

# EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS DE LA PRECIPITACIÓN ESTACIONAL EN LA CUENCA DEL GUADALENTÍN (MURCIA-ALMERÍA). POSIBLES EFECTOS EN LA PRÁCTICA AGRÍCOLA DE SECANO\*

Ramón García Marín\*\*  
*Universidad de Murcia*

## RESUMEN

Hoy día, al analizar cualquier elemento climático en una región, se hace indispensable la consideración de posibles cambios en el futuro. Este estudio muestra la evolución y tendencias de las series pluviométricas estacionales de larga duración en ocho de los observatorios más representativos de la cuenca del Guadalentín, provincias de Murcia y Almería (Sureste de España), así como sus efectos potenciales sobre determinados cultivos de secano característicos de dicho territorio.

Para el desarrollo de este trabajo se ha creado una base de datos homogeneizada de la precipitación mensual, aplicando un control de calidad con el propósito de localizar posibles errores. Los resultados obtenidos tras estimar la tendencia de la precipitación a largo plazo reflejan un descenso de las precipitaciones equinociales en la mayor parte de los casos analizados y un ligero incremento en la estación invernal. Estas tendencias y los pronósticos previstos por los modelos no son muy halagüeños para los agricultores que mantienen aprovechamientos agrícolas de secano.

**Palabras clave:** Precipitación estacional, tendencias, cuenca del Guadalentín, efectos agrícolas potenciales.

## ABSTRACT

Nowadays, on having analyzed any climatic element in a region, it becomes indispensable to consider the possibility of current and future changes. This paper shows the evolution and trends of the seasonal pluviometric series with long duration in eight representative observatories of the Guadalentín basin (South-east Spain), as well as its potential effects on certain cultures of dryness typical in this area.

\* Fecha de recepción: 12 de junio de 2006.

Fecha de aceptación y versión final: 18 de diciembre de 2006.

Departamento de Geografía. Universidad de Murcia. Campus de La Merced. 30001 MURCIA (España). E-mail: [ramongmtSnm.es](mailto:ramongmtSnm.es)

Nimbus, n° 17-18, ISSN 1139-7136, 2006, 43-65

First, a homogenized data base of monthly rainfall has been created, applying a quality control in order to identify possible mistakes. The results obtained after estimating the pluviometric trends in the long term reflect a decrease of the equinoctial rainfalls in the majority of analyzed cases and a light increase on the winter season. Such trends and the predictions foreseen by the models are not very pleasing for the farmers who support agricultural uses of dryness.

**Key words:** Seasonal rainfall, pluviometric trends, Guadalentin basin, potential agricultural effects.

## INTRODUCCIÓN

Cuestión de gran actualidad, que centra la atención e interés no sólo de quienes la investigan, sino también de los medios de comunicación y del público en general, es el de un hipotético cambio climático por la potenciación del efecto invernadero a causa de la actividad humana. Cualquier fenómeno atmosférico más o menos infrecuente suele imputarse a dicho cambio; así, y debido a la situación de encrucijada climática que ocupa la Península Ibérica en su conjunto, con ubicación meridional y periférica en la zona de circulación general del oeste, sequías intensas y prolongadas, junto con episodios de lluvias torrenciales, son habituales y consustanciales a las características climáticas de este país, sobre todo del SE español.

Actualmente, nadie puede concluir con datos suficientes que nos hallamos ante una fase de cambio climático y, menos aún, responsabilizar al ser humano de éste, a pesar de la certeza de las repercusiones negativas de su actividad sobre la atmósfera. Sin embargo, también resulta imprudente despreciar el riesgo que conlleva la potenciación artificial del efecto invernadero (GIL y OLCINA, 1997). La mayor parte de los modelos coinciden, a escala zonal, en las consecuencias que podrían derivar del continuado calentamiento atmosférico. Un primer efecto sería la reducción del contraste térmico entre los polos y el ecuador, ascendiendo en latitud las altas presiones subtropicales y la trayectoria de las borrascas de latitudes medias. Este hecho provocaría el aumento de la precipitación invernal en aquellas zonas situadas entre los 50 y 70° de latitud. Por el contrario, entre los 10 y 50° de latitud, el balance hídrico aumentaría su déficit como consecuencia de un incremento de la evaporación, sobre todo en los períodos equinociales (ROYER y MAHFOUF, 1992).

Según los modelos matemáticos no lineales aplicados por el IPCC se prevé una subida de 4 grados en la TMG (temperatura media global) en algo menos de dos siglos, desde 1900 a 2080. Estos valores simulados se basan en ecuaciones de evolución de los fluidos de la atmósfera y del océano, ecuaciones de termodinámica, radiación entrante y saliente y su interacción con las nubes, así como las relativas a los procesos de reajuste entre océanos, atmósfera, hielos polares y formaciones vegetales, pero como modelos de predicción de un sistema biofísico global extremadamente dinámico y complejo encierran imprecisiones e incertidumbres que han de ser tenidas en cuenta. El resultado de 4 grados de subida de la TMG, de continuar la emisión de gases traza de la manera acelerada, tiene una imprecisión del 25% (podrían ser 3 o 5 grados de subida) (RUIZ DE ELVIRA, 2004).

Un incremento semejante en la TMG puede afectar sensiblemente a la magnitud y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos: Sequías e inundaciones. Tales modificaciones vendrán asociadas a un desplazamiento hacia el norte de la posición media del chorro polar (probablemente entre 5 y 10 grados de latitud, GCCIP, 1997), y con ello a la casi desaparición de las borrascas atlánticas que traen lluvia suave a la Península Ibérica. De vez en cuando un ramal del chorro polar se desprenderá en forma de "gran meandro" provocando descargas de agua extraordinarias en intervalos muy reducidos de tiempo. Por otra parte, el aumento de la evapotranspiración como función del incremento térmico producirá una mayor disminución del agua disponible para uso agrícola y humano.

Uno de los peligros más graves que derivarían de tales condiciones sería la sequedad y empobrecimiento de los suelos durante los períodos críticos de la temporada de cultivo. Veranos más secos disminuirán el rendimiento de los cultivos en un 10 a 30 %, y es posible que las principales zonas cerealistas actuales, como las Grandes Llanuras de los Estados Unidos, experimenten sequías y golpes de calor más frecuentes y persistentes (IPCC, 1997).

Las precipitaciones han aumentado muy probablemente durante el siglo XX entre un 5 y un 10 % en la mayor parte de las latitudes medias y altas de los continentes del hemisferio norte, pero, en contraste, es probable que las precipitaciones hayan disminuido en un promedio del 3 % sobre una gran parte de las áreas terrestres subtropicales. Asimismo se espera que durante el siglo XXI aumente la media anual de precipitaciones, vapor de agua y evaporación en todo el planeta. Es también predecible un incremento de la pluviosidad en las regiones situadas en latitudes altas tanto en verano como en invierno, mientras que en las latitudes medias del hemisferio norte, en la zona tropical de África y en el Antártico se prevé que las lluvias sólo aumenten en invierno (IPCC, 2002), al menos a corto y medio plazo.

Otra prueba fehaciente de dicha situación de cambio radica en el hecho de que los episodios de calentamiento del fenómeno conocido como Oscilación Austral de El Niño (ENOA) han sido más frecuentes, persistentes e intensos desde mediados de los años 1970, en comparación con los 100 años anteriores. El ENOA afecta de manera sistemática a las variaciones regionales de temperatura y precipitación en la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales y las áreas de latitudes medias (IPCC, 2002), de ahí su importancia en relación con muchas de las sequías desencadenadas en dichos ámbitos zonales. De cualquier forma, en numerosos lugares, y entre ellos en el área de estudio, la intensificación y persistencia de las sequías en las últimas décadas parecen corroborar esta tendencia (GARCÍA y CONESA, 2006) y, lo que es más alarmante, constituyen ya hoy día un hecho evidente, siendo origen de graves repercusiones socio-económicas, principalmente para la agricultura de secano. La problemática del cambio climático ha renovado el interés por el estudio de las tendencias de diferentes variables atmosféricas, especialmente de la temperatura y precipitación. Este trabajo muestra la evolución de las series pluviométricas estacionales, de larga duración, en ocho de los observatorios de la cuenca del Guadalentín (provincias de Almería y Murcia) (Fig. 1), y los posibles efectos ambientales deducibles a partir de las tendencias de las series de precipitación. Con ello se pretende ampliar el conocimiento de la evolución pluviométrica en esta zona y contribuir

al desarrollo de estudios sobre las tendencias de cambio de la precipitación en la escala regional, a medio y largo plazo.

En los últimos 25 años han proliferado los estudios de la evolución de la precipitación, tanto a escala global como regional (DÍAZ *et al*, 1989; HULME, 1995, entre otros). Referentes al ámbito español también existen numerosos trabajos que tratan de analizar las variaciones y tendencias pluviométricas. si bien, afirman SALADIE *et al*, 2002, la mayor parte de ellos se basan en el estudio de observatorios aislados (WHEELER y MARTIN-VIDE, 1992; GALÁN *et al.*, 1999; GONZÁLEZ *et al.*, 2001,...).

