



Evolución de la precipitación y de las rachas secas en el sureste de la península ibérica en el periodo 1955-2014

Autor: Marcos Ruiz Álvarez

Institución: Universidad de Murcia

Otros autores: José Antonio Albaladejo García

RESUMEN



En las últimas décadas, han aumentado las repercusiones socioeconómicas y territoriales de las sequías, provocado en gran parte por el aumento del nivel de vida que incrementa la vulnerabilidad y exposición de la población frente a las sequías, por el aumento de la demanda de agua.

Las secuencias de sequía pluviométrica, evento característico del sureste de la península ibérica, son el riesgo climático que ocasiona más pérdidas económicas en la actividad agraria en dicha zona. En el 5º Informe del IPCC (AR5) se expone que se ha producido una intensificación en la intensidad, frecuencia y duración de las sequías desde la década de 1950, en el ámbito de las regiones mediterráneas europeas. Así mismo, a escala nacional y regional se han realizado numerosos estudios que reafirman los resultados mostrados por el AR5, en cuanto a la intensificación de la frecuencia, intensidad y duración de los periodos secos.

En el presente trabajo se va a realizar un análisis de la evolución de la precipitación y de las rachas secas en el periodo 1955-2014 en 4 observatorios meteorológicos situados en el sureste de la península Ibérica, concretamente en Alicante, Murcia, San Javier y Almería. En primer lugar se realizará una caracterización climática de la precipitación en el periodo 1955-2014 en los 4 observatorios seleccionados, analizándose la evolución de la precipitación anual en el periodo 1955-2014 en dichos observatorios. Además, se estudiará la evolución anual y estacional de los días secos o sin precipitación apreciable ($\leq 0,1\text{mm}$) y se analizará la estructura diaria de las sequías pluviométricas, mediante el estudio de la longitud de las rachas secas (número consecutivo de días secos o sin precipitación apreciable) en dos periodos de 30 años (1955-1984 y 1985-2014).

Palabras clave: Sequía; rachas secas; sureste península ibérica

1. INTRODUCCIÓN

Las rachas secas constituyen uno de los hechos climáticos definidores del ambiente mediterráneo, siendo notable la repercusión de las mismas en el comportamiento de



muchos ecosistemas, al afectar directamente en la disponibilidad de un recurso tan vital como el agua.

Las secuencias de sequía pluviométrica, evento característico del sureste de la península ibérica, se constituyen como el riesgo climático que ocasiona más pérdidas económicas en la actividad agraria en este sector peninsular (Gil Olcina y Rico Amorós. A, 1995).

En el 5º Informe del IPCC (Fifth Assessment Report, AR5, 2013) se expone que se ha producido una intensificación en la intensidad, frecuencia y duración de las sequías desde la década de 1950, en el ámbito de las regiones mediterráneas europeas.

Sobre el ámbito de la península ibérica, los estudios realizados sobre las tendencias y evolución de las precipitaciones también reflejan un descenso de las mismas desde la segunda del S.XX para gran parte de la península Ibérica incluyendo la mitad oriental, abarcando la mayor parte de estos trabajos más de 100 años de registros (Serrano *et al.*, 1999; Gallego *et al.*, 2011; Ríos Cornejo *et al.*, 2013)

Además, en los últimos años se han llevado a cabo numerosos estudios en el ámbito del sureste de la península ibérica, zona de estudio del presente trabajo, acerca de la evolución de las precipitaciones, la posible intensificación de los periodos de sequía pluviométrica y el impacto de dicha intensificación sobre el territorio (García Marín y Conesa García, 2006; García Marín, y Calvo García-Tornel, 2008; Sánchez Toribio *et al.*, 2010).

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es analizar la evolución de las precipitaciones, así como la evolución de la duración de las rachas secas, en el sureste de la península ibérica en el periodo. Como información de partida se utilizarán datos de precipitación diaria obtenidos de 4 observatorios meteorológicos situados en el sureste español, concretamente en Alicante, Almería, Murcia y San Javier. Este objetivo principal se ha desglosado en los siguientes objetivos específicos:

- Realizar una caracterización climática de la precipitación en el periodo 1955-2014 en los observatorios seleccionados.
- Analizar la evolución y tendencia de la precipitación anual y estacional en el periodo 1955-2014
- Analizar la evolución estacional y anual del número de días secos en el periodo 1955-2014.
- Estudiar la estructura diaria de las sequías pluviométricas, mediante el análisis de la duración de las rachas secas en las distintas estaciones del año y analizar la evolución de la duración de las rachas secas en el periodo 1955-2014 a través de la división de este periodo en dos periodos de 30 años (1955-1984 y 1985-2014).



3. RIESGO DE SEQUÍA

3.1. Definición de sequía

Generalmente se suelen utilizar indistintamente los términos racha seca y sequía, dando a ambos un significado similar (Pérez Cueva, 1988). No existe una definición universal del concepto de sequía, existiendo numerosas definiciones del mismo. El concepto de sequía responde a un conjunto de condiciones climáticas que suponen una situación prolongada de falta de precipitaciones, provocando importantes déficits de recursos hídricos y consecuencias socioeconómicas negativas.

La sequía, considerada como riesgo natural, es producto de las interrelaciones de dos componentes básicas: la componente climática (periodo de falta de precipitaciones) y la componente humana y socioeconómica del accidente generado (impactos y ajustes) (García Marín, 2008). Las características más relevantes que configuran la componente climática del fenómeno de la sequía son la frecuencia de aparición, su duración e intensidad, como medida de su severidad y la extensión espacial que afecta (Pita Lopez, 1995).

Las sequías en muchos casos pueden verse intensificadas por la convergencia de elementos tanto naturales (temperatura y evapotranspiración elevada), como antrópicos, es decir, la falta de infraestructuras que permitan una gestión racional de los recursos hídricos, la deforestación y la degradación de los suelos que inhibe la infiltración y retención del agua en el mismo (Luengo et al, 2002).

Como se ha comentado anteriormente no existe una definición universal del concepto de sequía. Se pueden encontrar dos tipos de definiciones de sequía, las conceptuales (genéricas en la descripción del fenómeno) y las operacionales, cuando la definición precisa el momento de inicio, finalización e intensidad de la sequía. Wilhite y Glantz (1985) detectaron más de 150 definiciones operacionales, categorizándolas en cuatro grandes grupos según la disciplina científica desde la que sea analizado el fenómeno (sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola y sequía socioeconómica) (Marcos Valiente, 2001). A continuación se van a describir brevemente estos cuatro grandes grupos:

A) Sequía Meteorológica: Esta basada en datos climatológicos, siendo una expresión de la desviación de la precipitación respecto a la media durante un periodo de tiempo determinado (García Marín, 2008). Las definiciones de sequía meteorológica presentan información específica para cada región particular, que varía en función del clima regional, por lo que es imposible extrapolar una definición de una región a otra (Marcos Valiente, 2001). Según Olcina Cantos (1994) en el sureste peninsular se trataría de una secuencia atmosférica caracterizada por el desarrollo de precipitaciones inferiores a un 60% de las normales durante más de dos años consecutivos.

