

TENDENCIA DE LAS PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS EN UNA PEQUEÑA CUENCA FLUVIAL DEL SURESTE PENINSULAR SEMIÁRIDO

Salvador Gil Guirado y Francisco López Bermúdez

Departamento de Geografía. Universidad de Murcia

RESUMEN

La Cuenca del Río Quípar, en el Sureste de la Península Ibérica es un espacio de clima mediterráneo semiárido. El análisis climático no muestra una tendencia clara asociable a un calentamiento reciente, pero el estudio realizado evidencia una ligera tendencia al aumento de temperaturas y a la disminución de precipitaciones. Esto puede repercutir en una menor disponibilidad de agua para los distintos usos, lo que aconsejaría ir diseñando estrategias de adaptación a esta variabilidad, máxime cuando parece existir un paralelismo entre periodos húmedos y fríos y periodos secos y calurosos.

Palabras clave: Cuenca del Río Quípar, precipitación, temperatura, sequía estival, anomalía y variabilidad climática.

ABSTRACT

The Quípar River Basin located in the southeast of the Iberian Peninsula, is an area of semiarid Mediterranean climate. The climate analysis shows no clear trend associated with a recent warming, although this study show a slight tilt to rising temperatures and declining rainfall. All this can impact the decreased availability of water for different uses what advise to go to design strategies to adapt to this variability, especially when there seems to be a parallel between rainy and cold and hot, dry periods, which increases virulence of drought.

Key words: Quípar River Basin, precipitation, temperature, summer drought, anomaly and climate variability.

Fecha de recepción: marzo 2010.

Fecha de aceptación: mayo 2011.

I. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El cambio global se entiende como la interrelación de cambios inducidos por los procesos naturales y por la acción humana en el ambiente global, y sus implicaciones en el funcionamiento de los ecosistemas naturales y en la sociedad. Este complejo proceso incluye muchos factores fuertemente interrelacionados entre los que destacan las alteraciones en el clima, conocidas en la actualidad como cambio climático. Las modificaciones en el clima afectarán, de modo importante, a los ecosistemas y en particular a los sistemas semiáridos mediterráneos que pueden verse afectados por una acentuación del estrés hídrico y por un incremento de la aridez. Por esta y otras razones la necesidad de conocer y profundizar en la variabilidad climática en unos escenarios vulnerables y de incertidumbre como son las cuencas fluviales mediterráneas y en concreto del Sureste peninsular.

La variabilidad del clima, es un hecho constatado (Bates *et al.*, 2008; Chiva y Sala, 1997; Houghton, 2008; Keller *et al.*, 2007; Rosenzweig *et al.*, 2008; Vázquez Abeledo, 2006; Wigley, 2009; etc.), pero aun hoy sigue sin vislumbrarse claramente, los posibles efectos, como la totalidad de las causas de este fenómeno, si bien parece ser que, las actuaciones humanas aceleran estos cambios.

Nuevos retos ambientales, sociales y de gestión del territorio y los recursos, surgen ante el deterioro medioambiental propiciado por el hombre y las amenazas reales de cambio climático, que según los expertos tendrán unas consecuencias diferentes en cada zona climática. Según el informe del IPCC (2007) y entre otros el de Bates *et al.*, 2008, las consecuencias del cambio climático para la región Mediterránea, previsiblemente se traducirán en: disminución de la precipitación anual; disminución del caudal anual de los ríos, mayor número de incendios forestales; menor rendimiento de los cultivos; aumento de la demanda de agua para la agricultura; mayor riesgo de desertificación; menor cantidad de energía hidroeléctrica; menor turismo estival; mayor riesgo de pérdida de diversidad biológica; etc. También hay evidentes signos de aumento del riesgo de grandes inundaciones causados por la mayor recurrencia de las precipitaciones torrenciales (Milly *et al.*, 2002; Kundzewicz *et al.*, 2005; Botzen *et al.*, 2009). El cambio climático es motivo de un apasionado debate científico y plantea una acusada incertidumbre temporal, espacial y de magnitud (Giles, 2002; Kitcher, 2010). No obstante, hay un importante consenso en su veracidad y en las consecuencias que se irán manifestando cada vez más en los ecosistemas y sistemas económicos.

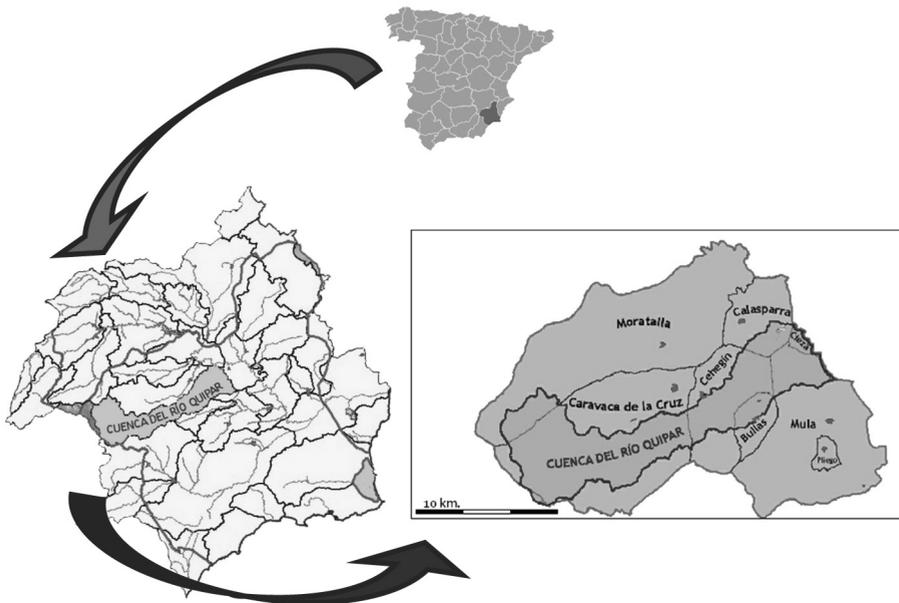
II. OBJETIVO

Este trabajo pretende contribuir al conocimiento de la variabilidad climática, en el marco del cambio global, en una pequeña cuenca hidrológica del Sureste semiárido de la península Ibérica, la del Río Quípar, a través del estudio de la evolución de las precipitaciones y temperaturas, analizando los posibles patrones de cambio y, a la vez, concluir la repercusiones más directas que la variación climática puede tener en la población y sus actividades.

III. ÁREA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio es la Cuenca del Río Quípar, localizada en el Noroeste de la Región de Murcia, en el Sureste español, en donde la aridez climática es uno de los rasgos definitorios principales.

Figura 1
LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO QUÍPAR



El Río Quípar, es un afluente del río Segura, su cuenca abarca parte de los términos municipales de Caravaca de la Cruz, Moratalla, Bullas, Cehegín, Calasparra, Cieza, una pequeña parte del término de Mula, así como un reducido sector del término municipal de Puebla de Don Fabrique (Fig. 1), en la vecina provincia de Granada. La superficie total de la Cuenca es de 826,4 Km². Su altitud oscila entre los 200 y los 1.900 m, si bien, el 50% de su superficie se sitúa por encima de los 800 m (Romero Díaz, *et al.*, 2005). La cuenca de este río, es un espacio antrópizado, en donde las técnicas agrarias y los usos tradicionales del territorio, tienen gran importancia, destacando los cultivos en secano y las reducidas superficies de regadío en terrazas fluviales. El territorio se encuentra poblado por 29.331 habitantes (Padrón municipal de habitantes 2008) y cuenta con una baja densidad de población: 35 hab/km².

El clima, la geología y la geomorfología, determinan las particularidades físicas de la Cuenca. La aridez es el rasgo climático principal, la geología está dominada por las características morfoestructurales de las Cordilleras Béticas y la geomorfología se manifiesta en

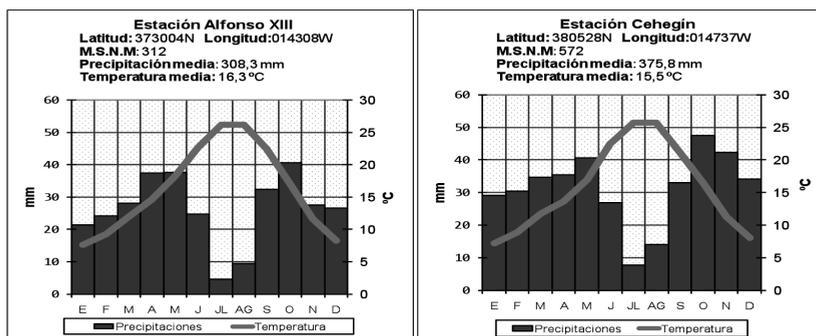
unos procesos de erosión y acumulación que han dado origen a estrechos valles, sectores abarrancados, extensos glacis, terrazas, conos detríticos, etc. Geología y geomorfología, junto con las variables topográficas, litológicas, edafológicas y biológicas explica la distribución de las altitudes en la cuenca. Estas, son mayores en la mitad occidental, especialmente en el cuadrante noroccidental, para ir disminuyendo hacia el este, estando las altitudes más bajas (200 m.s.n.m) en el sector nororiental. Biogeográficamente y a grandes rasgos, el área de la cuenca del Quípar se corresponde con el piso bioclimático mesomediterráneo inferior bajo clima semiárido.