Nº	NOMBRE	PERÍODO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	PROVINCIA
1	Murcia/Alcantarilla	1950/2004	01-13-47 W	37-57-28 N	85 m	Murcia
2	Lorca "CHS"	1950/2004	01-42-02 W	37-40-22 N	335 m	Murcia
3	Lorca "Embalse Puentes"	1950/2004	01-49-09 W	37-44-12 N	450 m	Murcia
4	Puerto Lumbreras "CHS"	1950/2004	01-48-36 W	37-33-42 N	465 m	Murcia
5	Alhama "Huerta Espuña"	1950/2004	01-31-00 W	37-51-27 N	760 m	Murcia
6	Vélez Blanco "Topares"	1965/2004	02-13-42 W	37-51-40 N	1.192 m	Almería
7	María	1964/2004	02-09-56 W	37-42-49 N	1.190m	Almería
8	Lorca "Zaradilla Totana"	1950/2004	01-42-27 W	37-52-40 N	861 m	Murcia

TABLA 1. Información básica de partida sobre los observatorios consultados. INM

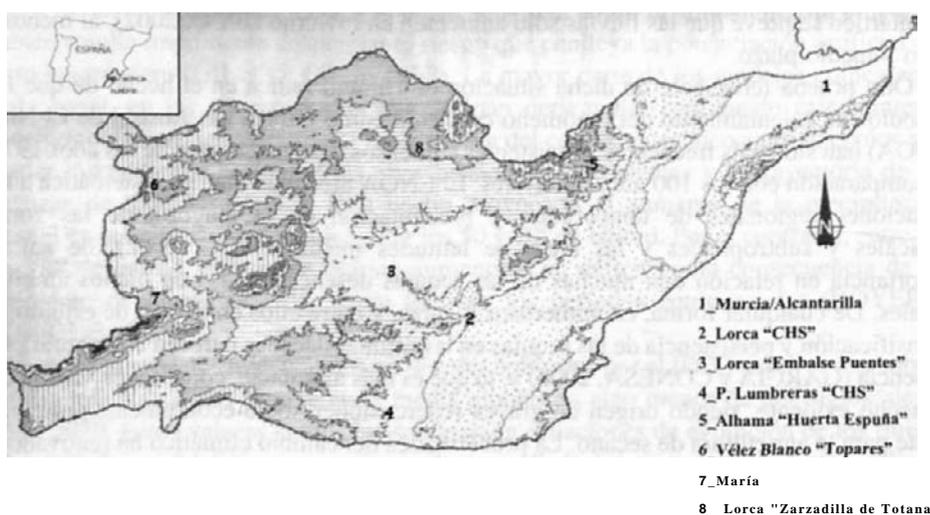


Fig. 1: Localización de los observatorios seleccionados dentro de la cuenca del Guadalentín y en el contexto nacional

Según MORENO y MARTÍN-VIDE (1986) se constata una disminución de la precipitación en buena parte de la región mediterránea occidental. GUIJARRO (2001), en un estudio de las series de mayor longitud en las Islas Baleares, apreció tendencias de distinto signo con un supuesto gradiente NE-SE, tendencias negativas en la isla de Menorca y positivas en Ibiza. Ante dicho gradiente cabe interrogarse si los patrones de circulación atmosférica han sufrido recientemente un cambio apreciable en el Mediterráneo occidental (GUIJARRO, 2002).

El objetivo final del presente estudio es caracterizar el régimen, tendencias y cambios de la precipitación estacional; y poner de manifiesto, en su caso, los posibles efectos que éstos puedan tener sobre la actividad agrícola de secano en un territorio como la cuenca del Guadalentín, inmerso en los dominios intrabéticos semiáridos del sureste peninsular.

## METODOLOGÍA

Para elaborar este trabajo, en primer lugar, se ha realizado un proceso de relleno de lagunas mediante interpolación, homogeneizando la base de datos de precipitación mensual de dichos observatorios; de acuerdo con la conveniencia de trabajar con datos uniformes de calidad, poniendo a prueba la homogeneidad de los registros como paso previo y preciso en cualquier análisis climático (SALADIÉ *et al.*, 2002). Para la detección y corrección de posibles errores se ha aplicado el *Standard normal Homogeneity Test* (SNHT), definido por ALEXANDERSON (1986) y modificado después por ALEXANDERSON y MOBERG (1997).

En este trabajo, y a pesar de que las inhomogeneidades son reducidas, los resultados deben tomarse con cautela, puesto que la mejora de las series ha podido influir en la correcta evaluación de las mismas. Los procedimientos estadísticos se aplican cada vez más a la climatología; sin embargo, al emplearla, debe procurarse, previo examen, que las deducciones obtenidas no se alejen demasiado de las posibilidades físicas.

Para establecer o deducir un pronóstico evolutivo de la precipitación para los años siguientes al último de la serie, es decir para después de 2004, debe de sustituirse la línea poligonal por otra prolongable que se adapte o ajuste de la mejor forma posible a ella. Debemos, pues, sustituir los puntos verdaderos representativos de las lluvias reales por otros ficticios que estén en una línea de ley de distribución conocida (recta, parábola, etc.) y cuya distancia residual a los respectivos valores reales sea la mínima posible. En este caso, los métodos empleados para el cálculo de la trayectoria de la precipitación son el método de la tendencia definido por regresión lineal, y las medias móviles con banda de 5 años. Gracias a estos promedios móviles se crea una nueva serie, creciente o decreciente, que permite deducir una determinada tendencia secular en la serie estudiada.

## CARACTERIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ESTACIONAL EN ESPAÑA Y EN LA CUENCA DEL GUADALENTÍN

Uno de los hechos climáticos más sorprendentes de la España peninsular es la extraordinaria variedad de regímenes pluviométricos estacionales. No hay una estación lluviosa general en el país, ni incluso una seca, aunque en este caso, la mayor parte del territorio sufre unos veranos muy secos y prolongados.

En teoría son posibles veinticuatro regímenes estacionales de precipitación y, de ellos, trece aparecen representados en España. A modo de resumen, destacan los siguientes regímenes: máximo invernal y mínimo estival (vertientes atlántica, cantábrica, sur mediterránea y canaria); máximo estival y mínimo invernal (Pirineo catalán y otros sectores montañosos, como el sector del Jiloca-Guadalaviar en el Sistema Ibérico); máximo otoñal y mínimo no primaveral (vertiente mediterránea oriental y Baleares); máximo primaveral y mínimo no otoñal (interior peninsular) y régimen equilibrado (Valle de Aran) (DE CASTRO *et al.*, 2005).

En el ámbito de la cuenca del Guadalentín, de superficie más modesta (3.300 km<sup>2</sup>), aparecen cuatro tipos de permutaciones fundamentales de régimen estacional (tabla 2). Por orden de mayor a menor pluviometría cabe señalar los siguientes:

- Otoño, Primavera, Invierno y Verano. Se presenta en la mayor parte de los observatorios de la Cuenca (Murcia/Alcantarilla, Puerto Lumbreras "CHS", Lorca "CHS", Lorca "Embalse de Puentes" y Vélez Blanco "Topares").
- Primavera, Otoño, Invierno y Verano. Es el segundo en importancia, y aparece en los sectores elevados de la Cuenca (Alhama "Huerta España", Lorca "Zaradilla de Totana").
- Otoño, Invierno, Primavera y Verano. Este régimen es poco usual y aparece en los sectores montañosos suroccidentales (María). También se observa en algunos años, no muchos, un máximo otoñal seguido de la estación invernal, Primavera y Verano.

En definitiva, existen dos regímenes estacionales predominantes: por un lado el régimen definido por la sucesión de mayor a menor pluviometría de las estaciones de Otoño, Primavera, Invierno y Verano; y, por otro, aquél en el que la cuantía de precipitación es más elevada en Primavera que en Otoño. El primer régimen es compartido por las estaciones situadas en las zonas más áridas, con precipitación anual inferior a 300 mm (CAPEL, 1991). El caso de Vélez Blanco "Topares" constituye una excepción aparente. En realidad aquí se iguala prácticamente la precipitación de Otoño y Primavera. En cambio, el régimen con máximo pluviométrico primaveral coincide con valores de precipitación media anual mayores, por encima de los 350 mm.