B) Sequía Agrícola: Aparece cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento (Marcos Valiente, 2001). Este tipo de sequía al no depender únicamente de las condiciones meteorológicas, sino también de las características biológicas de los cultivos y a las propiedades del suelo, no es equivalente a la sequía meteorológica. Si los niveles de humedad en el subsuelo son suficientes



para proporcionar agua a un determinado tipo de cultivo, durante el periodo que dure la sequía meteorológica, no llegará a producirse una sequía agrícola (García Marín, 2008).

C) Sequía Hidrológica: Aparece cuando existe un deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, lagos, etc.). Al producirse un desfase entre la escasez de precipitación y la reducción de caudal de ríos o el nivel de lagos y embalses, las mediciones hidrológicas no pueden utilizarse como un indicador del inicio de las sequías, pero si de su intensidad (García Marín, 2008). La sequía hidrológica puede demorarse durante meses desde la aparición de la escasez pluviométrica e incluso puede llegar a no manifestarse si retornan las lluvias en poco tiempo (Morales Gil et al., 1996).

D) Sequía Socioeconómica: Se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada por la escasez de lluvias. Para hablar de sequía socioeconómica no es necesario que se produzca una restricción del suministro de agua, sino que basta con que algún sector económico se vea afectado por la escasez hídrica. La pujante presión antropica hacia el recurso agua, hace que cada vez sea mayor la incidencia de la sequía meteorológica, con pérdidas económicas crecientes, incluso en el caso de sequías meteorológicas leves.

3.2. Definición de racha seca

Se entiende por racha seca un estado más o menos reincidente en ciertos tipos de clima, caso del mediterráneo, caracterizado por un determinado número de días sin precipitación apreciable ($\leq 0,1$ mm) .Desde la perspectiva de una aplicación más concreta, se podría matizar mas la definición anterior de racha seca, teniendo en cuenta otros factores como la disponibilidad hídrica de los suelos, temperaturas y el consumo de agua por parte de los cultivos y masas forestales (Luengo *et al.*, 2002).

Las rachas secas son un producto meteorológico que forma parte del concepto físico de sequía para cuya caracterización tienen una gran importancia. La frecuencia y distribución estacional de las secuencias de ausencia de lluvia, así como su duración y coincidencia o no con registros térmicos elevados, matizan considerablemente el concepto básico de disminución de las aportaciones consideradas “normales”. La coincidencia de las rachas secas con las distintas etapas de la práctica agrícola en seco, característica de la mayor parte del sector estudiado en el presente trabajo, conceden a las rachas secas una gran capacidad de influenciar el ritmo normal del cultivo e incluso interrumpirlo. Por este motivo adquieren interés de cara a la valoración de la sequía como riesgo, al convertirse en elemento importante en la percepción social del fenómeno (García Marín. R y Calvo García-Tornel. F, 2008).

3.3. Causas de la sequía en el sureste peninsular

A continuación se detallan brevemente las situaciones sinópticas causantes de la sequía en el sureste de la península ibérica (Morales Gil et al., 1996):



1. Dorsal subtropical marítima: Ubicación de una estructura anticiclónica sobre nuestras latitudes.

2. Cresta sahariana centrada o advención de la masa de aire sahariana.

3. Cresta sahariana mediterránea: advención de la masa de aire sahariana que afecta directamente a la mitad oriental de la península ibérica.

4. Circulaciones zonales con tránsito de borrascas del frente polar, que se manifiestan en el sureste de la península ibérica con vientos catabáticos resacos y sin apenas lluvias.

4. METODOLOGIA

Para la realización del presente estudio han sido seleccionados datos de precipitación diaria de cuatro observatorios meteorológicos vinculados a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y situados en el sureste de la península ibérica: Almería Aeropuerto, San Javier Aeropuerto, Murcia y Alicante. Se disponen de datos para 60 años (1955 -2014), lo que se traduce en 21915 días. Dicho periodo está por encima del periodo mínimo considerado por la *Organización Mundial de Meteorología* (OMM) para caracterizar climáticamente un observatorio afectado por un régimen mediterráneo (30 años). Los datos de precipitación diaria de estas 4 estaciones se han obtenido de la base de datos ofrecida por Climate Explorer, que es una herramienta para la investigación climática, mantenida por el Real Instituto de Meteorología de Holanda (KNMI).

En la tabla 1 se recogen datos acerca de la localización de los distintos observatorios meteorológicos seleccionados y el periodo de observación:

Nombre	Periodo	Longitud	Latitud	Altitud	Provincia
Alicante	1955-2014	0° 29' 39" O	38° 22' 21" N	81 m	Alicante
San Javier Aeropuerto	1955-2014	0° 48' 12" O	37° 47' 20" N	4 m	Murcia
Murcia	1955-2014	1° 10' 15" O	38° 0' 7" N	61 m	Murcia
Almería Aeropuerto	1955-2014	2° 21' 25" O	36° 50' 47" N	21 m	Almería

Tabla 1. Datos de localización y periodo de observación de las estaciones meteorológicas seleccionadas. Fuente: Climate Explorer

Por otra parte, para poder evaluar de forma cuantitativa las rachas secas, se dividirán las mismas en distintos intervalos de duración. En este caso para la realización de este estudio se han seleccionado como intervalos las rachas con recorrido entre 7 y 14 días consecutivos sin precipitación, entre 15 y 29, 30 y 59, 60 y 89, 90 y 119 y por



último más de 120. Las rachas secas con longitud superior a los dos meses son las que empiezan a crear alarma social entre la población afectada.

Con el fin de analizar la evolución de las rachas secas en los últimos 60 años se ha dividido el periodo estudiado, en dos periodos de 30 años. De este modo el periodo 1955-2014 se dividirá en los periodos 1955-1984 y 1985-2014.

En este trabajo se van a estudiar la duración de las rachas secas en cada una de las estaciones del año. Para la clasificación de las rachas secas entre dos estaciones la Organización Mundial de Meteorología (OMM) no establece ningún criterio, por lo que en este caso el criterio que se ha seguido es considerar que la racha seca pertenece a la estación en la que tiene el mayor número de días. En caso de tener el mismo número de días se considerará que la racha seca pertenece a la estación entrante.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización climática de la precipitación

Las cantidades medias anuales de precipitación en el sureste español y en general en todo el territorio español son muy irregulares, como se puede comprobar en la tabla 2. Esta alta variabilidad interanual de las precipitaciones conlleva una gran inseguridad en los aportes de precipitación y en las reservas hídricas, constituyendo un factor socioeconómico decisivo, negativo y limitante del desarrollo.

