

# ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN POR FRENTE ATLÁNTICOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (1959-2004).

J.Javier MIRÓ, Maria José ESTRELA y Millán MILLÁN  
Fundación CEAM, Parque Tecnológico, C/ Charles R. Darwin 14, 46980 Paterna  
(Valencia), España

## RESUMEN

Recientemente, algunos trabajos comienzan a hacerse eco de las variaciones en el comportamiento y tendencia de la precipitación, dependiendo del tipo sinóptico que la ha producido. Esta metodología novedosa se ha aplicado en el análisis de las precipitaciones en la Comunidad Valenciana. En esta región se han definido tres tipos sinópticos básicos que provocan precipitaciones: 1) las precipitaciones convectivas, 2) las de tipo frontal, y 3) las advecciones mediterráneas (Levantes) o de Frente de Retroceso. El objetivo de este trabajo es el análisis territorializado de la tendencia de la precipitación en la Comunidad Valenciana para las situaciones de tipo frontal. Los resultados obtenidos para el periodo 1959-2004 indican una clara tendencia general de la precipitación al descenso en los totales anuales, y sobre todo diarios, con valores estadísticamente más significativos según el test de Mann-Kendall en el interior de la Comunidad. Los mayores descensos se recogen en el primer semestre y el interior Norte que, por otro lado, es la zona donde este tipo de precipitaciones tiene mayor peso y repercusión.

Palabras clave: precipitación, tendencias, frentes atlánticos, análisis territorial.

## ABSTRACT

In recent works it has been analysed the variations on the precipitation trends related to the synoptical situation that provoke them. This new methodology has been used in the analysis of the precipitations in the Valencia region. Three synoptic patterns that generate rainfall in this area have been identified: (1) convective precipitation, (2) frontal precipitation and (3) precipitation from Mediterranean advections (Levantes), i.e., backdoor fronts. In the present paper we analyse the frontal precipitation type. The results obtained for the 1954-2004 period indicate a clear generalised trend towards decreased precipitation both in the annual totals and, especially, in the daily totals, with statistically more significant values (according to the Mann-Kendall test) in the interior of the region. The largest decreases are noted in the first half of the year and in the northern interior, which is also the area where this precipitation type has traditionally been more important.

Key words: Trends, frontal precipitation, territorialized study.

## 1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

El objetivo de este trabajo es el análisis territorial de la tendencia de la precipitación correspondiente a las situaciones de frente atlántico en la Comunidad Valenciana en el período 1959-2004. El contexto científico así como la metodología de trabajo utilizada se expone con detalle en *Análisis de tendencia de la precipitación por situaciones convectivas en la Comunidad Valenciana (1959-2004)*, ESTRELA *et al*, 2006 (publicado en este mismo volumen); la figura 1 de este trabajo presenta las áreas de estudio así como la red de estaciones del INM a partir de la cual se ha conformado la base de datos de situaciones de frente atlántico.

Atendiendo a la distribución espacial, estas precipitaciones tienen su mayor importancia en las tierras del interior, y sobre todo del interior Norte, perdiendo peso a medida que nos aproximamos al litoral. Se trata del segundo input en importancia en la Comunidad, generalmente a distancia las precipitaciones originadas por advecciones mediterráneas (frente de retroceso). Si bien, en las zonas montañosas del interior Norte sí alcanza un peso similar al primero de los inputs. De hecho, tal como se caracterizó primero en ESTRELA *et al* (2000), y con más detalle en ESTRELA *et al* (2004) y MILLÁN *et al* (2005), la precipitación por frente atlántico supone sobre el 30% del total anual de precipitación en el interior de Valencia, también en el interior Norte de Castellón, y en el área noroccidental del interior de Alicante. Alcanza incluso el 40% en puntos muy occidentales de la provincia de Valencia, en los lindes con Cuenca. Por el contrario en casi toda la franja litoral y llanos prelitorales desciende del 25%, bajando incluso al 20% en algunos puntos al Sur de Alicante y al Sureste de Valencia. En volumen absoluto las mayores precipitaciones por frentes atlánticos se dan hacia el Oeste de Ademuz, zona de la comarca de Los Serranos lindante con Cuenca, y el extremo Norte de Castellón, zonas donde alcanza o supera los 250mm anuales por este input, haciéndose mayor en los tramos más altos de los ríos Júcar y Turia, ya fuera de la Comunidad Valenciana, por lo que este input tiene una repercusión hídrica en la Comunidad importante, al ser decisivo en las cabeceras de estos ríos, lo que aún se refleja en el interior Norte de la Comunidad.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la zona 1 (Fig. 1: Norte de Castellón), no se aprecia ninguna tendencia clara en los totales anuales o semestrales de precipitación. Únicamente se insinúa una leve tendencia al descenso en los totales del primer semestre, contrastando con una débil tendencia al ascenso en el segundo semestre, pero sin la significación estadística suficiente para ambos casos, en el test Mann-Kendall. Por el contrario, sí se detecta un valor de descenso con una significación aceptable (90%) para la precipitación media en los días con situaciones asociadas a frentes atlánticos. Es una tendencia al descenso muy moderada que contrasta, por el contrario, con una tendencia al ascenso del número de días de precipitación, aunque en este caso sin una significación estadística aceptable. En resumen, los resultados del análisis no permiten apuntar ninguna tendencia clara, aunque las diferencias que se insinúan entre primer y segundo semestre coinciden con la tendencia general observada en el resto de zonas.

## ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN POR FRENTE ATLÁNTICOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (1959-2004)

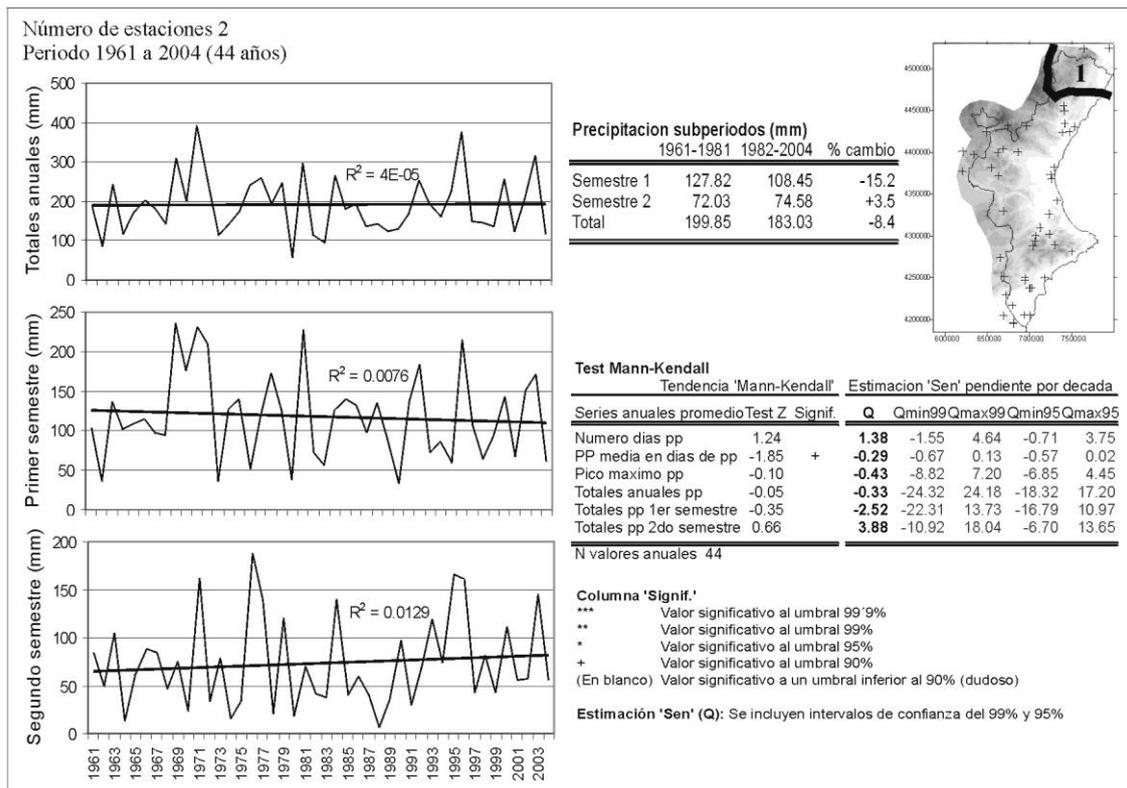


Fig. 1: Resultados para la Zona 1 (Norte de Castellón).