Observatorio	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	Media anual
Murcia/Alcantarilla	25,0	30,6	10,8	33,6	292,4
Lorca "CHS"	22,6	31,8	10,5	35,1	255,2
Lorca "Embalse Puentes"	22,6	31,2	11,5	34,7	284,2
Puerto Lumbreras "CHS"	23,9	31,8	8,5	35,8	271,7
Alhama "Huerta España"	24,6	33,0	10,6	31,8	430,5
Vélez Blanco "ToDares"	27,6	31,3	9,6	32,9	348,6
María	29,5	28,2	10,2	32,1	438,7
Lorca "Zaradilla Totana"	26,1	34,3	10,0	29,6	351,4

TABLA 2. Distribución porcentual de la precipitación estacional (en mm)

## TENDENCIAS Y ESCENARIOS FUTUROS DE LA PRECIPITACIÓN ESTACIONAL EN ESPAÑA SEGÚN ALGUNOS ESTUDIOS Y MODELOS CLIMÁTICOS RECIENTES

La tendencia a la disminución de los recursos pluviométricos en medios subtropicales registrada en el tercer informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) no puede ser fácilmente ratificada en el caso de España, debido a la compleja distribución espacial de la precipitación en gran parte del país y de su reparto estacional. Ello exige utilizar un número considerable de series climáticas, que en pocos casos cuentan con la longitud necesaria.

ESTEBAN-PARRA *et al.* (1998), en un estudio sobre 40 estaciones meteorológicas de la Península y Baleares (1880/1992), determinan un comportamiento diferenciado entre el norte de España, con tendencias al alza, y el interior y fachada mediterránea, con tendencias generales a la baja. Otros estudios con series de precipitación inferiores al centenar de años no detectan tendencias apreciables en la precipitación anual, si bien parece que las lluvias primaverales presentan una notable disminución (SERRANO *et al.*, 1999; GARCÍA *et al.*, 2002,...). El análisis regional realizado por CHAZARRA y ALMARZA (2002) a partir de una serie de precipitación anual de las cuencas del Sureste y Levante (1864/2000) no presentó tendencias significativas. En otros trabajos referidos al último tercio del siglo XX (ABAURREA *et al.*, 2002; RODRIGO *et al.*, 1999) se aprecia una reducción significativa de la precipitación anual en algunas regiones peninsulares (sector oriental y pirenaico de la cuenca del Ebro y sur de España).

QUEREDA SALA *et al.* (2002) han constatado que las reducciones anuales en el Mediterráneo occidental vienen determinadas por la disminución de la precipitación invernal y, sobre todo, primaveral, relacionadas con el aumento de la presión atmosférica en la cuenca mediterránea occidental desde la década de los años ochenta del siglo pasado. Este incremento de la presión atmosférica ha sido relacionado con la acentuación de la fase positiva de la Oscilación del Mediterráneo (DÜNKELOH y JACOBET, 2003), de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y con el patrón de teleconexión EA-Jet (MARTIN *et al.*, 2004). Además, también se ha observado una relación entre la disminución del número de días inestables primaverales y una mayor frecuencia e intensidad del fenómeno ENSO (LAITA y GRIMALT, 1997). Según FERNÁNDEZ y RASILLA (2001), el patrón subtropical se está haciendo más frecuente en la circulación sinóptica sobre la Península Ibérica, en perjuicio de la circulación del oeste.

Ante todo, lo primero que debe reseñarse respecto a los cambios de régimen pluviométrico estacional es que existen comportamientos muy diferentes en el conjunto del territorio español. Hoy día, al analizar el clima de una región, en este caso el elemento precipitación, se hace imprescindible la alusión a los posibles cambios esperables en un futuro próximo. La tendencia del clima futuro que resulta de la aplicación de modelos climáticos globales está condicionada por diversas fuentes de incertidumbre. Entre ellas destaca la propia evolución de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero. Por esta razón, el IPCC ha establecido un conjunto de escenarios de emisiones, en función de diversos supuestos acerca del crecimiento de la población, de la evolución de las actividades socioeconómicas y del progreso tecnológico a lo largo del siglo XXI (OECC. MMA., 2005).

Los cambios proyectados en las precipitaciones presentan una mayor duda que para las temperaturas. Esto se debe principalmente a que la ocurrencia del fenómeno precipitación en un lugar y tiempo determinados está vinculada a procesos físicos que resultan más complicados de simular por los modelos. La fiabilidad de los resultados se reduce con los modelos regionales, es decir, a medida que aumenta la escala geográfica. Los modelos regionales tienen baja resolución espacial, lo que da lugar a que se distorsionen las líneas de costa y se suavice la orografía; y ya se sabe que los climas peninsulares son resultado de la acción de la Circulación General Atmosférica, de los factores geográficos (orografía y exposición), de los contrastes mar-tierra y de otros efectos de carácter local (CAPEL, 1986; CAPEL, 2000; MARTÍN VIDE y OLCINA, 2001).

Los cambios simulados de precipitación no presentan el mismo signo en las diversas zonas y épocas del año. Según el IPCC-DDC y el modelo HadCM3, los cambios en la cantidad de precipitación invernal muestran signo positivo en casi toda la Península Ibérica. Por el contrario, la estación veraniega y, sobre todo, la primavera, tenderán a una reducción de la pluviometría. Las simulaciones realizadas, según el escenario menos favorable de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, predicen incrementos de precipitaciones para la estación otoñal en el este y noreste peninsular durante los primeros 60 años de este siglo XXI, y disminuciones para el último tercio del mismo (DE CASTRO *et al.*, 2005).

Según el modelo climático regional PROMES (Pronóstico a Mesoescala), que parte de los campos de salida del modelo global HadCM2, elaborado por el *Hadley Center for Climate Prediction and Research*, las precipitaciones medias estacionales simuladas presentan más variabilidad espacial que el clima en su conjunto (OECC. MMA., 2005); no obstante, reproducen de forma aceptable los gradientes norte-sur en verano y oeste-este en las demás estaciones del año. Los valores simulados de precipitaciones estacionales en la mitad suroriental peninsular son generalmente menores que los climáticos reales.

En una comparación realizada por la Unidad de Investigación del Clima de la Universidad de East Anglia (Reino Unido) entre los valores simulados por el modelo regional PROMES y los valores reales tomados por los pluviómetros, para el período 1960-1990, se concluye que el modelo representa de forma verosímil los diversos regímenes climáticos de la Península Ibérica, siendo aceptable el grado de certidumbre en la regionalización de los cambios climáticos supuestos a escala global por el modelo HadCM3 (OECC. MMA., 2005).

Dicho modelo prevé, en su escenario menos favorable (A2), para el último tercio del siglo XXI las siguientes variaciones:

- Invierno: aumentos superiores a 10 mm en el cuadrante noroeste de la Península, disminuciones superiores a 10 mm en el tercio meridional y regiones mediterráneas peninsulares, y sin cambios apreciables en el resto del territorio.
- Primavera: disminuciones superiores a 20 mm en casi toda la Península Ibérica, sin cambios apreciables en las islas.
- Verano: disminuciones superiores a 40 mm en el norte de Galicia, costa Cantábrica, Pirineos y noreste de la Península, reducciones entre 10 y 40 mm en el resto del territorio, excepto Canarias sin cambios apreciables.

- Otoño: aumentos superiores a 10 mm en el noreste español, disminuciones superiores a 20 mm en la mitad suroccidental, y sin cambios apreciables en el resto del territorio.

### TENDENCIAS PLUVIOMÉTRICAS ANUALES Y ESTACIONALES EN LA CUENCA DEL GUADALENTÍN

Las tendencias pluviométricas recientes en la cuenca del Guadalentín no rebaten los hechos confirmados a niveles regionales superiores. Los datos referentes al pasado siglo revelan un aumento de la precipitación del orden de un 0,5 a un 1% por década para las latitudes medias y altas del hemisferio norte, pero una disminución de un 0,3 % por década en latitudes subtropicales. En la Península Ibérica existe un leve aumento de la precipitación en los observatorios septentrionales y una reducción en los meridionales (OECC. MMA., 2005), entre los cuales se encuentran los situados en la cuenca del Guadalentín.

Los índices de sequía aplicados a la citada cuenca descubren dicho descenso pluviométrico con nitidez, al incluir a partir de 1980 todas las secuencias secas principales del último medio siglo (GARCÍA y CONESA, 2006). En conjunto, la cuenca del Guadalentín muestra una evolución porcentual negativa de las precipitaciones anuales. La evolución que presentan los distintos observatorios es dispar, y solamente las estaciones meteorológicas de Lorca "Embalse de Puentes" y María desvelan una evolución positiva notable (tabla 3).

En general, los cambios en la precipitación presentan mayor variabilidad espacial cuando se expresan en forma de porcentaje. En algunas zonas, las precipitaciones son tan exiguas que un pequeño cambio se convierte en un porcentaje bastante elevado.

El análisis estacional muestra que es la estación invernal la que presenta una mayor evolución positiva de las precipitaciones (en muchos casos la única estación que aumenta sus lluvias), a excepción del observatorio de María, donde es la primavera la estación que exhibe el mayor incremento, y el observatorio de Topares, con un descenso de la pluviometría invernal.

Observatorio	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	ANUAL
Murcia/Alcantarilla	22,7	-12,5	-9,1	-1 6,7	-5,0
Lorca "CHS"	29,4	-20,0	-36,4	-8,1	-8,9
Lorca "Embalse Puentes"	86,7	1,7	-30,7	33,9	22,3
Puerto Lumbreras "CHS"	75,0	-29,4	0,0	-14,3	-2,5
Alhama "Huerta Espuña"	37,0	-20,7	0,0	-14,3	-3,8
Vélez Blanco "Topares" *	-34,3	-8,2	-30,8	-21,5	-36,7
María *	38,8	41,2	42,1	13,3	18,7
Lorca "Zaradilla Totana"	21,4	-23,9	23,8	-2,9	-1,9

(\*) El periodo de análisis comprende desde 1965 hasta el año 2004.