En general las precipitaciones en el sureste de la península Ibérica son modestas, como se puede observar en la tabla 3, y concentradas en cortos periodos de tiempo, por lo que se darán periodos largos sin lluvias. De este modo, los periodos con un importante déficit hídrico son un componente habitual del sureste de la península ibérica. Ello contribuye a elevar los riesgos agrarios y los de abastecimiento de agua a las poblaciones, sobre todo en los meses estivales.

Observatorio	Precipitación mínima (mm)	Precipitación máxima (mm)
ALICANTE	108,9 (1995)	653,1 (1989)
SAN JAVIER AEROPUERTO	84,9 (1961)	717,3 (1989)
MURCIA	113,4 (1966)	576,7 (1972)
ALMERÍA AEROPUERTO	64,9 (1998)	551,5 (1989)

Tabla 2. Precipitación mínima y máxima (mm) en los distintos observatorios en el periodo 1955-2014. Fuente: Elaboración propia.

A continuación en las tablas 3 y 4 se recogen la precipitación media mensual, estacional y anual en el periodo 1955-2014 en los distintos observatorios meteorológicos estudiados:



Observatorio	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
ALICANTE	83,9	28,9	139,9	72,9	325,6
SAN JAVIER AEROPUERTO	73,3	21,9	124,1	93,2	312,5
MURCIA	83,7	32,6	98,1	70,7	285,1
ALMERÍA AEROPUERTO	53,6	8,4	64,7	76,3	203

Tabla 3. Precipitación media estacional y anual (mm) en el periodo 1955-2014. Resaltada en rojo la estación con la máxima precipitación. Fuente: Elaboración propia.

Observatorio	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
ALICANTE	21,0	23,4	24,1	31,8	28,2	16,7	3,8	8,5	46,7	52,8	40,4	28,5	325,6
SAN JAVIER	36,2	22,5	24,1	24,4	24,8	11,0	3,5	7,4	31,0	48,4	44,7	34,5	312,5
MURCIA	23,5	22,6	26,3	30,3	27,1	20,2	3,2	9,2	26,8	39,2	32,0	24,6	285,1
ALMERÍA	24,6	22,0	19,8	19,7	14,1	6,5	0,9	0,9	11,3	26,8	26,5	29,5	203

Tabla 4. Precipitación media mensual y anual (mm) en el periodo 1955-2014. Resaltado en rojo el mes con la máxima precipitación. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 3, en el periodo 1955-2014, el otoño es la estación del año más lluviosa en todos los observatorios estudiados excepto en el de Almería donde el invierno es la estación más lluviosa del año. Como es característico en el clima mediterráneo, la mayor parte de las precipitaciones se recogen en las estaciones equinocciales, concretamente un 68,7 % de la precipitación anual en el observatorio de Alicante, un 63,2 % en el observatorio de San Javier, un 63,8% en el de Murcia y un 58,3 % en el de Almería. Por su parte el verano es la estación más seca en los 4 observatorios analizados, lo cual es un rasgo típico del clima mediterráneo. La cuantía de la precipitación anual en el periodo 1955-2014 es los 4 observatorios analizados oscila entre los 325,6 mm en el observatorio de Alicante y los 203 mm en el observatorio de Almería. Con respecto a la distribución mensual de las precipitaciones, como se puede observar en la tabla 4, el mes de octubre es el más lluvioso del año, en todos los observatorios excepto el de Almería, en el diciembre es el mes más lluvioso. A continuación y para concluir con este apartado en la tabla 5 se va a recoger la distribución y frecuencia de días de precipitación para diferentes intervalos de lluvia en los 4 observatorios analizados:

Observatorio	0	%	0,1-1	%	1-10	%	10-30	%	≥30	%	Total días
ALICANTE	18558	84,7	1103	5,0	1742	7,9	401	1,8	111	0,005	21915
MURCIA	18830	85,9	971	4,4	1614	7,4	414	1,9	86	0,004	21915
SAN JAVIER	19161	87,4	805	3,7	1433	6,5	388	1,8	128	0,006	21915
ALMERÍA	19507	89,0	730	3,3	1326	6,1	308	1,4	44	0,002	21915

Tabla 5. Distribución y frecuencia de días de precipitación para diferentes intervalos de lluvia en los 4 observatorios analizados en el periodo 1955-2014. Fuente: Elaboración propia.



Como se puede en la tabla 5, se puede observar como el número de días secos o sin precipitación apreciable ($\leq 0,1$ mm) es muy elevado en los 4 observatorios analizados. En el observatorio de Alicante los días secos suponen un 84,7 % de los días totales examinados, en el de Murcia un 85,9%, en el de San Javier un 87,4 % y en el de Almería un 89 %. Al distribuir la cantidad de días secos totales observados entre el número de años de estudio se obtiene la media de días secos por año en las diferentes estaciones analizadas. De esta manera se obtiene que el número medio de días secos al año en el observatorio de Alicante es de 309 días, 314 días en el de Murcia, 319 en el de San Javier Aeropuerto y 325 en el de Almería Aeropuerto. Estas cifras tan elevadas contrastan con las obtenidas en otros estudios realizados en otras regiones semiáridas españolas (Luengo et al., 2002). Dicho estudio se centró en el análisis de las rachas secas en el sector central de la cuenca del Duero (sector más árido de la cuenca) y en él se obtuvo que la media de días secos por año en esta zona es de 290 días y que el porcentaje medio de estos es del 79,7 %.

5.2. Evolución y tendencia de la precipitación anual y estacional en el periodo 1955-2014.

En la tabla 6 se recoge la precipitación media estacional y anual para diferentes periodos de referencia (1961-1990, 1971-2000 y 1981-2010) en los distintos observatorios analizados en este trabajo:

Precipitación media estacional y anual. ALICANTE					
Periodo de Referencia	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
1961-1990	92,8	35	149,8	80,7	358,3
1971-2000	89,1	31,2	141,6	73,8	335,7
1981-2010	79,5	22,5	138,8	70,3	311,1
Precipitación media estacional y anual. SAN JAVIER AEROPUERTO					
Periodo de Referencia	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
1961-1990	79,4	30,4	132,4	85,6	327,8
1971-2000	85,3	24,6	131,6	97,4	338,9
1981-2010	72,8	15,5	125	99,8	313,1
Precipitación media estacional y anual. MURCIA					
Periodo de Referencia	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
1961-1990	89,1	36,7	100,3	65,5	291,6
1971-2000	85,8	36,8	100,3	72,3	295,2
1981-2010	81,4	29,6	96,8	78,2	286
Precipitación media estacional y anual. ALMERÍA AEROPUERTO					
Periodo de Referencia	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
1961-1990	59,5	9,7	63,2	71,1	203,5
1971-2000	50,2	10,7	64,8	65,7	191,4
1981-2010	45,2	6,9	68,9	78,7	199,7

Tabla 6. Precipitación media anual y estacional para diferentes periodos de referencia

Como se puede observar la precipitación en primavera ha ido descendiendo en los sucesivos periodos de referencia en todos los observatorios analizados, exceptuando el



aumento de precipitación experimentado en el observatorio de San Javier Aeropuerto en el periodo 1971-2000 con respecto al periodo 1961-1990. La precipitación ha disminuido un 14,3 % en primavera en el observatorio de Alicante en el periodo 1981-2010 con respecto al periodo 1961-1990, un 8,3 % en el de San Javier, un 8,6 % en el de Murcia y un 24 % en el de Almería.