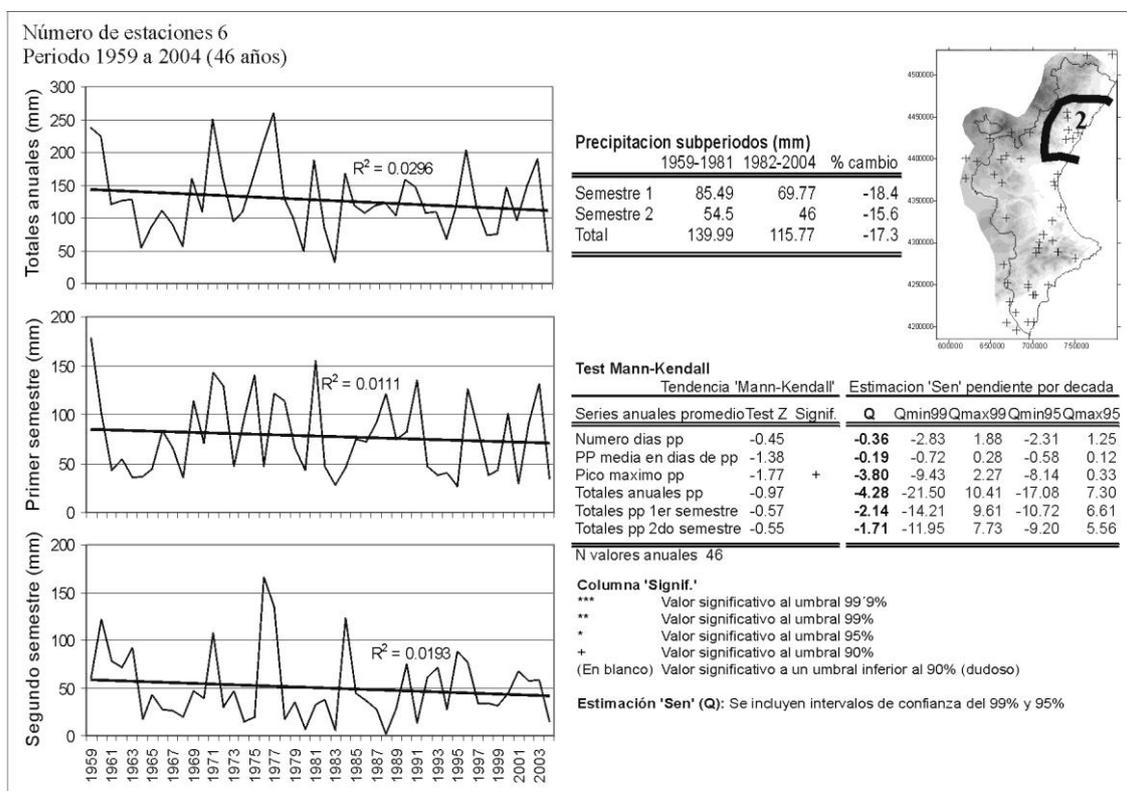


Fig. 2: Resultados para la zona 2 (litoral-prelitoral de Castellón).

En la zona 2 (Fig. 2: litoral-prelitoral de Castellón) se observa una ligera tendencia al descenso, que se muestra en todos los parámetros analizados, pero sin una significación estadística aceptable en el test Mann-Kendall, por lo que el descenso que se observa entre la media del periodo 1959-1981 y la de 1982-2004 de alrededor del 17%, podría deberse a oscilaciones naturales. No obstante, aquí hay que señalar que para el primer semestre se reconoce una concordancia con la zona inmediatamente al interior (zona 3), donde el descenso es más fuerte y significativo, y de hecho en la misma línea o concordancia con lo observado para la mayoría de zonas de la Comunidad. Aunque en este caso no hay muchas diferencias entre primer y segundo semestre, parece mantenerse una ligera mayor tendencia al descenso en el primer semestre. En cualquier caso, sólo para la variable de ‘pico máximo de precipitación’ encontramos una moderada tendencia al descenso que llega a tener una significación aceptable (90%). También se muestra esa tendencia en la precipitación media de los días con lluvia, pero aquí ya no se alcanza el 90% de significación. En resumen, para esta zona, únicamente se puede afirmar que se detectan indicios, no concluyentes, de una tendencia al descenso, al menos leve, de unos 4mm por década en los totales anuales.

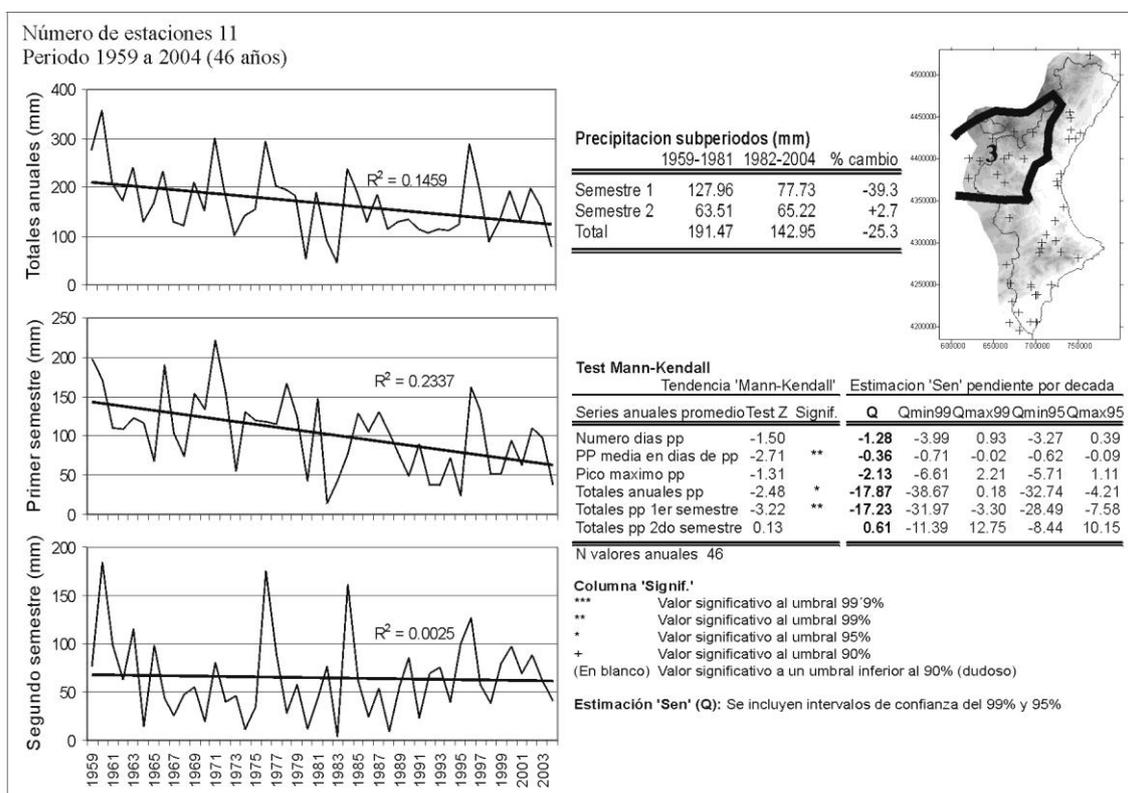


Fig. 3: Resultados para la zona 3 (interior Norte).