TABLA 3. Evolución porcentual de la precipitación estacional y anual a partir de las rectas de tendencia (1950-2004)

La estación primaveral reduce sus recursos pluviométricos en la mayoría de las estaciones estudiadas, excepto en el observatorio de María como ya se ha visto, y en el de Lorca "Embalse de Puentes", donde existe un leve ascenso.

El verano disminuye también sus aportaciones pluviométricas en la mayor parte de los observatorios, existiendo algunas tendencias a la estabilidad, como las que presentan las estaciones meteorológicas de Alhama y Puerto Lumbreras, y aumentos en Lorca "Zarzadilla de Totana". Este observatorio es el más noroccidental de la Cuenca y se encuentra a elevada altitud, siendo objeto de un incremento de los chubascos convectivos estivales.

La estación otoñal, que ostenta, junto con la primavera, el porcentaje más elevado de la precipitación anual en gran parte de este territorio, mengua sus precipitaciones a lo largo del último medio siglo en casi todos los observatorios estudiados.

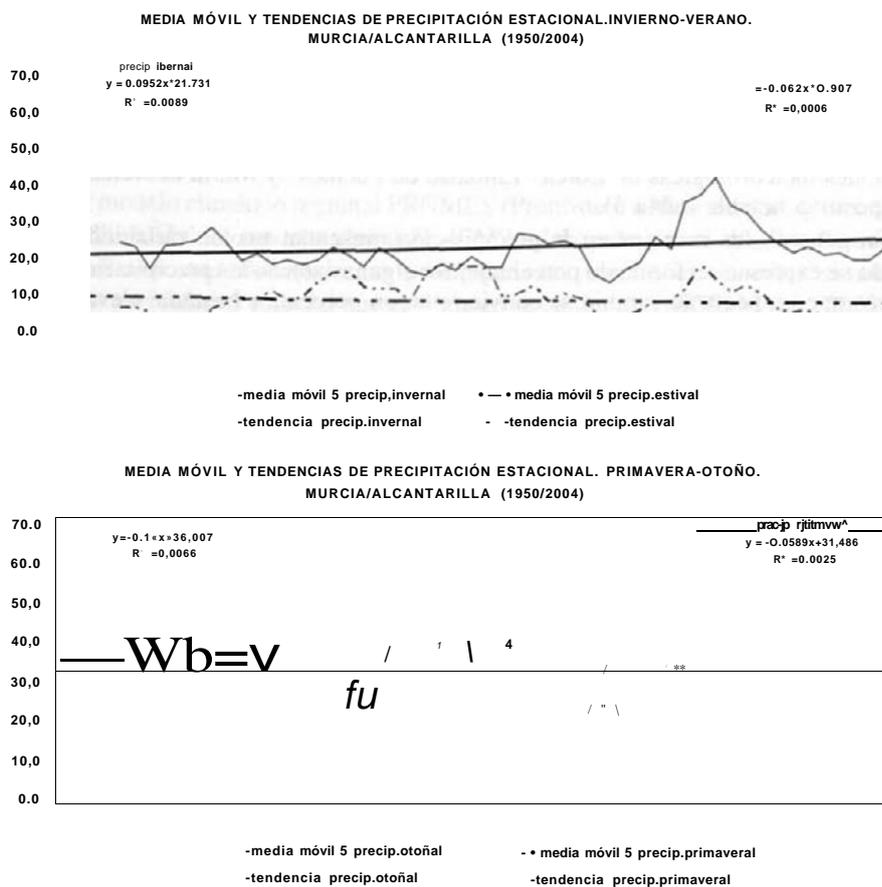


Fig. 2: Media móvil y tendencias pluviométricas en el observatorio Murcia/Alcantarilla

En resumen, la estación invernal incrementa notablemente su pluviometría mientras que las demás estaciones la reducen. Se tiende a modificar el carácter de mediterraneidad, ya que los regímenes pluviométricos dominados por los equinoccios podrían verse alterados y quedar a merced de las lluvias caídas en el solsticio de invierno.

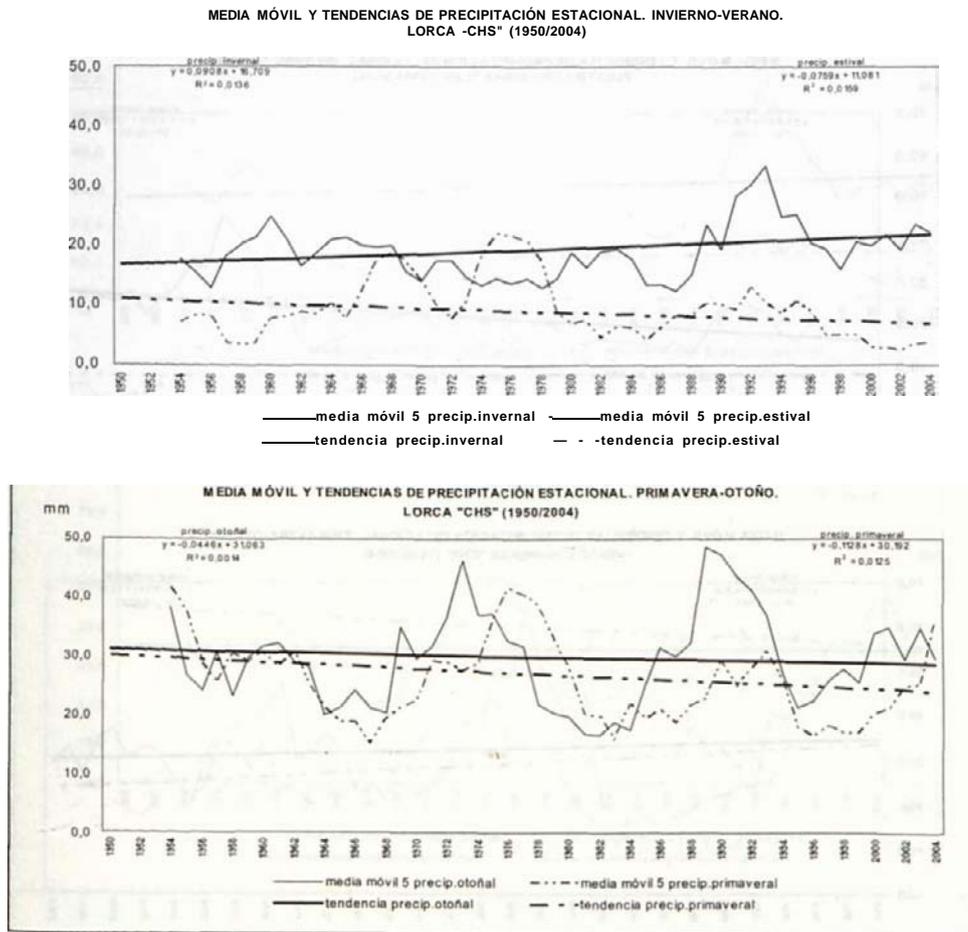


Fig. 3: Media móvil y tendencias pluviométricas en el observatorio Lorca "CHS"

El análisis de la tabla 3 también muestra una diferenciación espacial: los observatorios más suroccidentales, además del incremento de lluvias invernales, aumentan las equinocciales; las tierras noroccidentales aumentan las precipitaciones en los solsticios (Zarzadilla de Totana); y, el resto, los ubicados en la fosa del Guadalentín, únicamente refuerzan sus precipitaciones invernales.

El examen del comportamiento de las series de precipitación estacional a lo largo del tiempo (figuras 2-9) permite conocer la evolución de cada una de ellas y su correspondiente tendencia temporal. Asimismo, pueden efectuarse comparaciones que permitan detectar analogías y diferencias en el devenir de las mismas, estableciendo comportamientos climáticos específicos dentro de este ámbito geográfico.