Por su parte en verano la precipitación también ha ido descendiendo en los sucesivos periodos de referencia en todos los observatorios, exceptuando el leve aumento observado en los observatorios de Murcia y Almería Aeropuerto en el periodo 1971-2000 con respecto al anterior periodo de referencia. La precipitación ha disminuido un 35,7 % en verano en el observatorio de Alicante en el periodo 1981-2010 con respecto al periodo 1961-1990, un 49 % en el de San Javier, un 26,7 % en el de Murcia y un 28,9 % en el de Almería.

En otoño, la precipitación no ha experimentado cambios tan importantes como en primavera y verano, observando un ligero aumento de la precipitación en el observatorio de Almería en el periodo 1981-2010 con respecto al periodo 1961-1990 (aumento del 9 %) , mientras que en los observatorios de Alicante, Murcia y San Javier se observa un ligero descenso de la precipitación otoñal en el periodo 1981-2010 con respecto al periodo 1961-1990 (descenso del 7,3 % en Alicante, del 3,5 % en Murcia y del 5,6% en San Javier).

Por último, en invierno se observa un aumento de las precipitaciones en los sucesivos periodos de referencia en los observatorios de San Javier y Murcia. En el de Almería se observa un descenso de la precipitación en el periodo 1971-2000 con respecto al anterior periodo de referencia para luego aumentar de nuevo en el siguiente periodo de referencia. En los observatorios de Almería, Murcia y San Javier la precipitación invernal en el periodo 1981-2010 con respecto al periodo 1961-1990 ha aumentado un 10,7 %, un 19,4 % y 16,6 % respectivamente. Sin embargo, en el observatorio de Alicante se observa un descenso del 12,9 % en la precipitación en invierno en el periodo 1981-2010 con respecto al periodo 1961-1990.

A escala anual, en Alicante se ha registrado un descenso de la precipitación media en el periodo 1981-2010 con respecto al periodo 1961-1990 de 47 mm, lo que supone un descenso del 13,2 %. Dicho descenso es el más destacado de los 4 observatorios analizados. En San Javier dicho descenso ha sido más moderado (15 mm), lo que supone un descenso del 4,5 %. En Almería y Murcia, a escala anual, la precipitación ha permanecido prácticamente constante en los 3 periodos analizados, destacando tan solo para el caso de Almería un descenso de 12 mm en el periodo 1971-2000 con respecto al periodo 1961-1990.

En el observatorio de Alicante es el único en el que se observa un descenso de las precipitaciones en todas las estaciones del año en los sucesivos periodos de referencia. Este importante descenso de la precipitación en Alicante ha ocasionado que en San Javier en el periodo 1981-2010 se haya recogido más precipitación que en Alicante.



A continuación en las figuras 1 a 4 se muestra para el periodo 1955-2014 la evolución la evolución temporal y tendencia de la precipitación anual en cada uno de los observatorios analizados:

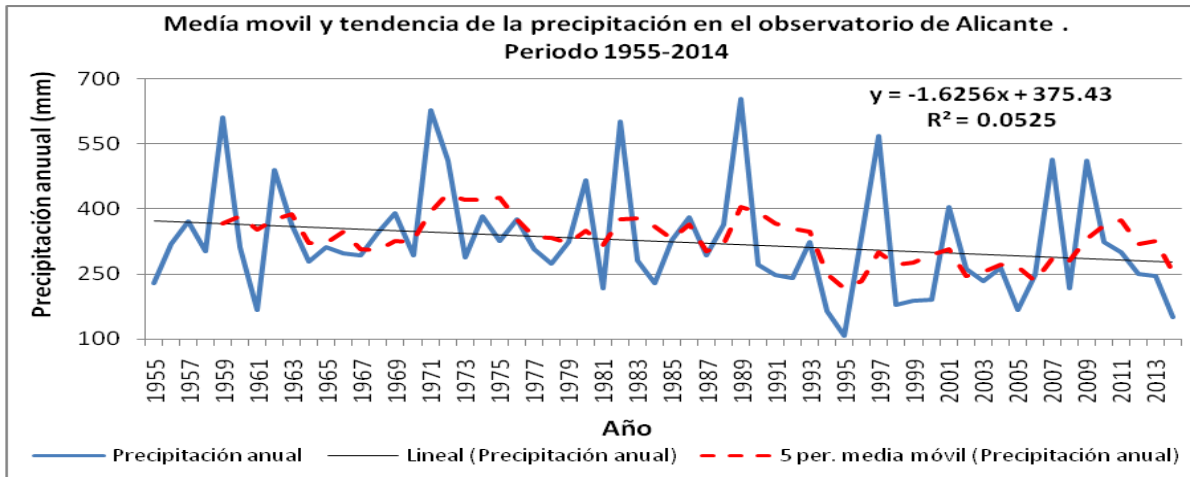


Figura 1. Precipitación anual, evolución temporal (media móvil 5 años) y tendencia de la precipitación en el observatorio de Alicante en el periodo 1955-2014. Fuente: *Elaboración propia*

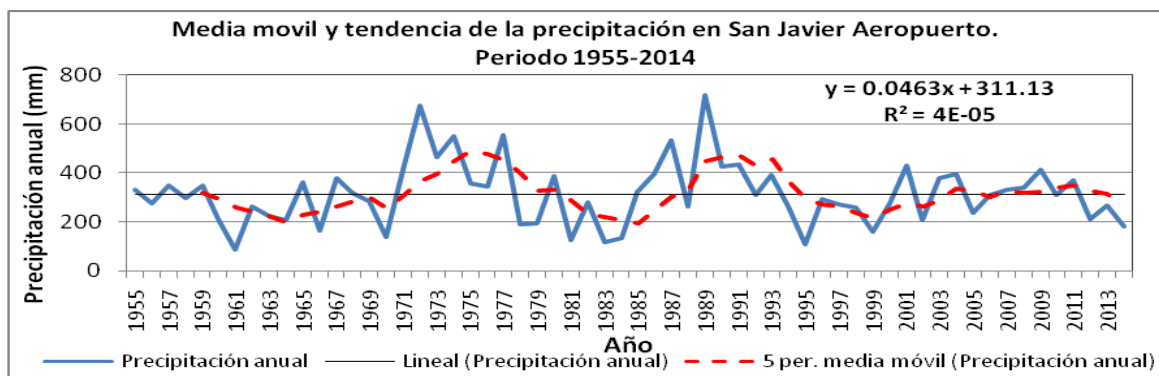


Figura 2. Precipitación anual, evolución temporal (media móvil 5 años) y tendencia de la precipitación en el observatorio de San Javier Aeropuerto en el periodo 1955-2014. Fuente: *Elaboración propia*