Es en la zona 3 (Fig. 3: Interior Norte) donde se muestra con mayor claridad y significación una tendencia al descenso tanto en los totales anuales, sobre todo en los totales del primer semestre, como en la precipitación media de los días con precipitación asociados a esta situación sinóptica. De hecho, estos resultados son preocupantes si se tiene en cuenta que las precipitaciones correspondientes a este tipo sinóptico son un input muy importante en este área. Así, entre la media anual de precipitación de los periodos 1959-1981 y 1982-2004 hay un descenso del 25%, que aumenta al 39% en el

ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN POR FRENTE ATLÁNTICOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (1959-2004)

primer semestre, y que podemos señalar como responsable del descenso anual, ya que en el segundo semestre no se observa prácticamente ninguna tendencia. Se trata, por tanto, de una dicotomía primer-segundo semestre en la línea de los resultados para el conjunto de la Comunidad, pero en este caso con descensos más importantes. Los gráficos de regresiones lineales simples también ofrecen estos mismos resultados, apoyado a su vez en el test Mann-Kendall y la estimación 'Sen', que en este caso sí muestran un buen nivel de confianza, sobre todo para el primer semestre y la precipitación media en los días con lluvia, aunque también para los totales anuales. Sin embargo, los niveles de confianza ya son menores tanto en relación al número de días con precipitación como al pico máximo anual de precipitación en un día. Al margen de esta tendencia quedan los totales del segundo semestre. Por último, hay que destacar el descenso de 17mm por década en los totales del primer semestre, responsables del descenso de casi 18mm por década en los totales anuales (según la estimación 'Sen'). En resumen, para la zona 3 la tendencia al descenso de la precipitación se muestra evidente y centrada principalmente en el primer semestre del año.

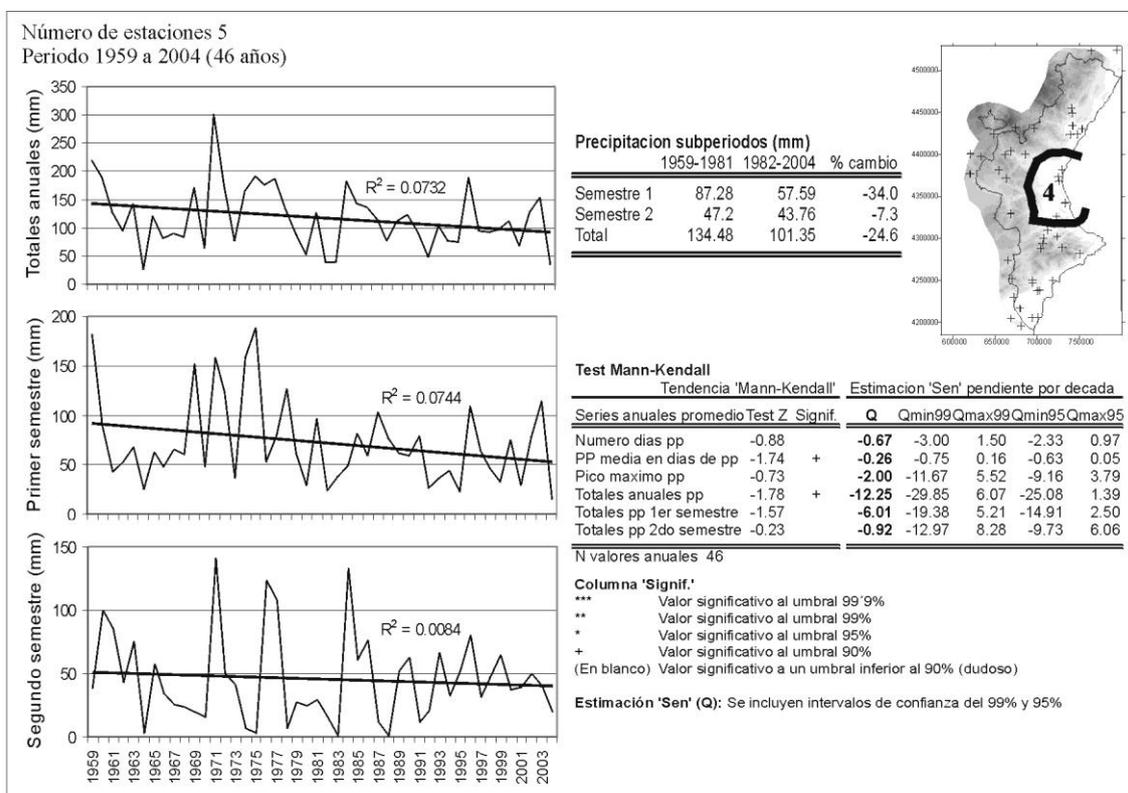


Fig. 4: Resultados para la zona 4 (Golfo de Valencia).

