

ANÁLISIS DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA PROVINCIA DE ALICANTE, SURESTE DE ESPAÑA

Hassane MOUTAHIR¹, Martín DE LUIS^{2,3}, Roberto SERRANO-NOTIVOLI², Issam TOUHAMI¹, Juan BELLOT¹

¹ Dpto. de Ecología de la Universidad de Alicante

² Dpto. de Geografía de la Universidad de Zaragoza

³ Instituto Universitario de Ciencias Ambientales, Zaragoza
hassane_moutahir@yahoo.fr

RESUMEN

En la zona del Mediterráneo el análisis de los extremos climáticos es muy importante para entender el comportamiento del clima sobre todo en un contexto de cambio climático. El conocimiento de este comportamiento es crucial para el diseño de políticas de adaptación a los potenciales cambios de clima en el futuro. En este trabajo se analizan las tendencias de las precipitaciones en la provincia de Alicante durante el periodo 1953-2012 y los dos sub-periodos 1953-1982 y 1983-2012. Para ello se ha preparado una base de datos de precipitación de resolución diaria, el control de calidad y la reconstrucción de datos se llevaron a cabo utilizando los registros disponibles de precipitaciones diarias de las estaciones meteorológicas de la provincia de Alicante y en una franja de 50 km a su alrededor. El análisis de los extremos climáticos se realizó calculando 11 índices de extremos climáticos correspondientes a las precipitaciones. Los resultados muestran que las tendencias de cambio varían en el tiempo y en el espacio.

Palabras claves: Índices de extremos climáticos, base de datos climática diaria, reconstrucción de series, Alicante.

ABSTRACT

In the Mediterranean area the analysis of climate extremes is very important to understand the behavior of the climate especially in the context of global change. The understanding of this behavior is crucial for the design of policies of adaptation to potential climate changes in the future. In this work we analyze the precipitation trends in the province of Alicante over the period 1953-2012 and two sub-periods 1953-1982 and 1983-2012. A database of daily precipitation resolution was prepared; quality control and data reconstruction was performed using available daily records from weather stations inside the province of Alicante and in a range of 50 km around. The analysis of climate extremes was performed by calculating 11 precipitation extremes indices. The results show that precipitation trends vary over time and space.

Keywords: Climate extreme indexes, daily climate database, series reconstruction, Alicante.

INTRODUCCIÓN:

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2013) señala a la zona del Mediterráneo como una de las regiones que se verán especialmente afectadas por el cambio climático. Las previsiones climáticas para esta zona hablan de

un aumento de temperaturas y un descenso de precipitaciones que pueden tener grandes impactos a nivel ambiental como a nivel socioeconómico. Sin embargo, los cambios en las medias de las temperaturas y las precipitaciones no son la única preocupación en la zona. En efecto, cambios en la intensidad y frecuencia de eventos extremos son unos de los principales efectos esperados y estos últimos cambios pueden tener mayores impactos medioambientales y socioeconómicos que los cambios en las medias (Kunkel *et al.*, 1999).

Según el informe especial sobre eventos extremos (IPCC, 2012), un extremo climático es la ocurrencia de un valor de una variable meteorológica o climática por encima (o por debajo) de un valor de umbral cercano al extremo superior (o inferior) de la horquilla de valores observados de la variable. Sin embargo, la literatura sobre los extremos climáticos, en general, se basa en los índices de extremos que a su vez se basan en la probabilidad de ocurrencia de unos valores o la excedencia de unos umbrales. El estudio de los extremos climáticos se basa en el cálculo y el análisis de estos índices.

En este trabajo se pretende realizar un análisis de los cambios en los extremos climáticos y sus tendencias en la provincia de Alicante. En esta región del Mediterráneo, los potenciales cambios en el clima suponen un alto riesgo para los ecosistemas naturales pero también para el desarrollo socioeconómico basado en el turismo donde cualquier cambio en el clima o en los extremos climáticos afectaría a las actividades turísticas por la pérdida del confort climático (Olcina, 2012). La representación de los índices de extremos climáticos se ha cartografiado para una mejor interpretación de la variabilidad espacial.

ZONA DE ESTUDIO

La provincia de Alicante, que se extiende sobre una superficie de 5816 km², está ubicada en la costa sureste de la Península Ibérica y es una de las provincias españolas con mayor presión demográfica, con una densidad de población que supera a los 330 hab/km². La economía alicantina se basó históricamente en la agricultura y desde hace cuatro décadas en el turismo principalmente, actividades que han provocado grandes cambios irreversibles en los usos del suelo, intensificadas por la presión agrícola y el crecimiento urbanístico (Bellot *et al.*, 2007). Predomina el clima mediterráneo con precipitaciones que siguen un gradiente latitudinal variando desde medias anuales inferiores a 250mm en el Sur de la provincia hasta más de 850 mm en el Norte. Las temperaturas medias oscilan entre 20°C en el Sur y 14°C en el Norte y las zonas montañosas (Pérez, 1994). La orografía alicantina es muy diversa y sus altitudes van desde los cero metros a nivel del mar hasta más de 1500m en la sierra de Aitana. La vegetación natural de la zona está dominada por espartales, matorrales dominados por coscojares y bosques dominados por pinares y carrascales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el cálculo de los índices climáticos se han reconstruido los observatorios disponibles en el periodo de estudio en la provincia de Alicante (243 estaciones) con el apoyo de los ubicados en una franja 50 km alrededor de la misma (440 estaciones). Las estaciones utilizadas provienen en su mayoría de la red de observación de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), aunque también se han utilizado las de la Confederación Hidrográfica del Júcar y de la Red del SiAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