1. Clima

Localizado en el SE de la Península Ibérica y con una posición latitudinal 38° N, el clima del área de estudio se identifica, como templado húmedo con veranos secos, también conocido como clima Mediterráneo. Si bien, es necesario precisar que en la zona norte y noroeste de la cuenca, donde presenta territorios de mayor altitud, la influencia mediterránea está atenuada, determinando el relieve, la disminución de las temperaturas y un ligero aumento de las precipitaciones. Debido a que los vientos dominantes del oeste, generan un cierto efecto Foëhn o situación de «sombra de lluvias», siendo este uno de los factores más importantes que determinan las características climáticas en la cuenca, concentrándose las mayores precipitaciones en las tierras de mayor altitud.

Las precipitaciones en la zona de estudio suelen ser escasas y bastante irregulares en el tiempo, como ocurre en casi todo el territorio del SE peninsular. El total del año hidrológico suele registrar precipitaciones medias comprendidas entre 300 – 400 mm (Fig. 2), con dos máximos de lluvia, primavera y otoño, más acentuado el segundo a causa de los fenómenos de DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos de la atmósfera), que a veces, causan precipitaciones de carácter torrencial, y dos mínimos de lluvia (invierno y verano, mucho más acentuado el segundo). Normalmente, los episodios de lluvias más importantes corresponden con vientos que proceden del este o sureste cuando se localizan depresiones en el Golfo de Cádiz y Mar de Alborán, al sur de la península.

Figura 2
CLIMOGRAMAS REPRESENTATIVOS DE LA CUENCA DEL RÍO QUIPAR



La temperatura media anual se sitúa en torno a los 16 °C, con una oscilación térmica media de aproximadamente 12 °C, lo que impregna al clima de un cierto carácter continental. Los inviernos son relativamente fríos, con una temperatura media de 9 °C y unos 15 días de helada al año por término medio, siendo el mes más frío el mes de enero, con 7 °C de temperatura media. La primavera tiene un carácter suave, con unos valores medios de temperatura de 17 °C. Los veranos oscilan entre moderados y calurosos con una temperatura en torno a 23 °C, siendo la temperatura media del mes más cálido (agosto) de unos 25 °C. Por último, el otoño es fresco con unos valores de 12 °C.

La distribución de las temperaturas obedece a grandes rasgos, a los mismos factores que la precipitación, siendo nuevamente determinante la altitud y exposición, de manera que las mayores temperaturas se dan en las zonas más llanas, de menor altimetría y expuestas al mediodía, al contrario de lo que ocurre con las temperaturas mínimas.

IV. METODOLOGÍA

La metodología está basada en el tratamiento de los datos de las series climáticas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Las series disponibles presentan lagunas de datos en algunas variables y momentos temporales. Para la subsanación de este error de base, existen distintas metodologías, diferentes dependiendo de si, el relleno del hueco, se hace a partir de la propia serie climática (métodos univariados), o si, por el contrario, la proximidad entre las estaciones, permite correlacionar varias estaciones (métodos multivariantes), (Barrera Escoda, 2004). Los métodos multivariantes, son más veraces y presentan mayor correlación con la realidad. Por lo cual, en este trabajo, se han usado los últimos cuando la laguna se producía en un momento temporal con valores en otras estaciones y los métodos univariados cuando la laguna no tenía este tipo de correlación.

Se ha usado el método univariado del «Criterio de las Diferencias». Que consiste en sustituir la falta de un registro mensual por el valor del mes anterior, añadiendo el valor medio de las diferencias entre el mes anterior y el mes en cuestión. Este método es de esperar que sea válido para series que presenten una alta autocorrelación, de manera que no es muy apropiado para la variable precipitación.

$$CD = x \pm (x \pm x_i)$$

Donde CD es el valor mensual obtenido por el Criterio de las diferencias, x es el valor mensual anterior a la laguna y x_i es el valor medio mensual del mes con laguna de datos.

El método multivariado usado, es el la «Combinación Lineal Ponderada» (CLP). Consiste en sustituir la falta de datos a partir de los datos de series vecinas. De tal manera, que cada dato incompleto se obtiene mediante la combinación lineal ponderada de los datos de las series que se van a utilizar para el completado. Dichos datos tienen, un peso en la CLP proporcional al coeficiente de correlación de Pearson con la serie incompleta, siempre que éste sea superior a un valor crítico aceptable. Así, para la precipitación, el valor que se suele escoger es entre: $0,7 < r < 0,8$. En cambio para la temperatura, se pueden escoger valores de $r > 0,8$; ya que suele presentar mayores correlaciones con estaciones vecinas. El número de series que se utilizan para el completado, suele estar entre cinco y dos (Barrera Escoda, 2004).

$$x(t) = \frac{r_1 \cdot x_1(t) + r_2 \cdot x_2(t) + r_3 \cdot x_3(t) + \dots}{r_1 + r_2 + r_3 + \dots}$$

Donde, en general: r_i es el coeficiente de correlación de Pearson entre la serie i -ésima y la serie incompleta y $x_i(t)$ es el valor del instante t de la serie i -ésima. El número de series que se utilizan para el completado es arbitrario en principio. El valor que se suele coger está en torno a cinco y nunca inferior a dos (Barreda Escoda, 2004).

Una vez se dispone de las series climáticas completas, se pasa a realizar un análisis, basado en interpretar las tendencias seguidas por las precipitaciones y temperaturas, a lo largo de los años de que dispone la serie. Debido al marcado carácter estacional del clima en la cuenca, las implicaciones de los cambios y tendencias, serán diferentes dependiendo de la estación del año. De manera, que se procede a realizar un análisis estacional de la evolución de las variables climáticas, basándose en la observación de las variaciones en la concentración estacional de precipitaciones y temperaturas y también, en el análisis de las tendencias de precipitación y temperatura a través de su cálculo por medio de una regresión lineal que corresponde a la siguiente expresión:

$$y = m \cdot x + b$$

Donde y es el valor de la recta, m es la pendiente de dicha recta y b es la intersección de dicha recta con el eje de las ordenadas.

Pero dada la gran dispersión de datos que presentan las variables estudiadas, la regresión lineal presenta una bondad de ajuste muy baja (dando R^2 muy bajos), por lo que sí, puede ser válida para dar una idea general de hacia donde tienden los datos, pero no para ilustrar periodos o ciclos concretos. Este tipo de información la ofrecen las regresiones polinómicas, las cuales suponen unos cálculos más complejos, pero en función del grado, presentan una alta correlación con la realidad y permiten observar distintos momentos o tendencias a lo largo de la serie. Por todo esto, se han usado regresiones polinómicas, que responden a la siguiente expresión y con un grado de 5 ó 6 y presentando siempre un R^2 por encima de 0,5.

$$y = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f$$

$$y = gx^6 + ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f$$

En donde « y » es el valor de la regresión, cuanto menores sean los coeficientes de los términos de grado par (6, 4, 2) y el término independiente y cuanto mayores sean los coeficientes de los términos de grado impar (5, 3), más grandes y mas pequeños serán los valores máximos y mínimos respectivamente, obteniendo una función mas variable u oscilante y f es el termino independiente de la función, donde la función corta el eje de las ordenadas.

Por otra parte y teniendo en cuenta que, las precipitaciones y temperaturas presentan una gran variabilidad en el clima mediterráneo semiárido, se ha efectuado una valoración de esta variabilidad a lo largo del periodo de estudio, calculando para ello el coeficiente de variación sobre medias móviles decenales, acumulando los valores anualmente, de manera que el pri-

mer valor corresponde a los primeros diez años de la serie y el siguiente a los diez años contados a partir del primer año, y así sucesivamente hasta completar todo el periodo de la serie.

El coeficiente de variación, ofrece un valor de variabilidad comparable entre los distintos observatorios. (Nogués Bravo y Saz Sánchez, 2000):

$$CV = \frac{s}{X}(100)$$

Donde CV, es el Coeficiente de variación de la muestra, s la desviación típica de la muestra y X la media de la muestra, multiplicando por 100 para expresar el valor porcentualmente.

Esta gran variabilidad señalada, supone que sobre le media de las variables estudiadas se produzcan importantes anomalías tanto en sentido positivo como negativo, siendo en definitiva la suma de estas anomalías el parámetro que define el comportamiento medio, de la variable. De modo, que es importante en los estudios de variabilidad temporal del clima, determinar el sentido y evolución de las anomalías tanto térmicas como pluviométricas.