En la zona 4 (Fig. 4: Golfo de Valencia) también se observa una tendencia general al descenso para los totales anuales y la precipitación media en los días con lluvia, aunque no tan marcada como la vista para la zona 3 (interior Norte), pero aún destacable y con una significación todavía aceptable en el test de Mann-Kendall. La tendencia al descenso es también común en todas las variables, aunque en el resto de éstas ya no se obtiene una significación confiable. Si se compara el periodo 1959-1981 con el de 1982-2004 nos encontramos con un descenso entre la media anual de ambos periodos del 34% para el primer semestre, cifra importante que contrasta con el escaso descenso

observado en el segundo semestre. Para los totales anuales se obtiene un descenso cercano al 25%. En los gráficos de tendencia por regresión lineal simple también se observa una tendencia al descenso fuerte en el primer semestre, que se vuelve moderada en los totales anuales, y muy débil para el segundo semestre. Sin embargo, en los resultados del test Mann-Kendall, aunque tanto en los totales anuales como los del primer semestre muestran una tendencia al descenso significativa, sólo los totales anuales reflejan una significación aceptable. Pero, por los otros resultados y la convergencia con la tendencia observada en las otras zonas, se puede deducir que la tendencia en los totales anuales esta causada directamente por la existente en el primer semestre, y por tanto es de suponerle suficiente confianza al resultado del primer semestre. En este punto cabe destacar la pendiente de descenso que muestra las estimación 'Sen' en los totales anuales, de 12mm de descenso por década. A esto se añade el descenso de la precipitación media en los días con lluvia (acorde con los datos obtenidos para otras zonas), y que en este caso también alcanza una significación aceptable. En resumen, para esta zona también se observa una tendencia clara a la disminución de las precipitaciones por situaciones de frente atlántico (aunque el nivel de confianza desciende respecto al obtenido para la zona 3).

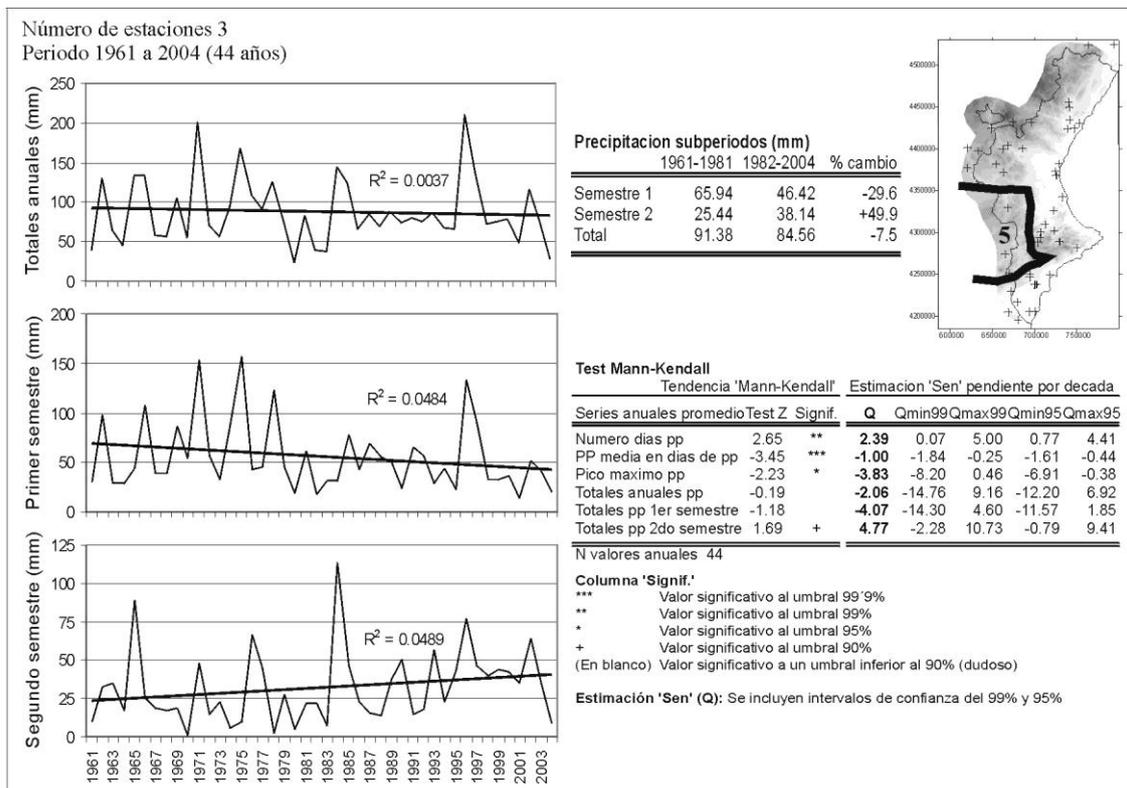


Fig. 5: Resultados para la zona 5 (interior Sur).