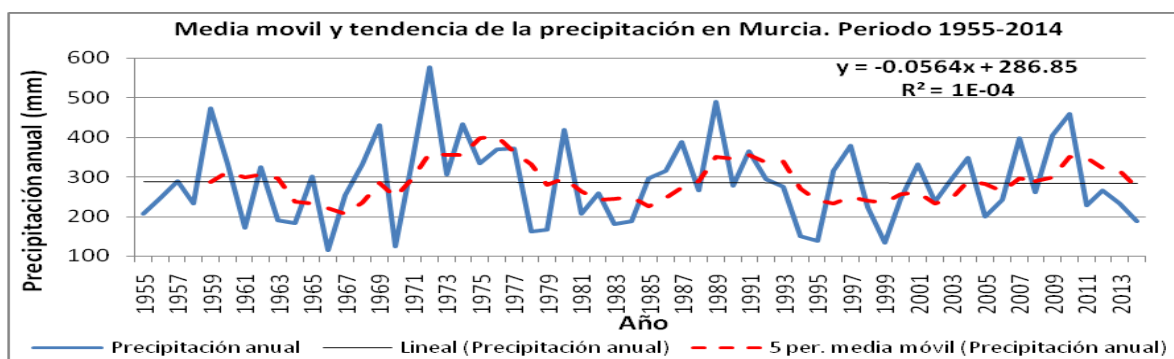


Figura 3. Precipitación anual, evolución temporal (media móvil 5 años) y tendencia de la precipitación en el observatorio de Murcia en el periodo 1955-2014. Fuente: *Elaboración propia*

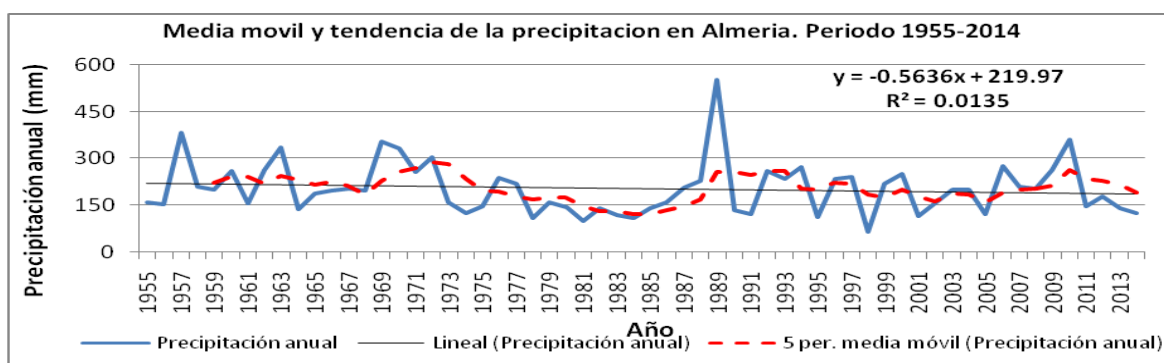


Figura 4. Precipitación anual, evolución temporal (media móvil 5 años) y tendencia de la precipitación en el observatorio de Almería en el periodo 1955-2014. Fuente: *Elaboración propia*

Como se puede observar en las figuras 1 a 4, en el periodo 1955-2014 existe una tendencia descendente de la precipitación en todos los observatorios exceptuando el observatorio de San Javier Aeropuerto donde existe una tendencia ligeramente ascendente. En el observatorio de Alicante es donde se observa la tendencia descendente más acusada, siendo esta de 16,3 mm/década. En el observatorio de Almería Aeropuerto existe una tendencia descendente de 5,6 mm/década, en el de Murcia existe una ligera tendencia descendente de la precipitación, siendo esta de -0,6 mm/década y por último en el observatorio de San Javier Aeropuerto existe una ligera tendencia ascendente, siendo esta de 0,5 mm/década.

5.3. Evolución anual y estacional del número de días secos en el periodo 1955-2014.

En la tabla 7 se muestra el número de días secos o sin precipitación apreciable ($\leq 0,1$ mm) en las distintas estaciones del año y el porcentaje que suponen estos días sobre el total de días de la estación correspondiente para dos periodos, el periodo 1955-1984 y el periodo 1985-2014:

PERIODO 1955-1984								
Observatorio	Primavera	%	Verano	%	Otoño	%	Invierno	%
ALICANTE	2237	81,1	2567	93,0	2259	81,3	2235	82,5
MURCIA	2303	83,4	2611	94,6	2331	85,4	2268	83,8
SAN JAVIER	2397	86,8	2645	95,8	2374	87	2292	84,7
ALMERIA	2382	86,3	2661	96,4	2394	87,7	2247	83
PERIODO 1985-2014								
Observatorio	Primavera	%	Verano	%	Otoño	%	Invierno	%
ALICANTE	2260	81,8	2572	93,2	2207	79,2	2221	82
MURCIA	2275	82,4	2594	94	2229	81,6	2219	81,9
SAN JAVIER	2342	84,9	2636	95,5	2262	82,8	2213	81,7
ALMERIA	2460	89,1	2693	97,6	2362	86,5	2308	85,2

Tabla 7. Distribución de los días secos en las distintas estaciones del año en los periodos 1955-1984 y 1985-2014. Fuente: *Elaboración propia*



Como se puede observar en la tabla 7 el mayor porcentaje de días secos se da en el verano en todos los observatorios, oscilando este porcentaje en el periodo 1955-2014 entre el 93,1% en el observatorio de Alicante y el 97% en el observatorio de Almería. En el resto de estaciones del año también se alcanzan el mayor porcentaje de días secos en el observatorio de Armería Aeropuerto y el menor en el de Alicante. En primavera el porcentaje de días secos oscila entre el 81,5% en Alicante y el 87,7% en Almería, en otoño entre el 80,6 en Alicante y el 87,1% en Almería y en invierno entre el 82,2% en Alicante y el 84,1 % en Almería.