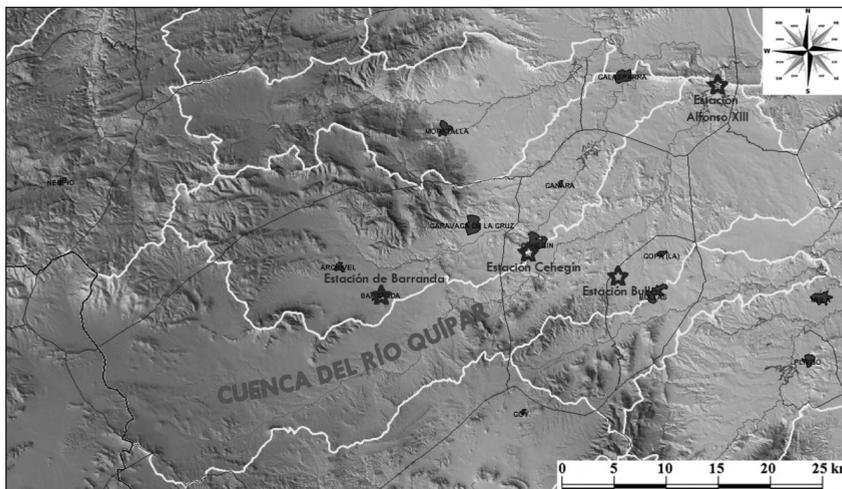
Más adelante, se establece una clasificación de las estaciones del año en función del sentido y magnitud de las anomalías. Así, se habla de estaciones muy frías, frías, normales, cálidas o muy cálidas en función de que en ese periodo de tiempo la temperatura esté comprendida entre unos umbrales de desviación sobre la media de dicha estación, y de épocas muy secas, secas, normales, húmedas o muy húmedas en el caso de las precipitaciones. El valor viene expresado como un porcentaje, producto de restar al valor medido la media de la estación, dividiendo el resultado por esa media y multiplicándolo por 100. De modo que, se presenta un valor positivo o negativo, que informa de en que porcentaje la temperatura o la precipitación ha sido superior o inferior a la media.

La caracterización climática de la cuenca estudiada, se realiza a través de cuatro observatorios: Calasparra-Embalse de Alfonso XIII, con datos pluviométricos de 1933 a 2008 y de temperaturas de 1940 a 2008; Cehegín-Los Rosales, con datos de precipitaciones de 1955 a 2008 y de temperaturas de 1975 a 2008; Bullas-Carrascalejo, con pluviometría datada de 1961 a 2008; y Barranda, con valores pluviométricos de 1967 a 2003, este en la próxima cuenca del Río Argos. Estos observatorios meteorológicos se encuentran distribuidos por la Cuenca (Fig. 3), a excepción del sector más occidental, carente de datos.

En el análisis de los datos de cada observatorio, todas las operaciones se realizan tanto para los valores medios anuales, como para cada época del año. Además, con las series completas de precipitaciones disponibles, se atribuye a cada dato mensual, el valor porcentual sobre el total anual, y así con todos los años, para al final establecer una media, del peso porcentual que cada mes tiene sobre el valor anual. Finalmente, se calcula esta media, también para los últimos 25 años, de esta manera, es posible apreciar si sé esta modificando el régimen de precipitaciones y con ello la disponibilidad de agua para la vegetación, cultivos y otras demandas y actividades humanas. Este mismo análisis se realiza para cada estación.

De todas las estaciones disponibles, la de Alfonso XIII es la que permite un estudio de mayor significación, ya que abarca un periodo de datos mayor. No obstante, todos los observatorios estudiados, poseen un registro de valores significativos con más de 30 años (Baddour y Kontongomde, 2007) tanto para las precipitaciones como para las temperaturas.

Figura 3
LOCALIZACIÓN DE LOS OBSERVATORIOS METEOROLÓGICOS



Fuente: Elaboración a partir del CHSIC.

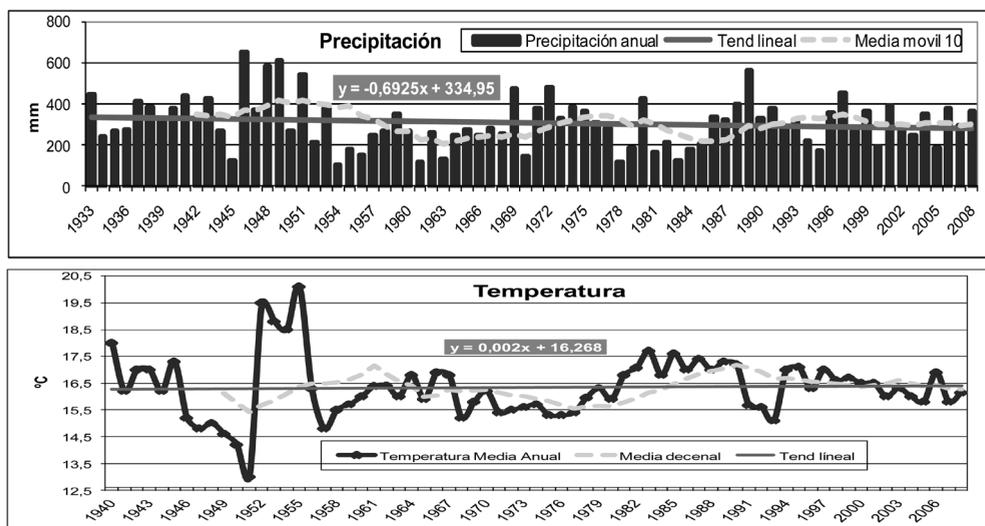
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Valores anuales de precipitación y temperatura

La evolución de las precipitaciones anuales en la cuenca, siguen una tendencia ligeramente descendente, pero con diferencias, ya que mientras que en las estaciones de Alfonso XIII (Fig. 4) y Barranda, esta tendencia es apreciable, en cambio en Bullas y Cehegín, parece que se produce un leve aumento. Si bien estas diferencias obedecen a la amplitud del periodo de datos y al peso que tienen en la regresión lineal los diversos periodos húmedos o secos. En cualquier caso, la amplitud de la serie de precipitaciones en el observatorio de Alfonso XIII, parece describir de una manera adecuada el comportamiento de las precipitaciones, en donde, siguen habiendo periodos húmedos, pero no tan pronunciados, como con anterioridad a 1950 (tampoco los años secos son tan secos desde 1983). Conviene destacar que se observan tres grandes periodos húmedos a lo largo de la serie, así como tres grandes ciclos secos.

Las temperaturas anuales, presentan una ligera tendencia a aumentar (Fig. 4), muy acentuada en el caso de Cehegín, debido en parte y como en el caso de las precipitaciones, a la influencia de los valores extremos en la regresión. Aun así, es destacable observar que en Cehegín, de los últimos 15 años, 10 tienen una temperatura superior a la media y de 1995 hasta 2008 se han registrado 8 de los 10 años más calurosos de la serie. En Alfonso XIII, de los últimos 15 años, 10 años tienen una temperatura superior a la media. No obstante, en el último lustro predominan valores anuales de temperatura inferiores a la media.

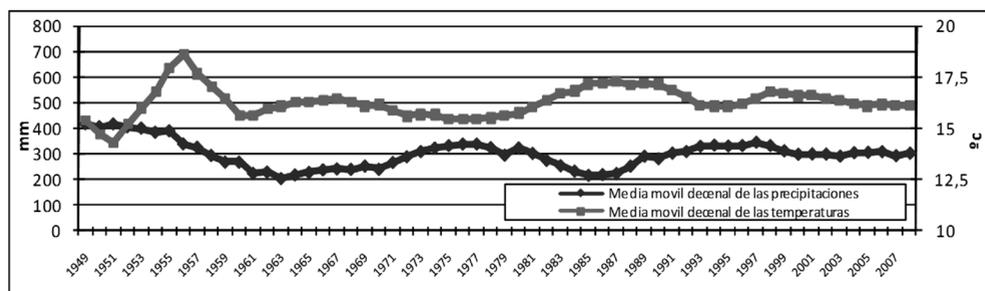
FIGURA 4
EVOLUCIÓN DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS EN ALFONSO XIII



En cuanto a la media móvil decenal (en la que cada valor anual viene definido por el promedio de la década anterior), esta vislumbra la presencia de ciclos de veinte años en las precipitaciones en del área de estudio, evidentes en todas las estaciones. La serie más larga de la Cuenca (Alfonso XIII), presenta tres de estos ciclos, el primero comienza con un mínimo en 1942, para llegar al máximo en 1951 y al otro mínimo en 1963, el siguiente ciclo (evidente ya en el resto de series), comienza en 1964, para alcanzar el máximo en 1977 y acabar en 1986, el tercer ciclo, comienza en 1987, alcanza el máximo en 1997 (dependiendo del observatorio meteorológico) y termina aproximadamente en el año 2003. En el caso de las temperaturas, la ausencia de datos en todas las estaciones excepto la de Alfonso XIII y Cehegín y el menor periodo que abarcan los mismos, dificultan una similar lectura, si bien, en Alfonso XIII, se dan forma dos ciclos de similar duración, el primero va de 1952 hasta 1975 con máximo en 1961 y el segundo (y de mayor analogía con las precipitaciones), de 1980 a 2001, con máximo en 1990. No obstante, el distinto periodo temporal que abarcan las medias móviles de las dos variables dificulta posibles comparaciones, de manera que si las medias se calculan para un mismo momento, se comprueba (Fig. 5) como se produce una gran correspondencia entre periodos húmedos y frescos y entre periodos secos y calurosos, especialmente a partir de 1960, lo que hace más severas a las sequías y su repercusión en los sistemas naturales y humanos. Esta relación entre precipitaciones y temperaturas, se reafirma realizando pruebas de ajuste para ver la dependencia entre estas dos variables. Así que, usando las medias móviles quinquenales (a fin de suavizar los valores extremos), los modelos de regresión lineal y polinómico corroboran esta relación inversa, con una bondad de ajuste aceptable (un R^2 de 0,25 para la regresión lineal y de 0,41 para la regresión polinómica de 6º), tratándose de variables a priori independien-

tes. Esta reiteración decenal, puede tener diversos orígenes, una de las hipótesis serían los ciclos solares, que con una periodicidad media de 10,6 años, parece tienen mucho que ver con el comportamiento de los climas mediterráneos (Quereda, et al, 2000).