En la zona 5 (Fig 5: Interior Sur) se han obtenido resultados curiosos, en cuanto que aparecen muy contrastadas, por un lado la diferente tendencia entre los totales del primer y los del segundo semestre, y por otro una acusada distinta tendencia de la precipitación media en los días con lluvia (al descenso), con respecto del número de días de precipitación (al ascenso). Este último comportamiento también se observa para esta zona con las precipitaciones de tipo convectivo y de advección mediterránea, lo que

ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN POR FRENTE ATLÁNTICOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (1959-2004)

hace dudar sobre la metodología de toma de datos (es decir, que con el paso de los años y posible cambio de observador, podemos suponer que la anotación de los registros de precipitaciones muy débiles, hayan podido mejorar significativamente). Sin embargo también en la zona 6 próxima a ésta, se observa esta tendencia diferente entre ambas variables, aunque de forma menos intensa. Con todo, la tendencia a la baja de la precipitación media diaria coincide con el resto de zonas, (aunque aquí es más exagerada), y con una significación en el test Mann-Kendall excelente, del 99.9%. La estimación 'Sen' apoya estos datos estimando un descenso de 1mm por década en la media de los días de lluvia. Esto se contrasta con el ascenso del número de días de precipitación que muestra una significación muy buena. Y también los picos máximos anuales de precipitación en un día tienden al descenso. En los totales anuales de precipitación al comparar la media de 1961-1981 con la de 1982-2003, cabe destacar el ascenso de los totales del segundo semestre (del 50%). Esto contrasta con los resultados del primer semestre, que entre ambos periodos se detecta un descenso cercano al 30%. En resumen, el balance en el total anual es de una tendencia neutra o casi nula, pero sí se puede afirmar la presencia de un transvase claro de la precipitación de la primavera al otoño que, en cierto modo, es difícil relacionar únicamente con ciclos naturales, y esto teniendo presente que sólo se obtiene una significación aceptable en el test de Mann-Kendall en la tendencia del segundo semestre.

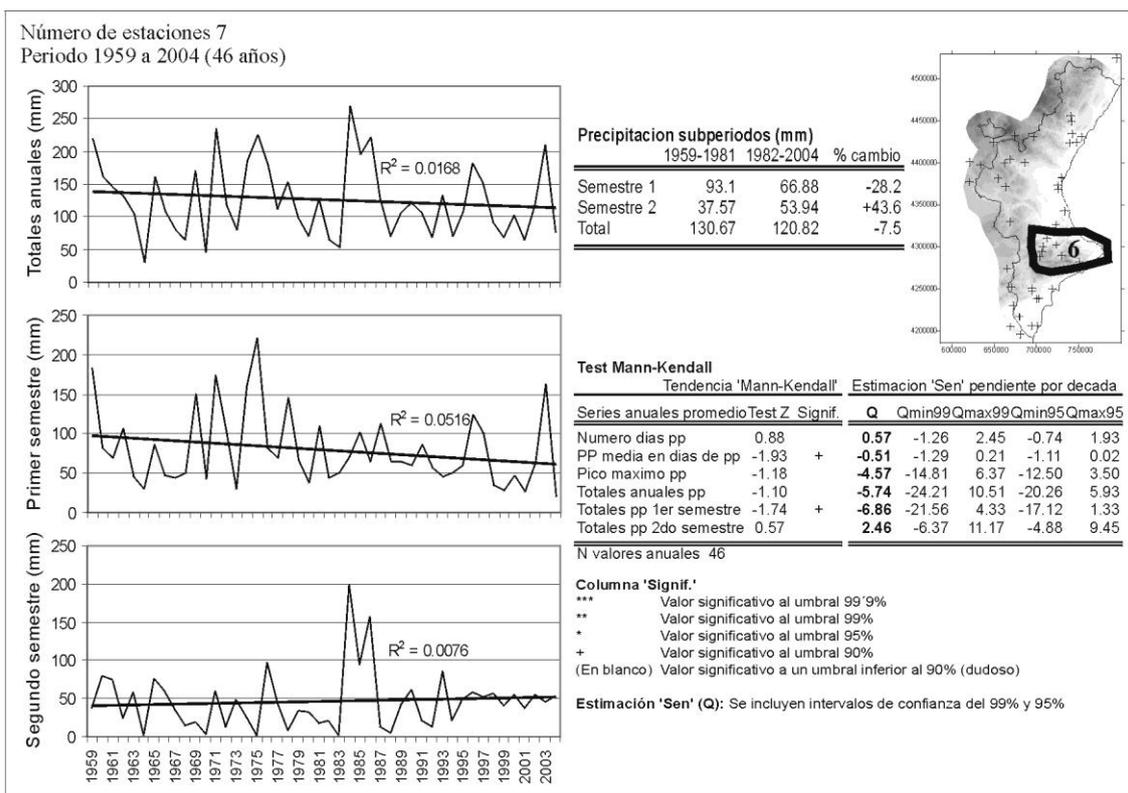


Fig. 6: Resultados para la zona 6 (Nordeste y sector montañoso del Norte de Alicante, y extremo Sur de Valencia).

En la zona 6 (Fig. 6: Nordeste y sector montañoso del Norte de Alicante, y extremo Sur de Valencia) se reproducen las pautas observadas para la vecina zona 5, o sea, un fuerte contraste entre la tendencia del primer y segundo semestre. Por tanto y según lo