Con respecto a la evolución del número de días secos en las distintas estaciones, destacar que en primavera han descendido ligeramente los días secos en los observatorios de Murcia y San Javier Aeropuerto (descensos del 1,2 y 2,3 % respectivamente) en el periodo 1985-2014 con respecto al periodo 1955-1984, aumentando ligeramente en el observatorio de Alicante con un 1% y de forma más acusada en el observatorio de Almería aeropuerto con un aumento del 3,3 %. En la estación estival el número de días secos ha permanecido prácticamente constante en el periodo 1985-2014 con respecto al periodo 1955-1984 en todos los observatorios excepto en el de Almería aeropuerto donde han aumentado un 1,2%. En el otoño periodo decisivo en el que el agricultor de secano decide si plantar o no, y que cultivo realizar, el número de días secos en el periodo 1985-2014 con respecto al periodo 1955-1984 ha disminuido en todos los observatorios, siendo más acusado este descenso en los observatorios de Murcia y San Javier, con un descenso del 4,4 % y del 4,7 % respectivamente. Por último en el invierno el número de días secos ha permanecido prácticamente constante en el observatorio de Alicante en el periodo 1955-1984 con respecto al periodo 1985-2014, descendiendo en los observatorios de San Javier Aeropuerto un 3,5 % y en el de Murcia un 2,2 % y aumentando en el de Almería aeropuerto en un 2,7%.

A continuación en la figura 5 se muestra la evolución anual del número de días secos en los distintos observatorios analizados en el periodo 1955-2014:

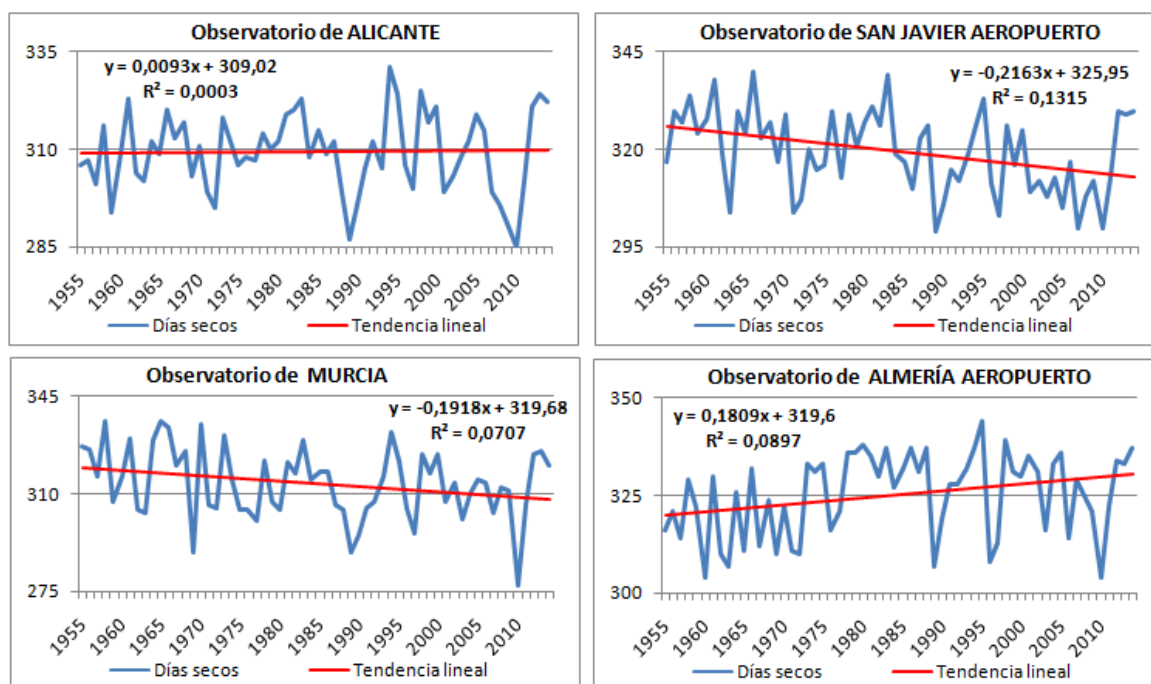


Figura 5. Evolución de los días secos o sin precipitación apreciable ($\leq 0,1$ mm) en el periodo 1955-2014. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 5 el número de días secos o sin precipitación apreciable ($\leq 0,1$ mm) en el periodo 1955-2014 existe una tendencia descendente en el número de días secos en los observatorios de Murcia y San Javier, siendo esta tendencia de 1,9 y 2,2 días/década respectivamente. En el observatorio de Alicante prácticamente se han mantenido constantes el número de días secos, mientras que en el observatorio de Almería Aeropuerto existe una tendencia ascendente, siendo esta de 1,8 días/década.

5.4. Análisis de la estructura diaria de las sequías pluviométricas en el periodo 1955-2014.

En este apartado se va a analizar la estructura diaria de las sequías pluviométricas en el periodo 1955-2014. En la tabla 8 se recoge el número medio estacional y anual de rachas secas (número consecutivo de días secos o sin precipitación apreciable) para cada una de las frecuencias en las que se han dividido las rachas secas, en los periodos 1955-1984 y 1985-2014:

Observatorio: ALICANTE										
Frecuencia (días)	Periodo 1955-1984					Periodo 1985-2014				
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
7 a 14	2.33	1.07	0.20	2.27	5.87	2.27	1.00	2.03	2.33	7.63
15 a 29	1.20	0.63	1.13	1.10	4.07	1.43	0.83	1.07	1.17	4.50
30 a 59	0.17	0.80	0.30	0.40	1.67	0.20	0.70	0.13	0.40	1.43



60 a 89	-	0.27	-	-	0.27	-	0.30	0.03	-	0.33
90 a 119	-	0.07	-	-	0.07	-	0.07	-	-	0.07
≥120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Observatorio: SAN JAVIER AEROPUERTO										
Frecuencia (días)	Periodo 1955-1984					Periodo 1985-2014				
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
7 a 14	2.10	0.53	1.87	1.93	6.43	1.77	0.60	1.80	2.60	6.77
15 a 29	1.20	0.43	1.17	0.97	3.77	1.73	0.50	1.30	0.93	4.47
30 a 59	0.50	0.50	0.47	0.53	2.00	0.30	0.83	0.30	0.40	1.83
60 a 89	0.07	0.40	0.03	-	0.50	-	0.37	-	-	0.37
90 a 119	-	0.17	-	-	0.17	-	0.07	-	-	0.07
≥120	-	0.03	-	-	0.03	-	0.03	-	-	0.03
Observatorio : MURCIA										
Frecuencia (días)	Periodo 1955-1984					Periodo 1985-2014				
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
7 a 14	2.20	0.43	1.93	2.17	6.73	2.60	0.87	2.10	2.33	7.90
15 a 29	1.53	0.80	1.27	1.33	4.93	1.37	0.67	1.10	1.20	4.33
30 a 59	0.23	0.53	0.47	0.27	1.50	0.13	0.73	0.27	0.33	1.47
60 a 89	-	0.37	-	-	0.37	-	0.47	-	-	0.47
90 a 119	-	0.10	-	-	0.10	-	0.03	-	-	0.03
≥120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Observatorio : ALMERIA AEROPUERTO										
Frecuencia (días)	Periodo 1955-1984					Periodo 1985-2014				
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
7 a 14	1.73	0.47	1.67	2.00	5.87	1.40	0.17	1.67	1.70	4.93
15 a 29	1.40	0.70	1.17	0.97	4.23	1.23	0.07	1.47	1.03	3.80
30 a 59	0.43	0.47	0.40	0.43	1.73	0.57	0.47	0.40	0.50	1.93
60 a 89	-	0.30	0.07	0.03	0.40	0.07	0.43	0.03	0.03	0.57
90 a 119	-	0.30	-	-	0.30	0.03	0.17	-	-	0.20
≥120	-	0.03	-	-	0.03	-	0.17	-	-	0.17