Figura 5
COMPARATIVA DE LA MEDIA MÓVIL DECENAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN ALFONSO XIII



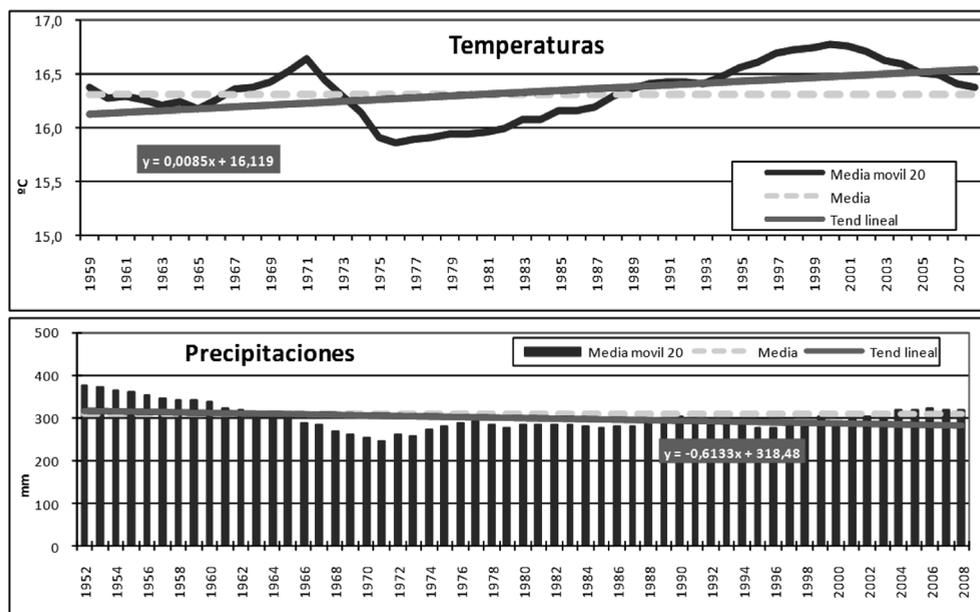
Merece una especial atención, el análisis de la evolución de las medias móviles bidecadales (en la que cada valor anual viene definido por el promedio de las dos décadas anteriores), ya que 20 años es un periodo de tiempo aceptable para determinar el comportamiento medio del clima de un determinado lugar y el uso de las medias móviles es una manera de suavizar la gran dispersión de datos de las precipitaciones y temperaturas y observar así la tendencia general y los ciclos. Para esto se han usado los valores del observatorio de Alfonso XIII (Fig. 6), por ser el que tiene un mayor registro de datos y representa más fielmente las condiciones de la cuenca, además está ubicado en un lugar alejado de toda influencia urbana.

La temperatura registra un marcado ascenso a lo largo de todo el periodo, si bien este ascenso presenta notables ciclos, de modo que, las décadas de los cuarenta y cincuenta del pasado siglo, presentan valores próximos a la media total (16,3 °C), aunque con una tendencia ascendente que culmina con el promedio de 16,6 °C que registra el veinteno de 1952 a 1971, para comenzar a descender hasta el mínimo de 15,9 °C de promedio registrado de 1961 a 1980, marcando estas décadas un periodo más fresco. Pero a partir de este momento comienza un continuado ascenso, que si bien en los últimos años parece estar bajando, siempre se ha mantenido por encima de la media.

Las precipitaciones por su parte, parece que describen un comportamiento más estable, especialmente a partir del veinteno de 1958 a 1977. Pero es destacable el periodo húmedo que suponen las décadas de 1930 y sobre todo 1940. De tal modo que, las medias móviles situadas entre 1933-1952 y 1943-1962, presentan valores superiores a la media (308 mm), siendo este un periodo húmedo en general, con la salvedad de periodos cortos secos, como el de 1954 a 1957. Pero, a partir de ese momento, comienza un descenso pluviométrico continuado hasta el mínimo que marca el promedio de 1952 a 1971, en donde el valor es más de 60 mm inferior a la media total, suponiendo este un periodo marcadamente seco. Desde esa

fecha, se produce una recuperación de los valores de manera lenta y con promedios siempre inferiores al promedio, hasta que a partir del veinteno de 1984 a 2003 los valores medios comienzan a ser superados tímidamente.

Figura 6
EVOLUCIÓN TÉRMICA Y PLUVIOMÉTRICA DE LAS MEDIAS MÓVILES BIDECADALES EN ALFONSO XIII

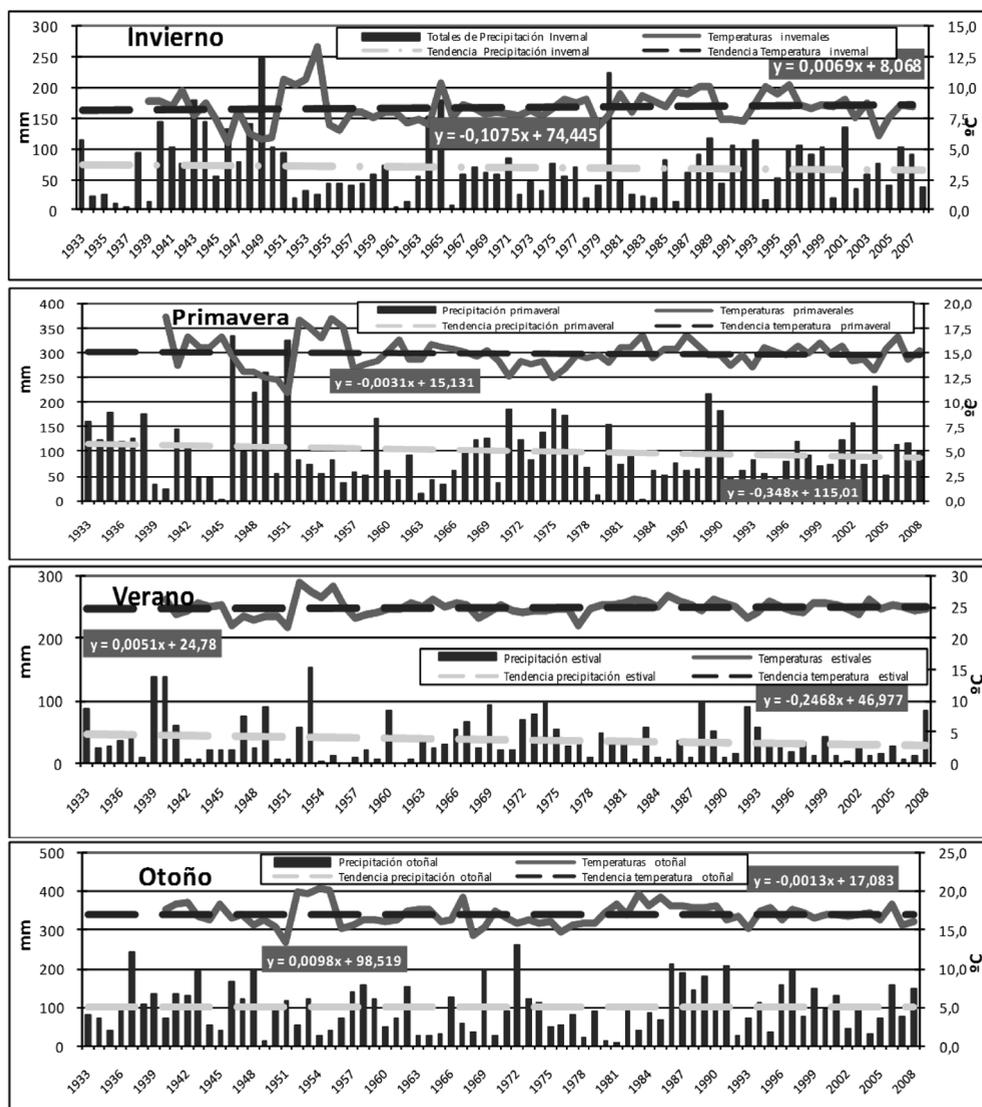


De esta manera, parece constatarse una cierta estabilidad en el comportamiento de las precipitaciones, a excepción de los marcados ciclos húmedo y seco de principios y mediados del periodo, respectivamente, por lo que no puede hablarse de un aumento o descenso claro en las precipitaciones anuales, si bien la tendencia lineal muestra un sesgo descendente de algo más de 30 mm de media total acumulada.

2. Valores y tendencias estacionales de precipitación y temperatura

Los valores medios anuales, dificultan el estudio de la relación de las precipitaciones con la temperatura y la percepción de las verdaderas repercusiones que tiene para las poblaciones los cambios en las principales variables climáticas. Siendo muy distintas las afecciones de un descenso de las precipitaciones estivales, cuando mayores demandas hídricas hay, que en invierno cuando las demandas se reducen. Problema que puede verse incrementado si se produce un aumento en las temperaturas estivales. Basta con tener en cuenta, que el mes de julio es el de menores precipitaciones y mayor temperatura media, así como el de mayor demanda de agua para los cultivos (CHS, 1997).