anterior, parece ser una pauta común para las zonas del interior Sur y del Norte de Alicante, el transvase de la precipitación asociada a frentes atlánticos de la primavera al otoño. Entre la media anual del periodo 1959-1981 y la correspondiente a 1982-2004 se produce un ascenso de casi el 44% en la precipitación del segundo semestre, en contraposición con un descenso del 28% en la del primer semestre, a pesar de que el resultado en los totales anuales se balancea, (apenas un descenso del 7'5% entre ambos periodos). En cualquier caso, el descenso observado en el primer semestre entre ambos periodos, aunque es menor que el ascenso del segundo semestre, muestra una estructura interanual de tendencia al descenso más clara, tal como se observa en la línea de tendencia por regresión simple y en el test de Mann-Kendall. Por el contrario, el ascenso del segundo semestre ya no se muestra como una tendencia tan clara, así como no alcanza una significación aceptable en el test de Mann-Kendall. También, al igual que se ha detectado en la zona 5, se produce una tendencia al descenso de la precipitación media en los días con lluvia por situaciones de frente atlántico, así como del pico máximo anual en un día, en contraposición a una tendencia al aumento del número de días con precipitación. En este caso, el test Mann-Kendall sólo da una significación buena a la tendencia de descenso de la precipitación media en los días con lluvia, que, con todo, es un dato relevante y que concuerda con lo que se observa en el resto de zonas.

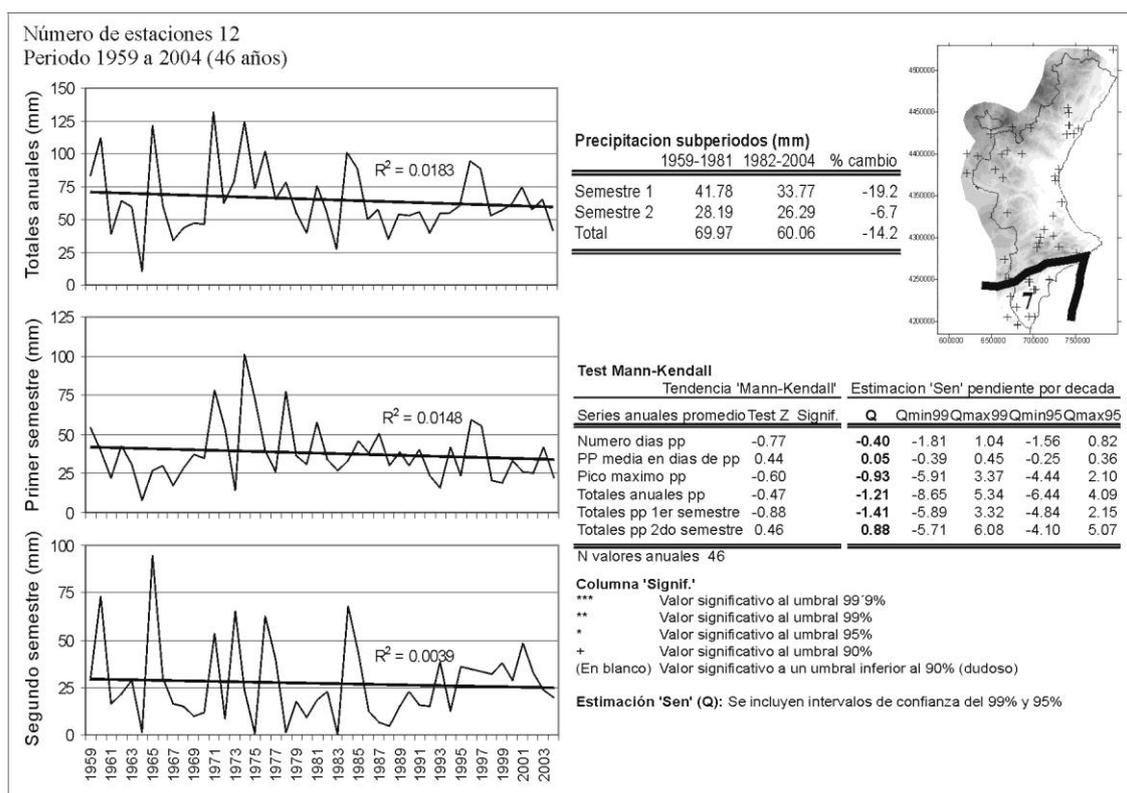


Fig. 7: Resultados para la zona 7 (Sur de Alicante).

En la zona 7 (Fig. 7: Sur de Alicante) las tendencias observadas se debilitan mucho, aunque persiste una tendencia de fondo a cierto descenso más patente para el primer semestre del año. En cualquier caso, entre las medias del periodo 1959-1981 y 1982-2004 se produce un descenso del 19.2% en el primer semestre, que baja al 6.7% en el

segundo, manteniéndose de esta forma una cierta convergencia con el resto de zonas en ese diferente comportamiento. Del mismo modo, en lo resultados del test de Mann-Kendall se observa el descenso del primer semestre, que tiende a invertirse, o al menos a anularse, en el segundo, siguiendo lo observado en el resto de zonas. En resumen, a pesar de no tener resultados con significación superior al 90%, en esta zona también se mantiene la tendencia general señalada para las otras áreas, pero más débil y dudosa.