Tabla 8. Número medio anual y estacional para cada frecuencia de rachas secas en los periodos 1955-1984 y 1985-2014. Fuente: *Elaboración propia.*

Como se puede observar en la tabla 8, en el observatorio de Alicante las rachas secas de duración superior al mes han disminuido en el periodo 1955-2014, registrándose 60 rachas secas con duración superior al mes en el periodo 1955-1984 y 55 en el periodo 1985-2014, lo que supone una cifra bastante inferior a las registradas en los observatorios de San Javier Aeropuerto y Almería Aeropuerto y similar a las del observatorio de Murcia. Por otra parte se observa un aumento importante en el número de rachas secas comprendidas entre 7 y 14 días y menos acusado en las comprendidas entre 15 y 29 días. En este observatorio se han registrado 22 rachas secas con duración superior a los dos meses, siendo el observatorio de los 4 estudiados con el menor



número de rachas secas de duración superior a los 2 meses, teniendo 4 de estas rachas una duración superior a los 90 días. Las rachas secas con duración superior a los dos meses han aumentando ligeramente en el periodo estudiado, registrándose 10 en el periodo 1955-1984 y 12 en el periodo 1985-2014. Al igual que en el observatorio de Murcia, en el observatorio de Alicante tampoco se han registrado rachas secas de duración mayor a 120 días. Además en este observatorio no se han registrado rachas secas con duración mayor a 2 meses fuera de la estación estival, a excepción de la racha seca registrada en el otoño de 2013, con una duración de 68 días. La racha de mayor duración registrada en este observatorio tuvo lugar en el verano de 1994 con una duración de 100 días, seguida por la racha de 95 días en el verano de 1982.

En el observatorio de San Javier Aeropuerto se observa un descenso de las rachas secas con duración superior a un mes (pasando de las 81 registradas en el periodo 1955-1984 a las 69 en el periodo 1985-2014), lo que supone una cifra bastante superior a las registradas en los observatorios de Alicante y Murcia. Por otra parte en este observatorio se ha registrado un aumento en las rachas comprendidas entre 7 y 14 días y entre 15 y 29 días. En el observatorio de San Javier Aeropuerto en el periodo 1955-2014 se han registrado 35 rachas secas con duración superior a 60 días, teniendo 9 de estas rachas una duración superior a los 90 días y 2 una duración superior a 120 días. Estas rachas secas con duración superior a los dos meses han experimentado un descenso importante, pasando de las 21 registradas en el periodo 1955-1984, a las 14 registradas en el periodo 1985-2014. La racha de mayor duración registrada en este observatorio tuvo lugar en el verano de 1983 con una duración de 124 días, seguida de la registrada en el verano de 2001 con una duración de 123 días. En este observatorio se registraron 2 rachas secas de más de 60 días en primavera y 1 en otoño en el periodo 1955-1984. En el periodo 1985-2014 tan solo registraron rachas de duración superior a los dos meses en la estación estival.

En el observatorio de Murcia las rachas secas de duración superior al mes han permanecido constantes en el periodo 1955-2014, registrándose 59 rachas secas con duración superior al mes en ambos periodos, lo que supone una cifra bastante inferior a las registradas en los observatorios de San Javier Aeropuerto y Almería Aeropuerto y similar a las registradas en el observatorio de Alicante, aunque hay que destacar que se ha producido un descenso en las rachas de duración superior al mes en las estaciones equinocciales y un aumento en el verano. Por otra parte se observa un aumento importante en el número de rachas secas comprendidas entre 7 y 14 días y un descenso ligero en las comprendidas entre 15 y 29 días. En este observatorio se han registrado 29 rachas con duración superior a los dos meses, teniendo 4 de estas rachas una duración superior a los 90 días. Las rachas secas con duración superior a los dos meses han permanecido prácticamente constantes, registrándose 14 en el periodo 1955-1984 y 15 en el periodo 1985-2014. Al igual que en el observatorio de Alicante, en el observatorio de Murcia tampoco se han registrado rachas secas de duración mayor a 120 días. Además en este observatorio no se han registrado rachas secas con duración mayor a 2 meses fuera de la estación estival. La racha de mayor duración registrada en este observatorio tuvo lugar en el verano de 1983 con una duración de 117 días en el verano de 1970, seguida por la racha de 109 días en el verano de 1960.

En el observatorio de Almería Aeropuerto se observa un aumento importante de las rachas secas con duración superior a un mes (pasando de las 74 registradas en el periodo 1955-1984 a las 86 en el periodo 1985-2014), lo que supone una cifra bastante



superior a las registradas en los observatorios de Alicante y Murcia, siendo el observatorio donde se han registrado el mayor número de rachas secas de duración superior al mes. Por otra parte en este observatorio se ha registrado un descenso de las rachas comprendidas entre 7 y 14 días y entre 15 y 29 días, siendo muy acusado este descenso en la estación estival. En el observatorio de Almería Aeropuerto en el periodo 1955-2014 se han registrado 50 rachas secas con duración superior a 60 días, teniendo 21 de estas rachas una duración superior a los 90 días y 6 una duración superior a 120 días. Estas rachas secas con duración superior a los dos meses han experimentado un importante aumento, a diferencia del resto de observatorios estudiados, pasando de las 22 registradas en el periodo 1955-1984, a las 28 registradas en el periodo 1985-2014. También destacar que las rachas secas superiores a 120 días han experimentado un importante ascenso en el último periodo pasando de registrarse 1 en el periodo 1955-1984 a 5 en el periodo 1985-2014. Es con diferencia el observatorio donde se han registrado más rachas secas con duración superior a los 2, 3 y 4 meses. La racha de mayor duración registrada en este observatorio estuvo comprendida entre abril y septiembre de 1979 teniendo una duración de 157 días, seguida de la registrada en el verano de 2006 con una duración de 125 días. En este observatorio se registraron 3 rachas secas de más de 60 días en primavera y 3 en otoño en el periodo 1955-1984, siendo una de estas rachas superior a los 90 días, concretamente la racha que tuvo lugar en la primavera de 1995 con una duración de 104 días. Por último cabe destacar que en el observatorio de Almería es el único donde se ha observado una racha superior a los dos meses en la estación invernal.