Figura 7
DINÁMICA DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS ESTACIONALES EN ALFONSO XIII



Comenzando con el invierno, la temperatura media en la cuenca es de 8,3 °C. No se observa una tendencia significativa en su evolución, aunque conviene decir que en Alfonso XIII (Fig. 7), nueve de los últimos quince inviernos, han sido más cálidos que la media, valor que aumenta hasta diez en el caso de Cehegín. Las precipitaciones invernales por su parte, que suponen una media de 86,3 mm anuales en la cuenca (un 24% del total), muestran un

notable aumento en todas las estaciones excepto en la de Alfonso XIII, donde se reducen levemente, en cualquier caso en todas las estaciones los últimos inviernos están siendo considerablemente más húmedos que la media. Así, parece que se está produciendo un incremento del peso de las precipitaciones invernales, sobre los totales anuales, de esta manera y al contrario del fenómeno observado en el interior de la Comunidad Valenciana (Estrela *et al.* 2004), parece que las precipitaciones ligadas al frente Atlántico, están cobrando importancia en la cuenca, ya que el invierno esta aumentando su peso proporcional y total en las precipitaciones.

La primavera tiene una temperatura media de 14,6 °C. Manteniéndose prácticamente estables a lo largo del periodo en Alfonso XIII (Fig. 7), en cambio en Cehegín se produce una marcada tendencia ascendente. Ya que mientras que en Alfonso XIII de los últimos quince años, ocho están sobre la media, en Cehegín este valor asciende a once. Las precipitaciones primaverales representan, con sus 106,9 mm de media, un 30,3% de las precipitaciones totales en la cuenca. En su comportamiento, destaca una cierta reducción de las mismas en las estaciones de Alfonso XIII (Fig. 7) y Barranda, pero no en Bullas y Cehegín, donde parece evolucionar positivamente. Aun así, y en todos los casos, de las últimas quince primaveras, nueve han estado pluviométricamente por debajo de los valores medios.

En el verano las temperaturas, con una media de 24,9 °C, parecen estables en Alfonso XIII (Fig. 7), pero aumentan considerablemente en Cehegín, lo que se evidencia, al tener en cuenta que de los últimos quince veranos, nueve están por encima de la media en Cehegín, mientras que en Alfonso XIII, solo siete. Pero el hecho más destacable, es la pronunciada tendencia descendente de las precipitaciones (Fig. 7) en todas las estaciones analizadas, y especialmente en Barranda y Cehegín. De manera que, nueve de los últimos quince veranos han sido más secos que la media de la Cuenca. Esto supone una importante disminución de las lluvias estivales, con las consecuentes repercusiones asociadas. Máxime teniendo en cuenta que, el verano es la estación más seca, ya que con sus 44,2 mm de media, solo representa el 12,5% de la precipitación anual.

La estación otoñal, parece la más estable de todas, tanto en cuanto a las precipitaciones como a las temperaturas, puesto que ambas variables permanecen aparentemente inmutables en el tiempo. La media otoñal es de 16,8 °C, sigue una evolución prácticamente lineal (Fig. 7), de manera que en los últimos quince años, se producen similares anomalías térmicas positivas y negativas, respecto a la media. El otoño es la estación más lluviosa en la cuenca, ya que sus 117,4 mm de media anual, representan el 33,1% de las lluvias totales. Las precipitaciones, se mantienen estables o levemente al alza. No obstante, esta estabilidad o leve aumento, suponen que en un contexto generalizado de descenso de las precipitaciones, el otoño aumente su importancia como estación más lluviosa.

3. Variabilidad y estacionalidad de las anomalías térmicas y pluviométricas

Como se ha señalado con anterioridad, uno de los hechos más destacables de los climas mediterráneos es su gran variabilidad, la cual se hace que evidente en un estudio estacional e interanual, de modo que los valores de las variables climatológicas presenten una gran dispersión, siendo muy frecuente la presencia de datos alejados de las medias, incluso pudiendo decirse que esa inestabilidad define mejor a los climas mediterráneos, que los respectivos

valores estadísticos medios. Por lo tanto, un estudio evolutivo y estacional de las anomalías permite entender correctamente el comportamiento de estos climas y las posibles variaciones que puedan sufrir.

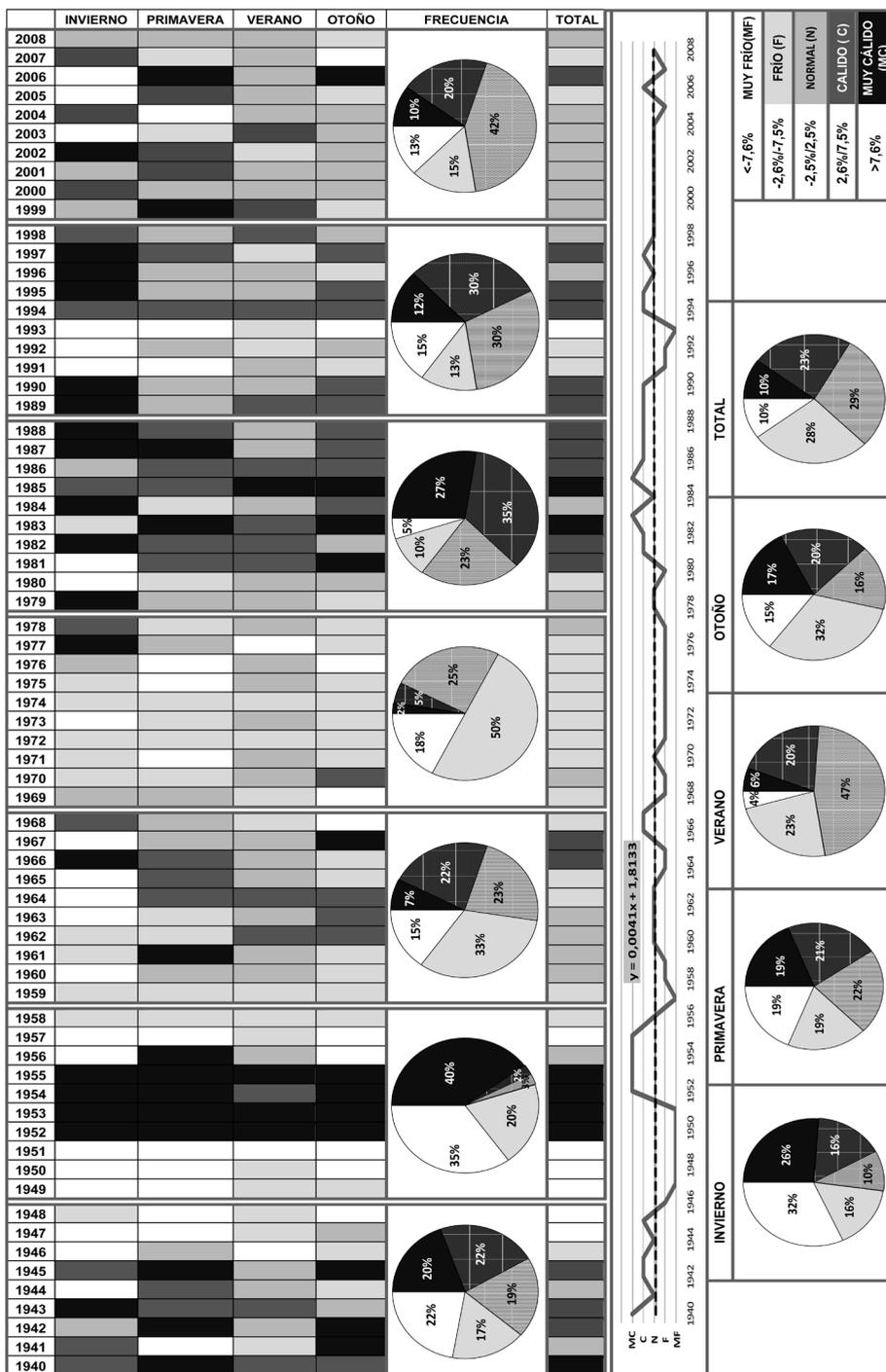
Las figuras 8 y 9 presentan en primer término una tabla con la serie total de años disponibles, divididos en estaciones, en donde cada casilla tiene una categoría (*muy frío, frío, normal, cálido y muy cálido* para las temperaturas; y *muy seco, seco, normal, húmedo y muy húmedo* para las precipitaciones). A su vez, se realiza un estudio por periodos decenales, completado con un gráfico circular que informa del porcentaje de estaciones que en ese decenio presenta una u otra clase. Posteriormente, se presenta un resumen del total anual y un gráfico con la tendencia lineal seguida a lo largo de todo el periodo, así como gráficos circulares para informar de la categorización de cada estación del año. Los datos son referidos al observatorio de Alfonso XII por ser el que mayor registro de datos posee y una mayor representatividad del clima de la cuenca.