#### 4. CONCLUSIONES

Del análisis de las diferentes áreas se pueden extraer una serie de conclusiones (Tabla I):

1. Existe una tendencia al descenso de las precipitaciones originadas por situaciones de frente atlántico, más significativa y clara en las áreas del interior de la Comunidad y áreas centrales, y para el primer semestre del año.
2. Por el contrario, en el segundo semestre las precipitaciones tienden a mantenerse, e incluso en las áreas del centro-Sur de la Comunidad se puede intuir un aumento (aunque más dudoso que la tendencia al descenso del primer semestre).
3. Son las precipitaciones invernales y primaverales, y no las otoñales, las que tienden al descenso. En este caso cabe llamar la atención sobre el hecho de que es la zona 3 (Interior Norte), donde la precipitación por frentes atlánticos es el principal input del sistema hídrico, y donde se produce la recarga de algunos principales ríos de la Comunidad Valenciana. Además, el descenso es aquí muy importante en el primer semestre del año.
4. Destaca también el descenso de la precipitación media registrada en los días con episodios de frente atlántico, que tiende a disminuir de forma destacada en todo el interior de la Comunidad, y de forma más moderada en el resto de áreas centrales (zonas 4 y 6). En las zonas 5 y 6 este descenso queda en parte compensado por un anormal y no esperado aumento de los días de precipitación.
5. Para las zonas más septentrionales (zonas 1 y 2) y para la más meridional (zona 7) las tendencias observadas son más débiles y con menor grado de confianza, aunque manteniéndose una cierta tendencia de fondo convergente con el resto.
6. Estos resultados son acordes a los preliminares en ESTRELA *et al* (2004) y en MILLÁN *et al* (2005), quedando así corroborada la tendencia al descenso de esta precipitación en el interior y zona central de la Comunidad.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Primer semestre	-	-	---*	---	--	--*	-
Segundo semestre	+	-	=	-	++*	++	=
Totales anuales	=	-	---*	--*	-	-	-
PP media diaria	--*	-	--*	-*	---*	--*	=

- Descenso (- débil, -- moderado, --- fuerte)

+ Ascenso (+ débil, ++ moderado, +++ fuerte), \* buena confianza

Tabla 1: RESUMEN DE RESULTADOS.

## 7. REFERENCIAS

- ALMARZA, C. (2002). “La estructura de la precipitación como índice de detección de cambio climático”. *Asamblea de Geodesia y Geofísica de Valencia*. 4-8 Febrero 2002. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- CHAZARRA, A.; ALMARZA, C. (2002). Reconstrucción desde 1864 de la serie de precipitación útil de las cuencas del Sureste y Levante. En: GUIJARO, J.A.; GRIMALT, M.; LAITA, M.; ALONSO, S. (Eds.). *El Agua y el Clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 3., Madrid, pp. 159-168.
- DE LUIS ARRILLAGA, M. (2002). *Estudio espacial y temporal de las tendencias de lluvia en la Comunidad Valenciana (1961-1990)*. Geoforma ediciones e Instituto Alicantino de Cultura Juan Gil-Albert, Alicante. 112 pp.
- ESTRELA, M.J.; PEÑARROCHA, D.; MILLÁN, M. (2000). “Multi-annual drought episodes in the mediterranean (Valencia Region) from 1950-1996. A spatio-temporal analysis”. *International Journal of Climatology*, 20, pp. 1599-1618.
- ESTRELA, M.J.; MIRÓ, J.J.; PASTOR, F.; MILLÁN, M. (2004). “Precipitaciones por frentes atlánticos en la Comunidad Valenciana: cambios y tendencias en las últimas décadas”. *XXVIII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española*. 11-13 Febrero 2004. Badajoz.
- ESTRELA, M.J.; MIRÓ, J.J.; MILLÁN, M. (2006). Análisis de tendencia de la precipitación por situaciones convectivas en la Comunidad Valenciana (1959-2004). Publicado en este mismo volumen.
- HOUGHTON, J.T.; MEIRA FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (Eds.) (1996). *IPCC Climate Change. The IPCC Second Assessment Report*. Cambridge University Press, New York, 572 pp.
- MARTÍN-VIDE, J. (1987). *Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la Península Ibèrica*. Institut Cartogràfic de Catalunya. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 245 pp.
- MILLÁN, M.; ESTRELA, M.J.; MIRÓ, J.J. (2005). “Rainfall components: variability and spatial distribution in a mediterranean area (Valencia Region)”. *Journal of Climate*, 18 (14), pp. 2682-2705.
- MONTÓN, E.; QUEREDA, J. (1997). *¿Hacia un cambio climático?. La evolución del clima mediterráneo desde el siglo XIX*. Fundación Davalos-Fletcher, Valencia, 520 p.
- RASO NADAL, J.M. (1996). Variación de las precipitaciones de primavera en el sur de la España peninsular durante el siglo XX. En: MARZOL, M.V.; DORTA, P.; VALLADARES, P. (Eds.). *Clima y agua: la gestión de un recurso climático*. La Laguna, pp 123-132.
- SALES MARTÍNEZ, V.; JAMBRINO CALVET, T.; JUSTE PÉREZ, J.J. (1982): “Análisis espacial y temporal de la sequía 1978-1981 en España”. *Cuadernos de Geografía*, 30, pp. 13-24.
- SALMI, T.; MÄÄTTÄ, A.; ANTTILA, P.; RUOHO-AIROLA, T.; AMNELL, T. (2002). Makesens for detecting and estimating trends: [http://www.fmi.fi/organization/contacts\\_25.html](http://www.fmi.fi/organization/contacts_25.html)
- SCHÖNWIESE, C.D.; RAPP, J. (1997). *Climate trend atlas of Europe based on observations 1891-1990*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 224 pp.