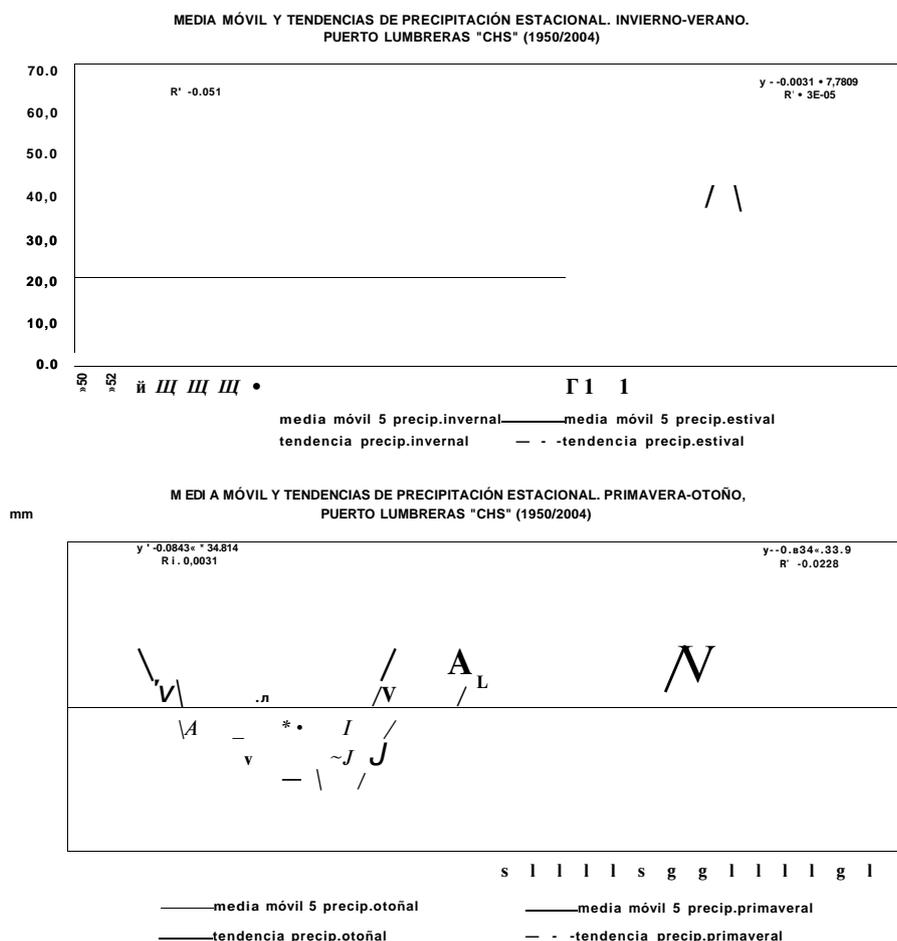


Fig. 4: Media móvil y tendencias pluviométricas en el observatorio P. Lumbreras "CHS"

El método más simple y directo de reflejar la evolución de cada serie temporal es la tendencia lineal, expresada por la pendiente de la recta de regresión. En la interpretación de las tendencias destaca el distinto signo de la pendiente entre series estacionales de los diferentes observatorios. A pesar de que el conjunto de observatorios no alcanzan

significación estadística, denotan un comportamiento no uniforme dentro del territorio de estudio.

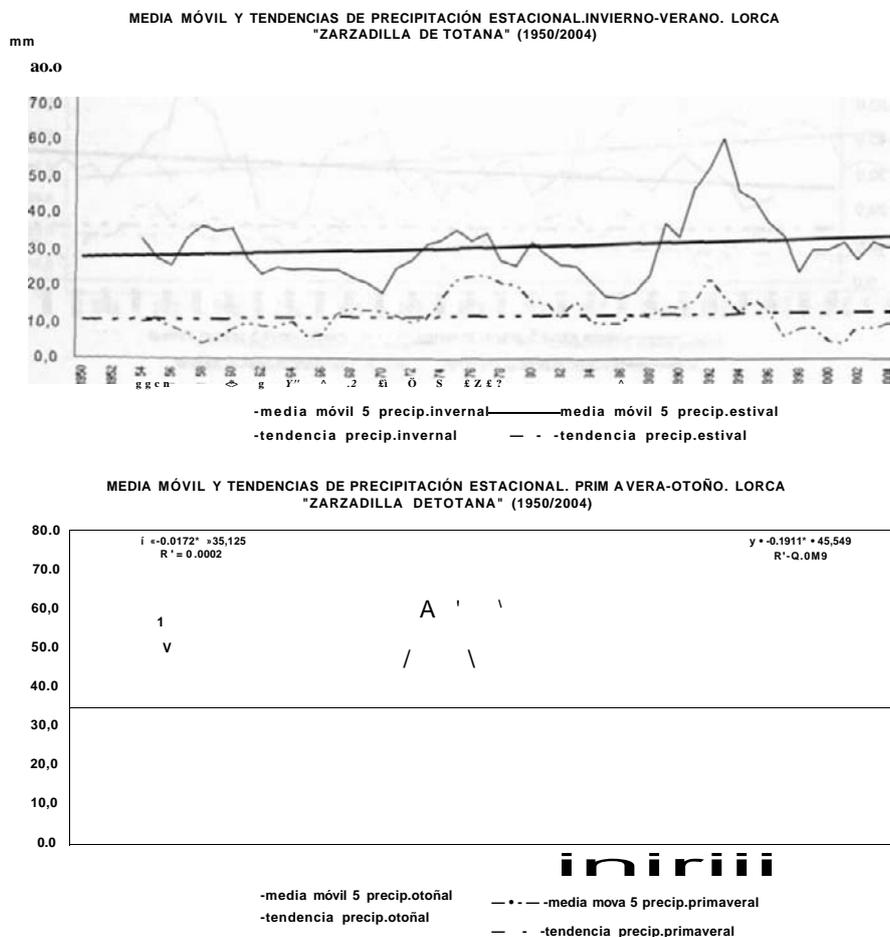


Fig. 5: Media móvil y tendencias pluviométrías en el observatorio Lorca "Zaradilla de Totana"

Es de destacar, sin embargo, la tendencia ascendente generalizada durante la estación de invierno. Esta trayectoria ascendente, si se observa la media móvil, viene determinada fundamentalmente por un aumento de la precipitación desde finales de la década de los años ochenta del siglo anterior hasta mediados los noventa.

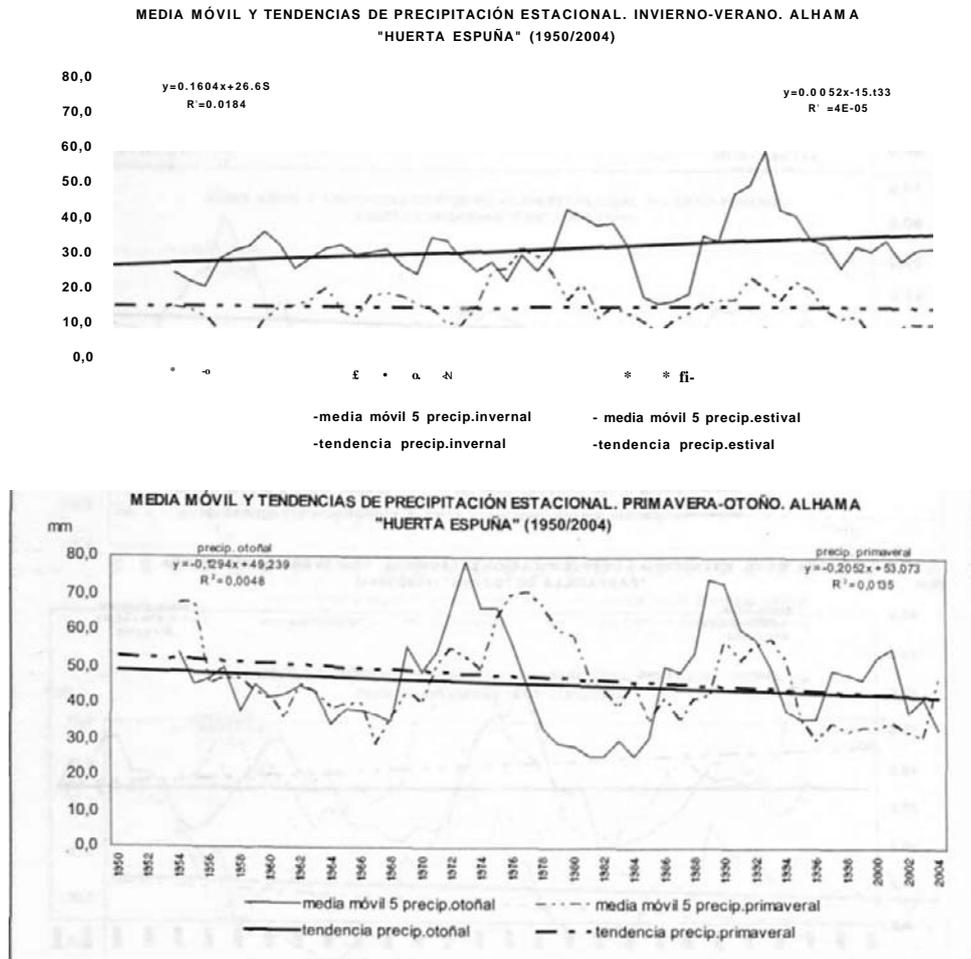
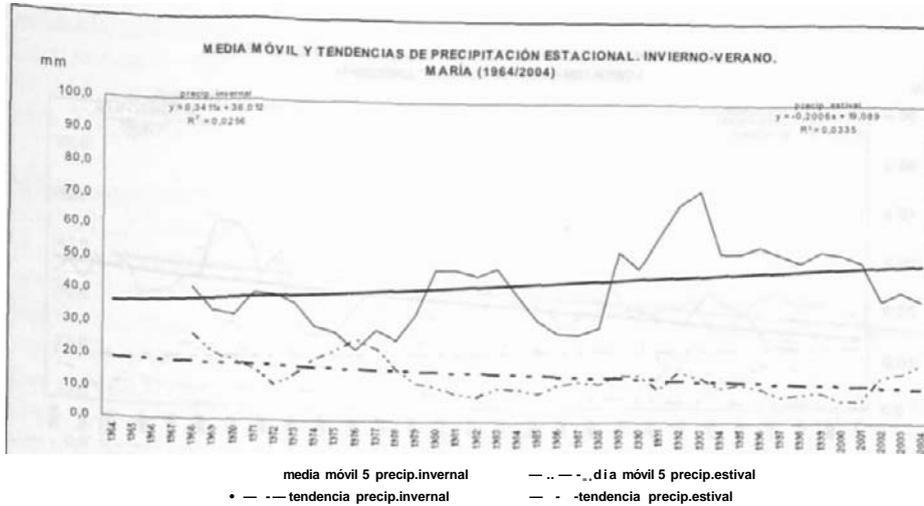
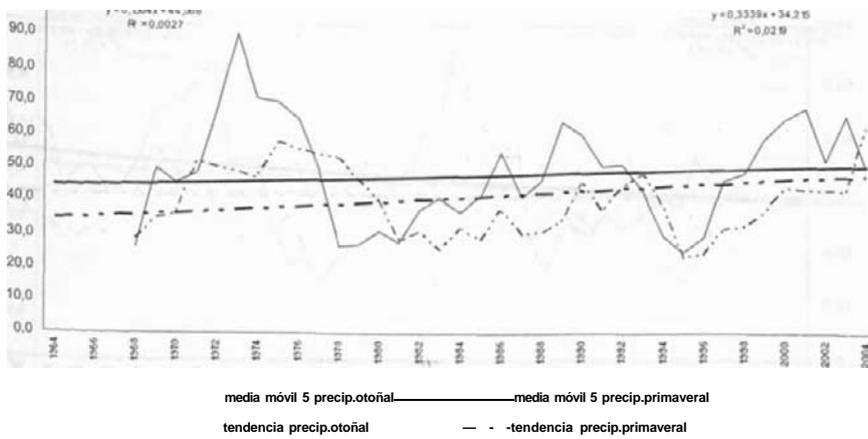