Con las temperaturas (Fig. 8), cabe destacar la inestabilidad de las primeras décadas, con un periodo cálido entre 1940 y 1945, siguiendo uno muy frío de 1946 a 1951, para posteriormente entrar en una etapa muy cálida, la más calurosa de la serie y que afectó a todas las estaciones, de 1952 a 1955. Así en el decenio comprendido entre 1949 y 1958, apenas un 3% de las estaciones tiene una temperatura considerada normal. La década siguiente es menos variable, a excepción de unos inviernos muy fríos. Continuado en el periodo frío de gran duración de 1968 a 1980, en el que sobresale, la menor temperatura de las primaveras. Así, la mitad de las estaciones del decenio de 1969 a 1978 son frías y casi un 20% muy frías. Pero a partir de 1980 se entra en una etapa cálida de gran duración, en donde sobresale el hecho de que los otoños y especialmente los inviernos, sean mucho más calurosos de lo normal (a excepción de 1991 a 1993). De este modo, en el decenio de 1979 a 1988 casi el 70% de las estaciones son cálidas o muy cálidas y solo el 15% frías o muy frías, en el siguiente decenio esta cifra sigue siendo favorable a las estaciones anómalamente calurosas (casi el 45% del total), aunque cobran peso los periodos normales. Esta fase continúa hasta 1998, para entrar en una etapa más reciente en donde sobresale la normalidad térmica. Así, parece producirse un descenso de la variabilidad térmica, también apreciable en el caso de las precipitaciones. De tal modo que, en los últimos diez años más del 40% de las estaciones están consideradas como normales, cifra superior a la de cualquier decenio anterior.

Estacionalmente, casi una tercera parte de los inviernos son muy fríos, pero también una cuarta parte son cálidos, es por lo tanto, una estación muy variable con tan solo un 10% de los valores dentro de la normalidad. La primavera arroja un saldo más equilibrado y el verano presenta casi la mitad de los valores próximos a la media y solo un 4% y un 6% de los veranos son relativamente frescos y muy cálidos, respectivamente, presentando de este modo un comportamiento más estable que el resto de estaciones. Por último, el otoño presenta un comportamiento más variable, siendo casi un 30% fríos, si bien una cifra similar arroja los valores normales.

No se puede decir que haya aumentado la frecuencia de las estaciones cálidas o frías, pero es destacable el hecho de que la tendencia lineal anual muestre un ligero aumento hacia valores más cálidos, en consonancia con el resto de análisis realizados. Además es ciertamente preocupante, la persistencia de unos inviernos más cálidos o en cualquier caso con una mayor variabilidad, siendo cada vez más frecuentes los años sin invierno térmico.

Figura 8
VARIABILIDAD Y ESTACIONALIDAD DE LAS ANOMALÍAS TÉRMICAS EN ALFONSO XIII



Las precipitaciones en la cuenca presentan los siguientes rasgos. Los primeros veinte años de la serie se caracterizan por ser un periodo húmedo, especialmente los años muy húmedos de 1946 a 1951, de este modo, casi un tercio de las estaciones del decenio de 1939 a 1948 son muy húmedas y más de un 15% húmedas, aunque también, una cuarta parte son secas, por lo que el periodo se caracteriza por una gran variabilidad dentro de contexto de mayor humedad. La década de los cincuenta del pasado siglo, a pesar de comenzar con unos años húmedos, se caracteriza por la sequedad, con casi la mitad de las estaciones de 1949 a 1958 consideradas secas y casi una quinta parte muy secas, siendo este déficit pluviométrico más notable en los inviernos y sobre todo en los veranos. Los años sesenta son más estables, aunque domina claramente la sequedad, pues más de la mitad de las estaciones son secas o muy secas. De modo que, se suceden casi dos décadas deficitarias en precipitaciones, para entrar en los setenta en un periodo menos variable y ciertamente húmedo, en donde destacan unos veranos y primaveras muy húmedos, si bien la sequía domina también en una cuarta parte de las estaciones. El decenio siguiente (de 1979 a 1988) es seco, especialmente los veranos y primaveras, pero también los inviernos, siendo este decenio junto con el de 1949 a 1958 el más seco de la serie con más de la mitad de las épocas secas o muy secas. Los últimos veinte años son más estables, descendiendo el número de estaciones muy secas, aunque las secas suponen una tercera parte, y aumentando las estaciones consideradas normales, pero también el de las húmedas. Se da forma así, a un decenio de 1989 a 1998 considerado más húmedo que sus predecesores, debido a la mayor pluviosidad de los inviernos.

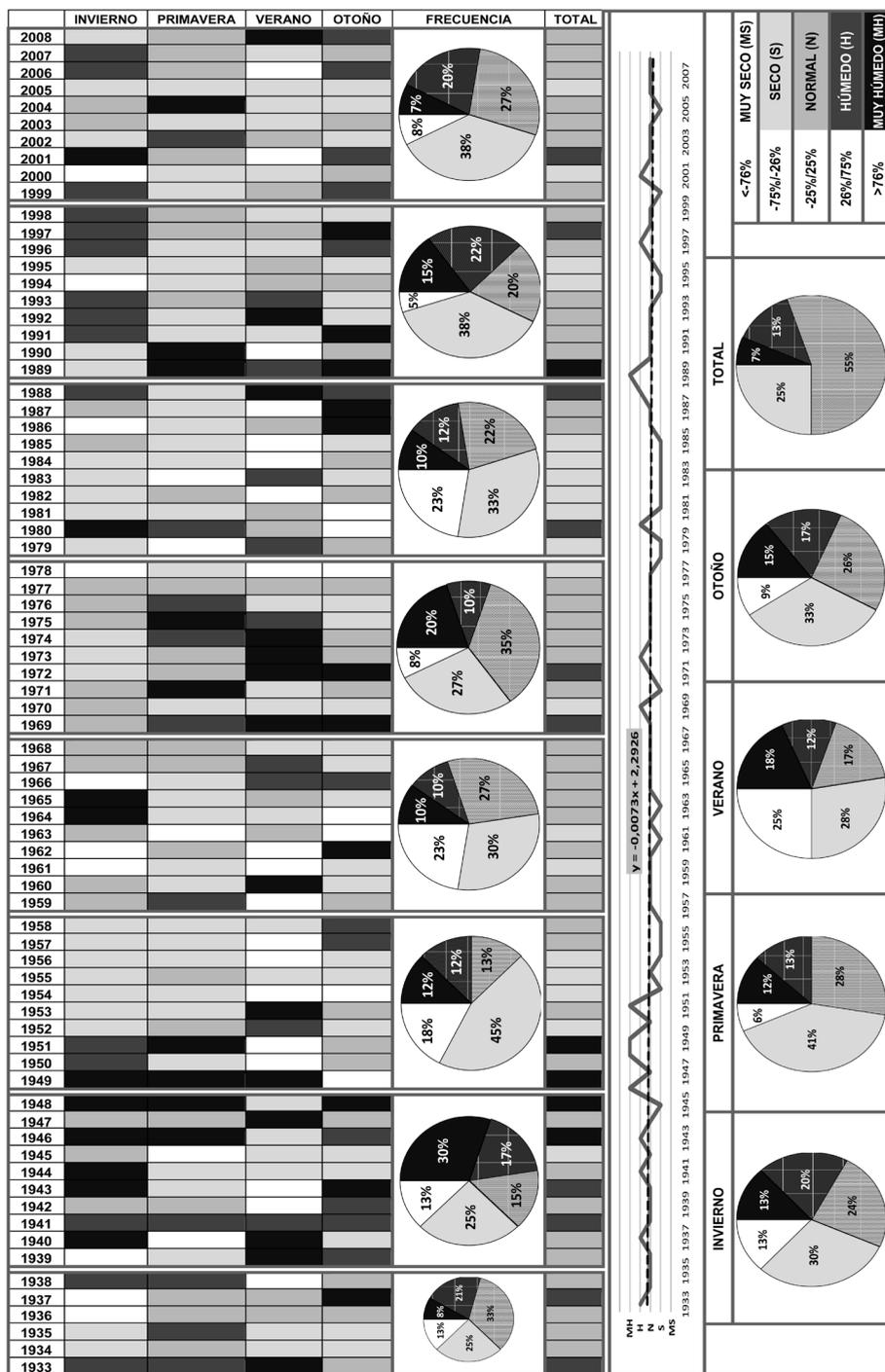
Estacionalmente, los inviernos y los otoños se comportan de un modo similar, siendo una tercera parte de estas estaciones secas, una cuarta parte normales y en conjunto una tercera parte, húmedas o muy húmedas, por lo que configuran las estaciones más estables dentro de la gran variabilidad manifiesta. Las primaveras presentan un comportamiento distinto, ya que casi la mitad son secas, una cuarta parte húmedas o muy húmedas y el resto normales, así la primavera presenta una mayor estabilidad, de la cual adolece el verano. Esta es la estación más irregular y sobre todo seca, siendo una 1/4 de los veranos muy secos y casi un 30% secos. Pero, también son frecuentes los veranos relativamente húmedos (lo cual resulta lógico al comprobar el bajo valor de su media), con casi 1/5 y escasos los normales (17%).

Estos valores concuerdan con el comportamiento estacional esperado, con unos inviernos y otoños más regulares y húmedos y unos veranos irregulares y secos, caracterizados por una fuerte tensión hídrica, acusados estiajes en los cursos fluviales y alguna esporádica tormenta.

En general, no se puede decir que se tienda hacia una mayor o menor humedad, si bien es cierto que la tendencia concuerda con los otros análisis, marcando un cierto sesgo hacia el aumento de los años secos o muy secos.