Como conclusión de este apartado se ha destacar que las rachas secas con duración superior a los dos meses han aumentado ligeramente en los observatorios de Alicante y Murcia, siendo más acusado este aumento en el de Almería Aeropuerto, experimentándose un descenso importante en el observatorio de San Javier Aeropuerto. Con respecto a la evolución de las rachas secas en las estaciones equinocciales, que es el periodo del año con el mayor valor agronómico para el cultivo de secano en cuanto a precipitación acumulada, se ha de destacar que en las estaciones equinocciales se ha observado que las rachas secas con duración superior a un mes han disminuido considerablemente en los observatorios de San Javier Aeropuerto y Murcia, registrándose un descenso del 44 % y del 43 % respectivamente. Estos datos podrían motivar a los agricultores de secano a la hora de ampliar sus cultivos. Sin embargo en el observatorio de Almería se ha observado un importante aumento de las rachas secas de duración superior al mes en primavera, siendo este aumento del 54 %, mientras que en otoño han descendido ligeramente. Por último en el observatorio de Alicante en primavera las rachas secas con duración superior al mes han aumentado ligeramente disminuyendo considerablemente en otoño. Por tanto en otoño las rachas secas con duración superior al mes de duración han disminuido en todos los observatorios estudiados.

6. Consideraciones finales

En el sureste de la península Ibérica, la preocupación por las necesidades hídricas es máxima, debido a la importancia que tiene el sector agrícola, base de su economía. La puesta en marcha del trasvase Tajo-Segura y la entrada de España en la Unión Europea en la década de los 80 del pasado siglo, supuso un importante desarrollo y



modernización del sector agrícola en el sureste de la península Ibérica. Además la demanda de agua se ha visto incrementada en los últimos años debido al importante crecimiento demográfico y urbanístico.

Dicha preocupación se ha incrementado en los últimos años, ya que desde la segunda mitad del siglo XX, la pluviometría del sureste de la península Ibérica ha estado caracterizada por importantes anomalías, siendo la grave secuencia de sequías e inundaciones padecida la que ha sensibilizado a la opinión pública.

Las sequías como se ha comentado en el presente trabajo, ocasionan problemas de atención de las demandas y pueden llegar a provocar pérdidas económicas en las actividades de los concesionarios. Para prevenir, evitar o minimizar los impactos de eventuales sequías es imprescindible estudiar y aprobar Planes Especiales de Sequía (PES). Por otra parte, en épocas de escasez prolongada de agua también son necesarios los Reales Decretos de Sequía, que persiguen dotar a la Administración Hidráulica de los instrumentos legales que permitan proceder a la ordenación de los recursos de la forma más conveniente para el interés general.

En periodos de sequía, para disponer los suficientes recursos hídricos para satisfacer las demandas, se ha de recurrir a alternativas como los intercambios entre usuarios (bancos de agua y cesión de derechos), los trasvases intercuencas, la gestión conjunta de aguas subterráneas y aguas superficiales, la reutilización de aguas depuradas, la desalación del agua marina o la modernización de los regadíos.

Por último se ha de destacar que las sequías pluviométricas han existido a lo largo de la historia y seguirán produciéndose en los sucesivos años, sin embargo el actual desarrollo socioeconómico convierte a este evento en un posible agente catastrófico de mayor envergadura social y mediática que a lo largo de la historia.

7. Bibliografía

Gallego, M.C. et al. (2011): Trends in frequency indices of daily precipitation over the Iberian Peninsula during the last century. *Journal of Geophysical Research*.116: DO2109. DOI: 10.1029/2010JDO14255.

García Marín, R. y Conesa García, C. (2006): Secuencias pluviométricas secas de larga duración en la cuenca del Guadalentín (Murcia- Almería). En: Cuadrat Prats *et al.* (Eds.): *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC) Serie A, nº5. Zaragoza, pp. 371-382.

García Marín, R. y Calvo García-Tornel, F. (2008): Frecuencia y evolución de rachas secas en la Cuenca del Guadalentín (Sureste de España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 48, pp. 71-89.

Gil Olcina, J. y Rico Amorós, A. (1995): Sequías y golpe de calor en el sureste ibérico: efectos territoriales y económicos. *Investigaciones geográficas* nº13, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, pp.47-79

IPCC (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. En Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M.



Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Luengo Ugidos, M.A., Ceballos Barbancho, A., Martínez Fernández, J. y Yuste Yuste, C. (2002): Las rachas secas en el sector central de la cuenca del Duero. *Investigaciones Geográficas*, nº27, pp. 65-82.

Marcos Valiente, O. (2001): Sequía: Definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones geográficas*, nº26, pp.59-80. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante.

Morales Gil, A., Olcina Cantos, J. y Rico Amorós, A.M. (1999): Diferentes percepciones de la sequía en España: adaptación, catastrofismo e intentos de corrección. *Investigaciones Geográficas*, nº22, pp. 5-46. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante.

Olcina Cantos, J. (1994): Riesgos climáticos en la Península Ibérica. Libros Pentatlón, Madrid, 415, pp.

Pérez Cueva, A.J. (1988): Notas sobre el concepto, los métodos de estudio y las génesis de las sequías. *Cuadernos de Geografía*, nº44, pp.139-144.

Pita López, M.F. (1995): Las sequías: análisis y tratamiento. Junta de Andalucía, Sevilla, 56 pp.

Rios Cornejo, D., Penas, A. y Del Río, S. (2013): Comparative analysis of precipitation trends in continental Spain over the period 1961-2010. *International Journal of Geobotanical Research*, 3, pp. 1-18.

Sánchez- Toribio, M.I., García Marín, R., Conesa García, C. y López Bermudéz, F. (2010): Evaporite demand and water requirements of the principal crops of the Guadalentín valley (SE Spain) in drought periods. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol.8, pp.66-75. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

Serrano, A., Mateos, V.L. y García, J.A. (1999): Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian peninsula for the period 1921-1995. *Physic and Chemistry of the Earth Part B*, 24 (1-2), pp. 85-90. DOI: 10.1016/S1464-1909 (98) 00016-1.

Wilhite, D.A. y Glantz, M.H. (1985): Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, vol.10, pp.111-120.