Fig. 6: Media móvil y tendencias pluviométricas en el observatorio Alhama "Huerta España"

Las series de precipitación primaveral muestran un descenso generalizado de tendencia en casi todo el territorio analizado, a excepción de los observatorios de María y Puentes. Lo mismo sucede en la estación otoñal, con un descenso pluviométrico similar e incluso superior en algunos observatorios (Vélez Blanco "Topares"). También existen las mismas excepciones que se manifiestan para la estación de primavera, con un ascenso pluviométrico otoñal en Puentes y María.



**MEDIA MÓVIL Y TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN ESTACIONAL. PRIMAVERA-OTOÑO. MARÍA (1964/2004)**



Hg. 7: Media móvil y tendencias pluviométricas en el observatorio de "María"

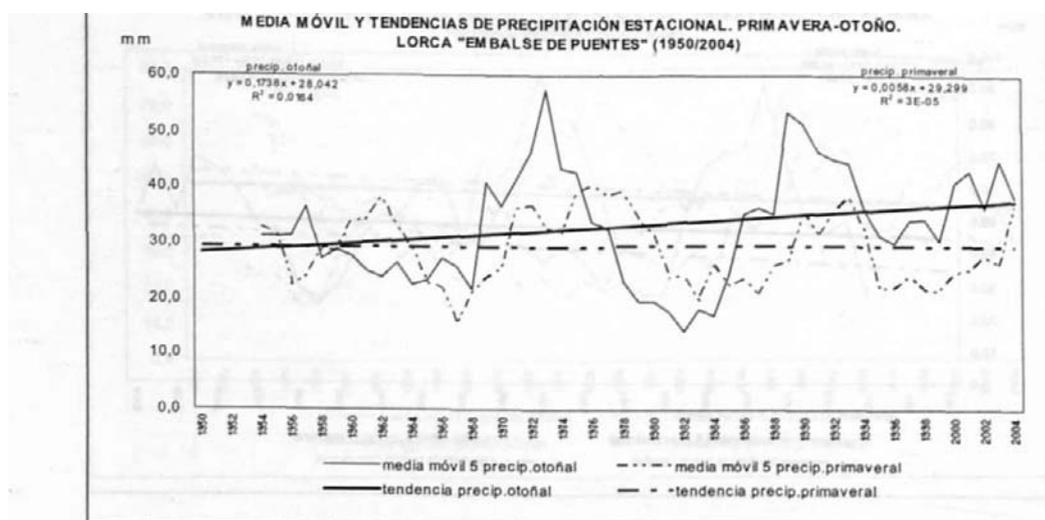
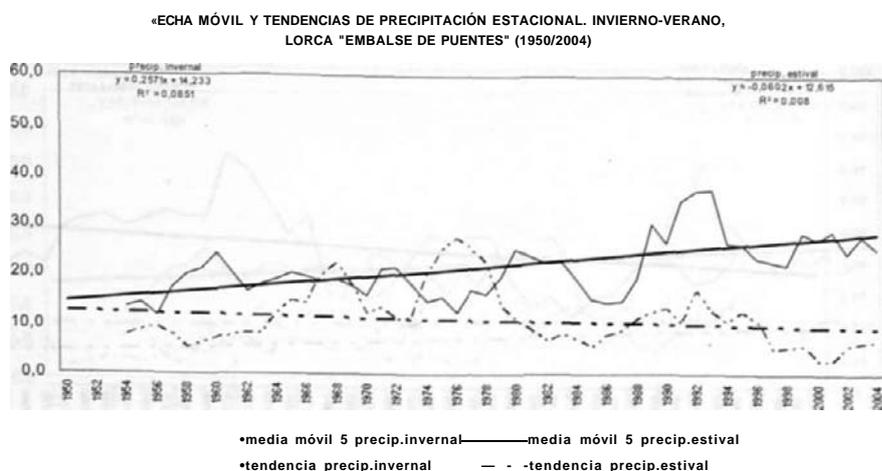


Fig. 8: Media móvil y tendencias pluviométricas en el observatorio Lorca "Embalse de Puentes"

Estos descensos pluviométricos equinocciales parecen seguir un comportamiento paralelo. Se observan ciclos de quince años que separan tanto los picos pluviométricos más elevados como los valles o valores mínimos de precipitación. Sin embargo, por lo común, los valores máximos de precipitación primaveral y otoñal tienden a descender o a no ser tan elevados como sus precedentes. Es obvia la importancia que tiene el profundizar al máximo en la búsqueda de probables ciclos climáticos que ayuden al ser humano a esquivar esos fuertes condicionamientos naturales impuestos por los períodos secos.

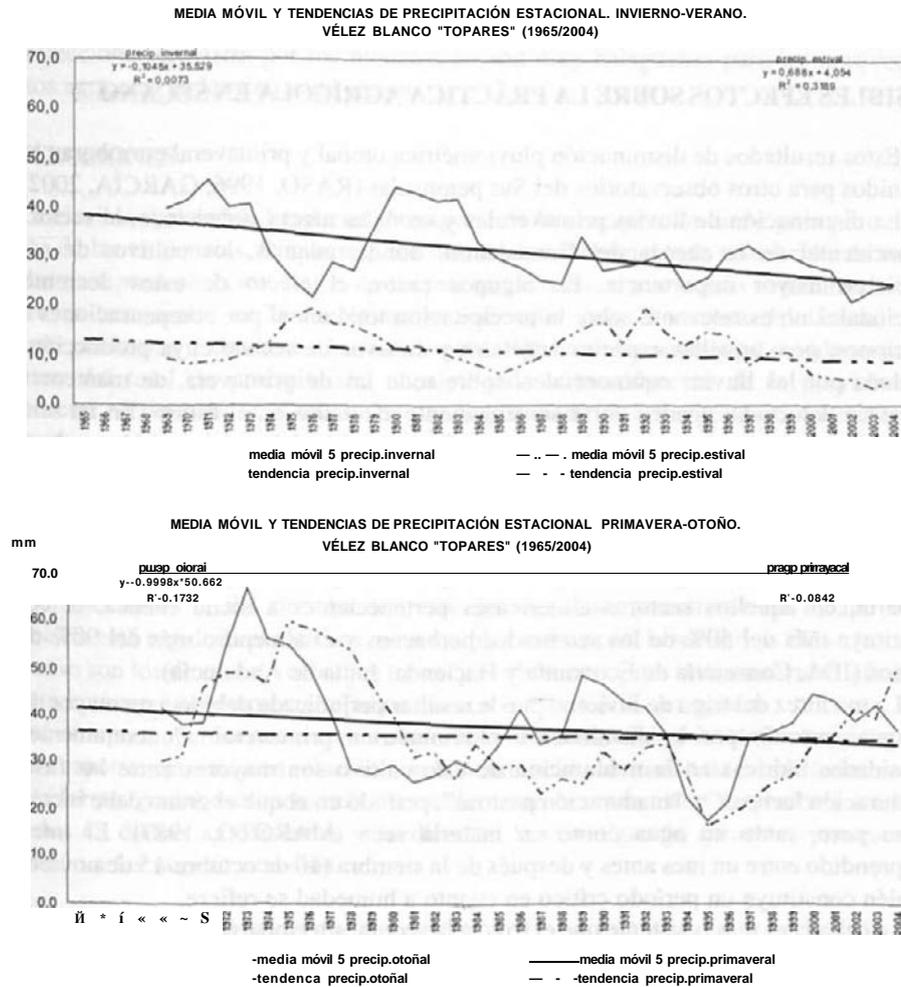


Fig. 9: Media móvil y tendencias pluviométricas en el observatorio Véz Blanco 'Topares'.

