respecto a la simetría de los tres porcentajes. Se aprecia que el alineamiento de los patrones de esta variable con los porcentajes medios es mayor que en los diagramas para cambios, lo que cabe esperar también a priori porque la variabilidad, al triplicar el número de años respecto a los mapas de cambios, se debe reducir, y esto afecta especialmente a las frecuencias de máximo estacional que de por sí tienen más variabilidad, como vemos por la longitud de los vectores básicos.

BIBLIOGRAFÍA

- GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C. y otros, 2009. Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula during the second-half of the twentieth century (1951-2000). doi 10.1002/joc.1780. *International Journal of Climatology*, pp. 1415-1429.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C. y otros, 2013: Las tendencias de las precipitaciones en España en el período 1945-2005. En «Fenómenos meteorológicos adversos en España», C. García-Legaz y F. Valero (eds.).
- MARTÍN DE LUIS y otros, 2010: Changes in seasonal precipitation in the Iberian Peninsula during 1946. *Global and Planetary Change*, 74 (2010) 27-33.