Conviene señalar que, el periodo más húmedo de la serie (de 1946 a 1951) coincide con el más frío (de 1946 a 1951), esta correspondencia, señalada con anterioridad, entre anomalías térmicas negativas y pluviométricas positivas y viceversa, se sucede a lo largo de casi toda la serie (en los años setenta un periodo húmedo coincide con uno frío y en los ochenta uno seco concuerda con uno cálido, etc.).

Figura 9
VARIABILIDAD Y ESTACIONALIDAD DE LAS ANOMALÍAS PLUVIOMÉTRICAS EN ALFONSO XIII



4. Evolución de la variabilidad pluviométrica estacional

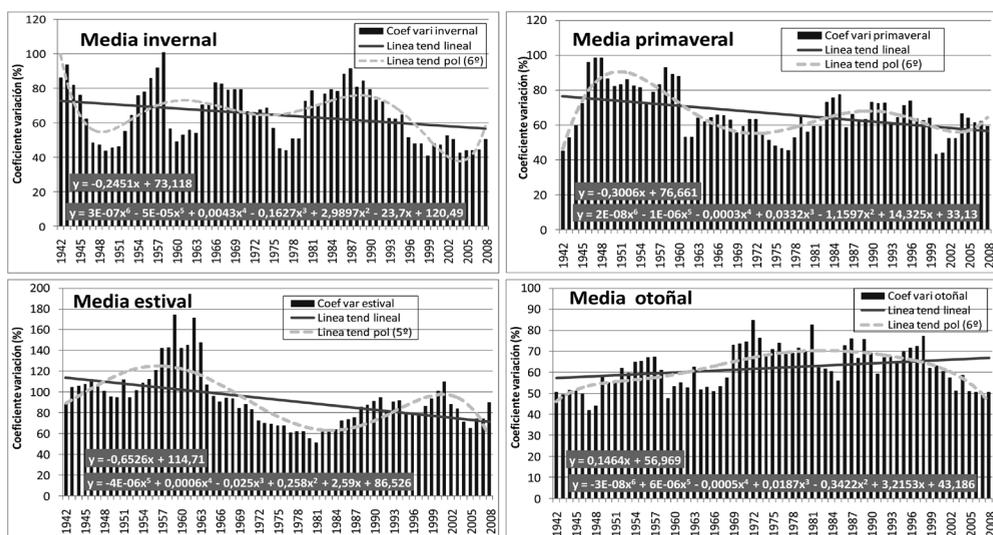
El análisis de la variabilidad estacional es fundamental para un posterior estudio de las disponibilidades hídricas y para predecir riesgos asociados a la intensidad de los periodos de sequía o lluvias torrenciales. En este sentido se aprecia, que al contrario de algunas predicciones y estudios en el dominio mediterráneo español (Estrela *et al.* 2004), en la cuenca del Río Quípar se está produciendo una evidente reducción de la variabilidad pluviométrica sobre medias móviles decenales (Fig. 10). Estacionalmente, la mayor reducción se produce en el verano, seguido de la primavera y el invierno, por el contrario en el otoño la variabilidad aumenta, si bien en los últimos diez años presenta un comportamiento ciertamente descendente.

La mayor variabilidad otoñal, es más significativa, si cabe, que las tendencias en el resto de estaciones, ya que es la estación más lluviosa, con más de una tercera parte del total de las precipitaciones. De modo que, este aumento de la variabilidad, bien podría deberse a un comportamiento más irregular interanualmente de los episodios de DANA, con una mayor actividad de estos, lo que repercute en que en algunos otoños se produzcan totales estacionales muy por encima de la media, en contraposición con otoños en los que estas depresiones no dejen notar sus efectos. No obstante, el otoño es la estación más regular en su comportamiento pluviométrico.

De esta manera, parece que a grandes rasgos las precipitaciones en la cuenca son más estables, presentando valores anuales más próximos a la media, disminuyendo de este modo, la agresividad de las grandes sequías y también de los episodios torrenciales.

Figura 10

EVOLUCIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD DE PRECIPITACIONES SOBRE MEDIAS MÓVILES DECENALES, EN LA CUENCA DEL RÍO QUIPAR



Este fenómeno a priori puede resultar beneficioso, y efectivamente lo es en cuanto a las afecciones de las sequías y a la amenaza de inundaciones, pero este último hecho conlleva una contrapartida en cuanto a los fenómenos lluviosos de alta energía, ya que al reducirse su intensidad, se ve afectada la escorrentía y por lo tanto, disminuye la posibilidad de almacenamiento de agua en el embalse de la cuenca. Suceso que, afecta a la disponibilidad directa de agua para los distintos usos. Por otro lado, la menor intensidad de las lluvias y generación de escorrentía, repercute en unas tasas de erosión de suelo más reducidas.

En definitiva, este descenso de la variabilidad sobre medias móviles, es susceptible de provocar una reducción de las disponibilidades hídricas en la cuenca del río Quípar, constatadas por otra parte, a partir de los años ochenta del siglo XX, momento a partir del cual se produce una drástica reducción de los caudales en los principales ríos y manantiales de la Cuenca del Segura (Fernández y Esteve, 2002), siendo importante destacar que es precisamente a partir de este mismo periodo, donde empieza a hacerse más evidente la disminución de la variabilidad.

5. Cambios en el régimen de precipitaciones y temperaturas

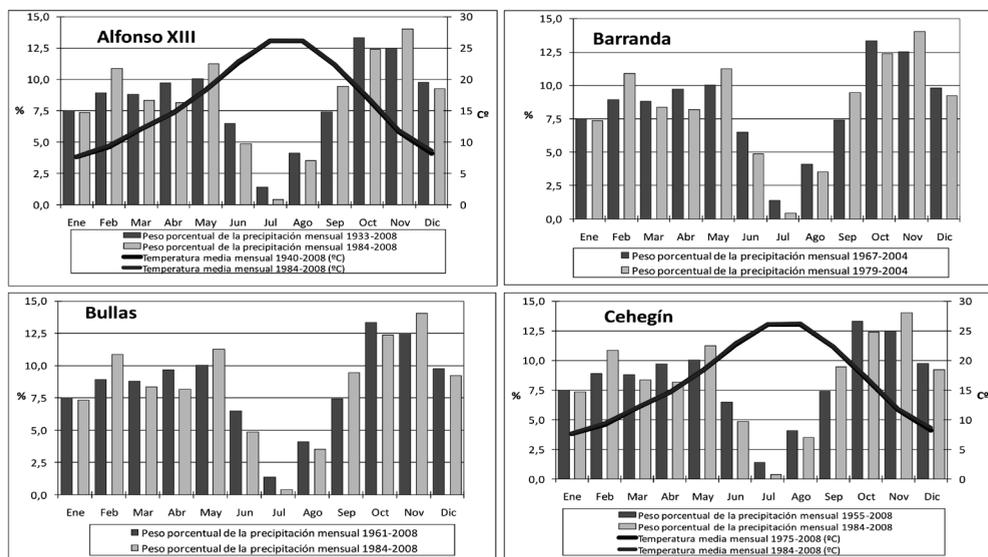
Las precipitaciones en la cuenca del Quípar, presentan una tendencia anual, estable o ligeramente descendente, mientras con las temperaturas ocurre lo contrario, ya que se denota cierto sesgo creciente. Pero lo más importante de todo, es que se produce una marcada tendencia descendente de las precipitaciones estivales en todo el territorio, perdiendo peso pluviométrico con respecto a otras estaciones, lo que efectivamente se ve de manera clara, al observar la figura 11, que refleja el peso porcentual de cada mes sobre el total de la pluviosidad anual.

En todos los casos, en los últimos veinticinco años se ha producido una disminución porcentual de las precipitaciones en los meses de junio y julio, y también de agosto en los casos de Cehegín, Bullas y Barranta. Época en la que se dan las mayores temperaturas y las plantas necesitan más aportes hídricos. Por otra parte, en los cuatro observatorios, aumenta la importancia de las lluvias en febrero, mayo y septiembre, mientras que disminuye en abril.

Paralelamente, las temperaturas de los últimos veinticinco años, presentan en todos los meses estabilidad o aumento respecto a los valores medios, destacando que este aumento es mayor en los meses centrales del año, especialmente en verano, precisamente, periodo en el que se produce una mayor pérdida de precipitaciones, de manera que tanto en Cehegín, los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, tiene una temperatura 0,3°C superior en los últimos veinticinco años y en Alfonso XIII, junio, agosto y septiembre un temperatura 0,2°C superior. Destacar que en este observatorio, febrero y octubre tienen una media de los últimos años 0,3°C superior, valor que asciende a 0,4 en diciembre. Esto también confirma la hipótesis, señalada anteriormente de una relación inversa entre las precipitaciones y las temperaturas.

Estos valores, suponen un evidente cambio en el régimen pluviométrico de la cuenca estudiada, ya que, el verano reduce sensiblemente la cantidad proporcional de precipitaciones, y en menor medida la primavera, mientras que el invierno y especialmente el otoño aumentan notablemente su peso en las precipitaciones totales.

Figura 11
EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL MENSUAL DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS EN LA CUENCA DEL RÍO QUIPAR



VII. CONCLUSIONES

Los resultados anteriores conllevan unas repercusiones, tanto para el medio natural, como para el medio social, de la cuenca del río Quípar. Por un lado, no se puede constatar una evidente variación en las temperaturas y precipitaciones en el territorio, en cuanto a sus valores totales, aunque si se aprecia una significativa tendencia de reducción de las precipitaciones estivales, seguida de un leve aumento de las temperaturas, así como un cambio en el régimen estacional de estas variables, además de una considerable reducción de la variabilidad sobre medias móviles decenales. Cabe añadir que, todos los análisis de tendencia, muestran que las temperaturas están experimentando una tendencia ascendente y las precipitaciones, descendente.