Según afirman QUEREDA SALA *et al.* (2000) la evolución pluviométrica regional en el mediterráneo occidental parece mostrar buena correlación con la actividad solar, de tal forma que, a lo largo de los once ciclos modulados en su estudio entre 1866 y 1994, una gran parte de los máximos y mínimos solares se adelantan en uno o dos años a los máximos y mínimos pluviométricos.

Por su parte, la tendencia pluviométrica de la estación estival se mantiene más o menos estable; se aprecian mínimos aumentos o descensos, a excepción del observatorio

de Zarzadilla de Totana, donde se percibe un incremento notable del ritmo estacional de las lluvias en los meses de verano.

### POSIBLES EFECTOS SOBRE LA PRÁCTICA AGRÍCOLA EN SECANO

Estos resultados de disminución pluviométrica otoñal y primaveral corroboran los ya obtenidos para otros observatorios del Sur peninsular (RASO, 1996; GARCÍA, 2002).

La disminución de lluvias primaverales y otoñales afecta, sobre todo, al sector más noroccidental de la cuenca del Guadalentín, donde, además, los cultivos de secano adquieren mayor importancia. En algunos casos, el efecto de estos decrementos estacionales no es relevante sobre la precipitación total anual por compensaciones entre estaciones; pero aquellas especies vegetales y cultivos de secano cuya producción está regulada por las lluvias equinocciales, sobre todo las de primavera, de mantenerse la tendencia detectada, pueden verse sensiblemente afectados en el futuro. En tal sentido, merecen citarse entre los principales cultivos del área los herbáceos de cereales, sobre todo el trigo y la cebada, y el cultivo leñoso del almendro. En la cuenca del Guadalentín (Murcia) el trigo y la cebada de secano suponen actualmente el 25,8% del total de cultivos herbáceos en secano y regadío, mientras que el almendro no regado representa más del 38% del total de cultivos leñosos (EAR, Consejería de Agricultura y Agua, C.A.R.M.). Por su parte, en aquellos sectores almerienses pertenecientes a dicha cuenca, la cebada constituye más del 50% de los sembrados herbáceos y el almendro más del 90% de los leñosos (IEA, Consejería de Economía y Hacienda, Junta de Andalucía).

La madurez del trigo de invierno puede resultar perjudicada debido a un mayor déficit de agua causado por la disminución pluviométrica primaveral. Concretamente, las necesidades hídricas en la maduración de este cultivo son mayores entre las fases de "maduración lechosa" y "maduración pastosa", período en el que el grano debe incrementar su peso, tanto en agua como en materia seca (MAROTO, 1987). El intervalo comprendido entre un mes antes y después de la siembra (10 de octubre-15 de noviembre) también constituye un período crítico en cuanto a humedad se refiere.

La cebada es más resistente que el trigo a la sequía, sin embargo, requiere mucha agua al comienzo de su desarrollo, por lo que la siembra otoñal es más temprana que la del trigo para aprovechar las lluvias otoñales (MAROTO, 1987). La cebada, por tanto, también puede verse afectada en gran medida, consecuencia de esas notables reducciones de la precipitación otoñal y, aún más si cabe, por el mal reparto del recurso durante la estación, al aumentar los chubascos de fuerte intensidad horaria.

El período de mayores requerimientos hídricos del cultivo de almendro es el comprendido entre el inicio del engorde de la almendra y la fecha en la que ésta alcanza su longitud máxima (estación primaveral). Las necesidades disminuyen, sin embargo, en los períodos anterior y posterior al indicado. La floración tiene lugar en los últimos meses de invierno, y para que se lleve a cabo una apropiada polinización hay que tener en cuenta las condiciones meteorológicas que afectan a las abejas y otros insectos (bajas temperaturas, lluvias, etc.). Las lluvias durante la floración (invernales) impiden el desplazamiento de las abejas, que son los agentes portadores de polen más prácticos desde una variedad hasta otra.

Pero el mayor inconveniente, sin duda, reside en las precipitaciones primaverales, que seguirán siendo imprescindibles para la maduración del fruto, por lo que las tendencias y las predicciones previstas por los modelos no son muy halagüeñas para los aprovechamientos agrícolas de las tierras de secano.

## CONCLUSIONES

La elevada variabilidad espacial y temporal de la precipitación tiene gran peso en el cálculo de las tendencias, lo que implica que no sea aconsejable la utilización de series aisladas para predecir la evolución de las precipitaciones en una región determinada. Las tendencias temporales de la precipitación estimadas para la cuenca del Guadalentín (Sureste peninsular), desde mediados el siglo XX hasta la actualidad, evidencian un descenso del total de precipitación anual, ligado a la reducción de la pluviometría equinoccial -Primavera y Otoño- en la mayor parte del territorio. Solamente dos observatorios -María y Lorca "Embalse de Puentes"- ven aumentar las lluvias durante los equinoccios. El invierno tiende a presentar unas lluvias más copiosas, excepto en "Topares", sector más noroccidental de la cuenca, mientras que el análisis de la estación estival ofrece unos resultados menos homogéneos.

Estos descensos equinociales, sobre todo los de primavera, pueden incidir de forma considerable en el futuro de aquellas especies vegetales y cultivos de secano cuya producción está regulada por dichos recursos pluviométricos. Los cultivos más afectados en tal caso son los de cereal -cebada y trigo- y el almendro, pues la maduración definitiva del fruto está aquí directamente relacionada con las lluvias de primavera.

Por otra parte, parece aconsejable analizar también las tendencias de las temperaturas y de la evapotranspiración en relación con la ocurrencia y duración de los periodos secos. De esta forma, podrá evaluarse más adecuadamente la repercusión de posibles cambios asociados en dichos agrosistemas y facilitar así la investigación sobre los procesos de adaptación a las nuevas situaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a la Secretaria de Estado de Universidades e Investigación por la concesión de una de las becas de posgrado del Programa de Formación de Profesorado Universitario (MEC).

Agradezco igualmente las observaciones efectuadas por mi estimado amigo Blas Marín, ingeniero agrónomo y jefe del Dpto. de Producción Agraria del I.E.S. "D. Pedro García Aguilera" en Moratalla (Murcia).

## FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA

- ABAURREA, J., ASÍN, J. y CENTELLES, A. (2002): "Caracterización espacio-temporal de la evolución de la precipitación anual en la cuenca del Ebro". In: GUIJARRO, J. A., GRIMALT, M., LAITA, M. y ALONSO, S. (Eds). El Agua y El Clima, AEC. Serie A, nº3. Pp. 113-124.

- ALEXANDERSSON, H. (1986). "A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data". *Journal of Climatology*. 6, Pp. 661-675.
- ALEXANDERSSON, H. y MOBERG, A. (1997): "Homogeneization of Swedish Temperature Data. Part I: Homogeneity Test for Linear Trends". *Internacional Journal of Climatology*. 17, Pp. 25-34.
- ANTONIO RUIZ DE ELVIRA, A. (2004): "El cambio climático en 2004". Física y Sociedad. Disponible en <http://www.fisicaysociedad.es/>. Portal del Colegio Oficial de Físicos. Consulta: 15 de mayo de 2006.
- CAPEL, J. J. (1986): El clima de la provincia de Almería. Caja de Ahorros y Monte Piedad, Almena. 270 pp.
- CAPEL, J. J. (1987): "¿Nos acercamos hacia un cambio climático global?: fluctuación climática actual y desertización". In: Homenaje al profesor Juan Torres Fontes, Vol. 1, págs. 221-234.
- CAPEL, J. J. (1991): "El clima murciano (los elementos)". In: MORALES, A. Y CALVO, F. (Dir.): ATLAS de la Región de Murcia. Ed. La Opinión de Murcia S.A. Murcia, Pp. 97-108..
- CAPEL, J. J. (2000): El clima de la Península Ibérica. Ed. Ariel, Barcelona. 281 pp., [8] p. de lám. Col.: gráf., mapas; 24 cm.
- CHAZARRA, A. y ALMARZA, C. (2002): "Reconstrucción desde 1864 de la serie de precipitación útil de las cuencas del Sureste y Levante". In: GUIJARRO, GRIMALT, LAITA Y ALONSO (Eds.). El Agua y el Clima. Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 3. Págs. 159-168.
- CONESA, C. y ALONSO, F. (2006). "El clima de la Región de Murcia". In: CONESA, C. (Ed). El Medio Físico y Natural de la Región de Murcia, cap. 3. Serv. de Publicaciones de la Universidad de Murcia, 250 pp.
- DE CASTRO, M.; MARTÍN-VIDE, J. y ALONSO, S. (2005): "El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI". Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Cap. 1. Págs. 1-64. Proyecto ECCE. MORENO, J. M. (coord). Ministerio de Medio Ambiente y Universidad de Castilla-La Mancha. Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica.
- DIAZ, H. F.; BRADLEY, R. S. y EISCHEID, J. K. (1989): "Precipitation fluctuation over global land areas since the late 1800's". *Journal of Geophysical Research*. 94, Pp. 1095-1120.
- DÜNKELOH, A. y JACOBET, J. (2003): "Circulations dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948-98". *International Journal of Climatology*. 23, Pp.1843-1866.
- EAR (Estadística Agraria Regional), Consejería de Agricultura y Agua, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

- FERNÁNDEZ, F. y RASILLA, D. (2001): "Secular variations of the Synoptic Circulation over the Iberian Peninsula". In: BRUNET, M. y LÓPEZ, D. (Eds): Detecting and modelling regional climate change. Springer, Berlin, Pp. 229-238.
- GALÁN, E.; CAÑADA, R.; RASILLA, D.; FERNÁNDEZ, F. y CERVERA, B. (1999): "Evolución de las precipitaciones anuales en la meseta meridional durante el siglo XX". In: RASO, J. M. y MARTIN VIDE, J. (Eds): La climatología española en los umbrales del siglo XXI. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, (AEC, serie A, nº 1), Pp. 169-180.
- GARCÍA, J. A.; SERRANO, A. y DE LA CRUZ, M. (2002): "A spectral analysis of Iberian Peninsula monthly rainfall". *Theoretical and Applied Climatology*. 71, Pp. 77-95.
- GARCÍA, L. (2000): Análisis de series termopluviométricas para la elaboración de modelos climáticos en el suroeste de España. Dpto. de Física Aplicada II. Universidad de Sevilla.
- GARCÍA, L. (2002): "Evolución de las precipitaciones estacionales en el suroeste español: posibles efectos ambientales". In: GUIJARRO, J. A., GRIMALT, M., LAITA, M. y ALONSO, S. (Eds). *El Agua y El Clima*, AEC. Serie A, nº3. Pp. 209-218.
- GARCÍA, R. y CONESA, C. (2006): "Secuencias pluviométricas secas de larga duración en la cuenca del Guadalentín (Murcia-Almería)". In: CUADRAT, J. M.; SANZ, M. A.; VICENTE, S. M.; LANZERI, S.; DE LUIS, M. Y GONZÁLEZ, J. C. (Eds.). *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. AEC. Serie A, nº 5, Pp 371-382.
- GIL, A. (2004). *El Campo de Lorca. Estudio de geografía agraria*. 2ª edición. Ayuntamiento de Lorca. 204 pp. y 20 láminas.
- GIL, A. y OLCINA, J. (1997): *Climatología General*. Ariel Geografía, Barcelona, 579 págs.
- GONZÁLEZ, J. C; DE LUIS, M. y RA VENTOS, J. (2001): "The spatial and temporal structure of rainfall trends in the Valencia Region (Eastern of Spain) over the second half of the 20th Century". In: BRUNET, M. y LÓPEZ, D. (Eds): Detecting and modelling regional climate change. Springer, Berlin, pp. 175-289.
- GUIJARRO, J. A. (2001): "Problemática de la detección del cambio climático en Baleares". In: PONS, G. X. y GUIJARRO, J. A. (Eds): *El canvi climatic*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9, Pp. 147-158.
- GUIJARRO, J. A. (2002): "Tendencias de la precipitación en el litoral mediterráneo español". In: GUUARRO, J. A., GRIMALT, M., LAITA, M. y ALONSO, S. (Eds). *El Agua y El Clima*, AEC. Serie A, nº3. Pp. 427-436.
- HULME, M. (1995): "Estimating global changes in precipitation". *Weather*. 50, Pp. 34-42.
- IEA (Instituto de Estadística de Andalucía), Consejería de Economía y Hacienda, Junta de Andalucía.

- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (1997): "The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability". A Special Report of IPCC Working group II, R.T.WATSON, M.C.ZINYOWERA, R.H.MOSS (Eds). Cambridge University Press, UK. 517 p.
- IPCC. (2001): Climate Change 2001. The Scientific Basis. HOUGHTON J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, ML; VAN DER LINDEN, P. J. y XIAOSU, D. (Eds). Cambridge University Press. 994 p.
- IPCC (2002): "Cambio Climático y Biodiversidad. Documento técnico V del IPCC". In: GITAY, H.; SUÁREZ, A.; DOKKEN, D.J. Y WATSON, R.T. (Eds.). Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo II del IPCC. OMM, WMO, PNUMA, UNEP. 93 p.
- LAITA, M. y GRIMALT, M. (1997): "Vorticity and pressure anomalies in the Western Mediterranean during El Niño/Southern oscillations extremes". International Journal of Climatology. 17, Pp. 475-482.
- MAROTO, J. V. (1987): Cultivos herbáceos extensivos I. Dpto. de Producción Vegetal. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, 308 pp.
- MARTÍN, M. L.; LUNA, M. Y.; MORATA, A. y VALERO, F. (2004): "North Atlantic teleconnection patterns of low-frequency variability and their links with springtime precipitation in the western Mediterranean". International Journal of Climatology. 24, Pp. 213-230.
- MARTIN-VIDE, J. y OLCINA J. (2001): Climas y tiempos de España. Alianza editorial S.A., Madrid, 258 p.
- MORENO-GARCÍA, M. C. y MARTÍN-VIDE, J. (1986): "Estudio preliminar sobre las tendencias de la precipitación anual en el Sur de la Península Ibérica: el caso de Gibraltar". II Simp. Agua, Andalucía, Dep. Hidrogeología, Universidad de Granada.
- NAVARRO, F. (1991). El sistema hidrográfico del Guadalentín. Cuadernos Técnicos. Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Medio Ambiente (CARM). 256 pp.
- OECC, MMA. (2005): Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático. Proyecto ECCE, Ministerio de Medio Ambiente y Universidad de Castilla-La Mancha. Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica.
- QUEREDA, J.; MONTÓN, E. y ESCRIG, J. (2000): "La evolución de las precipitaciones en la cuenca occidental del Mediterráneo: ¿Tendencia o ciclos?". Investigaciones Geográficas. 24, Pp. 17-35.
- QUEREDA, J.; MONTÓN, E.; ESCRIG, J.; GIL, A.; OLCINA, J. y RICO, A. (2001): Nuestro porvenir climático: ¿Un escenario de aridez?. Atenea, Castelló de la Plana: Publicaciones de la Universitat Jaume I. 223 pp.

- RASO, J. M. (1996): "Variación de las precipitaciones de primavera en el sur de la España peninsular durante el Siglo XX". In: MARZOL, M. V. (Ed): Clima y Agua. Universidad de La Laguna, Pp. 123-132.
- RIVERA NÚÑEZ, D, OBÓN DE CASTRO, C RÍOS RUFÉ SA SELMA FERRÁNDEZ, C; MÉNDEZ COLMENERO, F.; VERDE LOPEZ A. y CANU TRIGUEROS, F. (1997): Las variedades tradicionales de frutales de la Cuenca del Río Segura. Catálogo etnobotánico (1): frutos secos, oleaginosos, frutóles de hueso, almendros y frutales de pepita. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia, 360 pp.
- RODRIGO, F. S, ESTEBAN-PARRA, M. J.; POZO-VAZQUEZ, D. y CASJRO-DÍEZ Y. (1999): "A 500-year precipitation record in southern Spain . International Journal of Climatology. 19, Pp. 1233-1253.
- ROYER, J. F. y MAHOUF, J. F. (1992): "Uaugmentation de l'effet de serre et ses consequences". La Météorologie. 8° serie, n° 42, Pp. 21-27.
- SAL ADIÉ, O, BRUNET, M., AGUILAR, E, SIGRO, J. y LÓPEZ, D. (2002): "Evolución de la precipitación en el sector suroriental de la de presión del Ebro durante la segunda mitad del siglo XX". In: GUIJARRO J. A., GWMALT M LAITA, M. y ALONSO, S. (Eds). El Agua y El Clima, AEC. Sene A, n 3. Pp. 427-436.
- WHEELER, D. y MARTÍN-VIDE, J. (1992): "Rainfall Characteristics of Mainland Europe's Most Southerly Stations". International Journal of Chmatology. 12, Pp. 69-76.