Estos cambios se hacen evidentes analizando el comportamiento estacional del clima. Confirmando la reducción acentuada de las precipitaciones en el final de la primavera y primeros meses estivales, y el aumento moderado de las temperaturas. Fenómenos constatados en otros estudios y áreas del interior español (MMA., 2007; Del Río, *et al.*, 2010) y a través de modelos climáticos (Cubasch, *et al.*, 1996), en donde la mayor reducción se prevé en la primavera. Algunos trabajos (Ruiz de Elvira, 2009) evidencian una disminución de las precipitaciones de 88 litros en 48 años, lo que supone una reducción del 18% de lluvia total en España. También se intuye una mayor persistencia de los inviernos cálidos, siendo cada vez más frecuentes los «años sin invierno térmico».

Por otro lado, en el comportamiento de las precipitaciones y temperaturas en la cuenca del Quípar, se puede constatar que cuando se producen periodos cálidos las precipitaciones se

reducen y durante los periodos más fríos las precipitaciones aumentan, lo que añade severidad a las sequías. Además, el descenso del coeficiente de variabilidad, especialmente acentuado en verano, expresa una variación acentuada en el comportamiento de las precipitaciones.

Todo esto tiene una serie de repercusiones, tales como la alteración en el uso del suelo, contaminación, aumento de las demandas hídricas, etc. Para los recursos hídricos, la primera repercusión es una reducción de las escorrentías y de las aportaciones de los cursos de agua, una menor disponibilidad de agua embalsada y por lo tanto un descenso en la disponibilidad del recurso. El aumento de las temperaturas estivales, produce un incremento de la evapotranspiración aumentando las demandas de riego de los cultivos, se produce una reducción del aporte natural de agua, cuando las plantas soportan un mayor estrés hídrico, el cual también se ve incrementado. Así que, en la medida en que la agricultura, no se adapte a esta nueva situación, seguirán incrementándose las demandas hídricas, tanto por unidad de cultivo, como las demandas totales, ya que, con un aumento de la población se extiendan los actuales hábitos de consumo, no reduciéndose las demandas de productos agrícolas.

Este panorama, supone nuevos horizontes de gestión del agua, y es motivo de numerosos proyectos multidisciplinarios (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; Protocolo de Kioto; Cambio climático, energía y alimentos de la FAO.; Acción por el Clima de la Comisión Europea; Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia Horizonte 2007- 2012 -2020, etc.) que suponen la intervención y el esfuerzo de todos los agentes sociales.

Por todo esto, son necesarias medidas de adaptación, a corto y largo plazo, concebidas dentro las políticas planificadoras, de esta manera, la premura con que se acometa una adecuación es fundamental, ya que puede disminuir significativamente la vulnerabilidad a los impactos y riesgos derivados (MMA, 2007). En definitiva, las variaciones recientes en el régimen de precipitación y temperaturas en la Cuenca del Río Quípar, suponen nuevos retos de adaptación de los sistemas naturales y socioeconómicos a unas nuevas condiciones, en el marco del cambio global que se está profundizando.

VIII. REFERENCIAS

- BADDOUR, O. y KONTONGOMDE, H., Eds. (2007): *Función de las normales climatológicas en un clima cambiante*. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, marzo de 2007, p. 43.
- BARRERA ESCODA, A. (2002): *Técnicas de completado de series mensuales y aplicación al estudio de la influencia de la NAO en la distribución de la precipitación en España*. Trabajo para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados (DEA). Programa de doctorado de Astronomía y Meteorología (Bienio 2002-2004). Universidad de Barcelona. Departamento de Astronomía y Meteorología, p. 96.
- BATES, B.C., KUNDZEWICZ, Z.W., WU, S., PALUTIKOF, J.P., Eds. (2008): *El Cambio Climático y el Agua*. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, p. 224.
- BOTZEN, W., VAN DEN BERGH, J., BOUWER, L. (2009): Climate change and increased risk for the insurance sector: a global perspective and an assessment for the Netherlands. *Natural Hazards*. Vol. 52, Number 3 / marzo de 2010, pp. 577-598.

- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA (1997): *Plan Hidrológico de la cuenca del Segura. ANEJO 3: Demanda agraria. CHS.*
- CUBASCHLL, U., VON STORCH, H., WASZKEWITZL, J. y ZORITA, E. (1996): Estimates of climate change in Southern Europe derived from dynamical climate model output. *Climatic Research*, Vol. 7, pp. 129-149.
- DEL RÍO, S., HERRERO, L., FRAILE, R., PENAS, A. (2010): Spatial distribution of recent rainfall trends in Spain (1961-2006). *International Journal of Climatology*. Publicación online, 1 de Marzo de 2010, p. 12. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.2111/pdf>>
- FERNÁNDEZ, J. M., y ESTEVE SELMA, M. A. (2002): Sequía estructural y algunas externalidades ambientales en los regadíos de la cuenca del Segura. *Ingeniería del agua* vol. 7 n° 2 Junio de 2000, pp. 165-172.
- GILES, J. (2002): Scientific uncertainty: When doubt is a sure thing. *Nature*, N° 418, pp. 479-478.
- HOUGHTON, J. (2008): Meetings that changed the world: Madrid 1995: Diagnosing climate change. *Nature*. N° 455, pp. 737-738.
- KITCHER, P. (2010): The Climate Change Debates. *Science*. Vol. 328, pp. 1230-1234.
- KUNDZEWICZ, A., ULBRICH, U., BRÜCHER, T., GRACZYK, D., KRÜGER, A., LECKEBUSCH, G., MENZEL, L., PIŃSKWAR, I., RADZIEJEWSKI, M., SZWED, M. (2005): Summer Floods in Central Europe – Climate Change Track. *Natural Hazards*, Vol. 36, Numbers 1-2 / September de 2005, pp. 165-189.
- MILLY, P. C. D., WETHERALD, R. T. y DUNNE, K. A., DELWORTH, T. L. (2002): Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature* N° 415, pp. 514-517.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2007): *El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático: El cambio climático en España. Estado de situación documento resumen noviembre de 2007*. Ministerio de Medio Ambiente, p. 50.
- MIRÓ, J.J., ESTRELA, M.J., PASTOR, F., MILLÁN, M. (2004): Precipitaciones por frentes atlánticos en la Comunidad Valenciana: cambios y tendencias en las últimas décadas. *Ponencia XXVIII Jornadas Científicas de la AME (BADAJOZ) 2004*, p. 8.
- MONTÓN CHIVA, E. y QUEREDA SALA, J. (1997): *¿Hacia un cambio climático?: La evolución del clima mediterráneo desde el siglo XIX*. Castellón: Fundación Davalos-Fletcher, 1997, p. 520.
- NOGUÉS BRAVO, D. y SAZ SÁNCHEZ, M. A. (2000). La variabilidad pluviométrica en Aragón: Cartografía del coeficiente de variación de la precipitación total anual y estacional en el periodo 1961-1990. En UBIETO, Agustín (ed.). *Estudios sobre Aragón en el umbral del siglo XXI: III Jornadas de Estudios sobre Aragón en el umbral del siglo XXI*. Zaragoza: Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Zaragoza, 2001; pp. 825-842.
- QUEREDA SALA, J., MONTON CHIVA, E., ESCRIB BARBERÁ, J. (2000): La evolución de las precipitaciones e la cuenca occidental del Mediterráneo: ¿tendencias o ciclos? *Investigaciones Geográficas*, N° 24/julio-diciembre 2000. Universidad de Alicante, pp. 17-35.
- ROMERO DÍAZ, A., MARTÍNEZ LLORIS, M., BELMONTE SERRATO, F. (2005): Erosión en cauces afectados por obras de corrección hidrológica (Cuenca del Río Quípar, Murcia). *Papeles de Geografía*, N° 41-42, pp. 71-84.

- ROSENZWEIG, C., KAROLY, D., VICARELLI, M., NEOFOTIS, P., WU, Q., CASASSA, G., MENZEL, A., ROOT, T., ESTRELLA, N., SEGUIN, B., TRYJANOWSKI, P., LIU, C., RAWLINS, S., IMESON, A. (2008): Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* N° 453, pp. 353-357.
- RUIZ DE ELVIRA SERRA, A. (2009): Cambio climático en España: problemas y soluciones. *La situación del mundo: informe anual del Worldwatch Institute sobre progreso hacia una sociedad sostenible*, pp. 319-347.
- SÉLLER, K.; YOHE, G., SCHLESINGER, M. (2007): Managing the risks of climate thresholds: uncertainties and information needs. *Climatic Change*. Vol. 91, Numbers 1-2 / noviembre de 2008, pp. 5-10.
- VÁZQUEZ ABELEDO, M. (2006): *La historia del sol y el cambio climático*. McGraw-Hill Interamericana de España, p. 512.
- WIGLEY, T. M. L. (2009): The effect of changing climate on the frequency of absolute extreme events. *Climatic Change*. Vol 97, Numbers 1-2 / noviembre de 2009, pp. 67-76.