La reconstrucción de los observatorios se ha realizado a escala diaria, desde el 1 de enero de 1940 hasta el 31 de diciembre 2012. Para ello se han construido modelos polinomiales de segundo orden, individualizados para cada estación y día en función de la dependencia de cada dato de la latitud, la longitud, y la altitud respecto al conjunto de sus 10 vecinos más cercanos con observación registrada. Este método construye una serie de referencia para cada estación que se compara con la serie de observados. En el caso de que la relación de 1 a 10 entre observado y predicho se vea superada, se elimina el dato observado por considerarse anómalo, y los huecos se rellenan con la serie de predichos previamente calculada. Al tratarse de una reconstrucción a escala diaria, e individualizada por observatorios, el dato de cada uno de ellos ya es comparado con sus 10 vecinos más cercanos, quienes tendrán un comportamiento climático al menos similar, por lo que la aparición de inhomogeneidades en la serie final es improbable. Con todo, cada serie de medias anuales ha pasado un test de homogeneidad para evitar variaciones no debidas a la propia variabilidad del clima. Se aplicó así pues, el test de SNHT (Alexandersson, 1986) a cada uno de los observatorios.

Los 11 índices de extremos de precipitaciones (Tabla 1) analizados en este trabajo vienen de una lista de 27 índices climáticos propuestos por el grupo de expertos en la detección del cambio climático y sus índices (ETCCDI) (Peterson, 2005). El cálculo de estos índices se hizo mediante el paquete de R “climindex.pcic” que es una implementación de las rutinas para el cálculo de los índices desarrollado por el “Pacific Climate Impacts Consortium” de la Universidad de Victoria en Canadá. Los mapas se han creado con el método Kriging Ordinario.

Nombre	Definición
1-Rx1day	Máximo mensual de precipitación en 1 día
2-Rx5day	Máximo mensual de precipitación en 5 días
3-SDII	Índice simple de intensidad diaria
4-R10mm	Número de días con precipitación $PRCP \geq 10\text{mm}$
5-R20mm	Número de días con precipitación $PRCP \geq 20\text{mm}$
6-Rnnmm	Número de días con precipitación $PRCP \geq \text{nnmm}$, nn es un umbral fijado por el usuario
7-CDD	Número máximo de días secos consecutivos con $RR < 1\text{mm}$
8-CWD	Número máximo de días húmedos consecutivos con $RR \geq 1\text{mm}$
9-R95pTOT	Precipitación Total Anual cuando $RR > 95\text{p}$
10-R99pTOT	Precipitación Total Anual cuando $RR > 99\text{p}$
11-PRCPTOT	Precipitación Total Anual en días húmedos $RR \geq 1\text{mm}$

La tabla 1: los índices de extremos climáticos para la precipitación usados en este trabajo

RESULTADOS

El análisis de los índices de extremos climáticos en la provincia de Alicante se realizó analizando la variabilidad en el tiempo comparando los dos sub-periodos 1953-1982 y 1983-2012 sobre una serie media de todos los observatorios de la zona de estudio y en

el espacio cartografiando las medias y tendencia de los índices de extremos climáticos en el periodo 1953-2012 para todos los observatorios. El análisis de las tendencias y su significancia se hizo mediante el ajuste de un modelo de regresión lineal. Para considerar las tendencias significativas se consideró un umbral de $\alpha = 0.05$.

La variabilidad temporal de los índices de extremos de precipitación

Los índices de extremos climáticos en la provincia de Alicante se analizaron a dos escalas temporales; por un lado a escala de un periodo de 60 años desde 1953 hasta 2012 para ver los cambios en un largo periodo de tiempo, y por otro a escala de dos sub-periodos de 30 años cada uno, de 1953 a 1982 y de 1983 a 2012 con el fin de comparar entre dos periodos de longitudes equivalentes. Los valores medios de los índices y sus tendencias para toda la zona en los 3 periodos estudiados se presentan en las tablas 2 y 3 sucesivamente. Además de los valores medios se hizo una comparación de las medias mediante el t-test y cálculo del cambio en porcentajes según la metodología propuesta por Frich *et al.* (2002).

La tabla 2 muestra una gran variabilidad en los valores medios de los índices y sus tendencias en los tres periodos estudiados. El índice PRCPTOT que representa la precipitación total anual es del orden de 477.1mm en el periodo largo pero esta media se ha visto reducida en más de 30 mm entre el primer sub-periodo y el segundo, pasando de 492.4 a 461.8mm. Esa misma tendencia negativa se observa en el caso del índice SDII que representa el índice simple de intensidad diaria. Al contrario del descenso observado en los dos índices citados anteriormente, se observa un aumento en los índices R95ptot y R99ptot de los días muy húmedos y extremadamente húmedos al igual que el índice Rx1day que representa la cantidad máxima de precipitación en un día. El test de comparación de medias indicó que solo 3 índices (SDII, R10mm y R20mm) mostraron diferencias significativas entre el periodo 1953-1982 y el periodo 1983-2012. Los mayores porcentajes de cambio se observaron en los mismos índices con diferencias significativas superando el 20% con signo negativo y en el índice R99ptot superando el 33% con un signo positivo.

La Tabla 3 recoge los valores medios de las tendencias de cambio en los índices para toda la zona. Una de las tendencias más destacadas es la inversión en la tendencia del índice de precipitación total (PRCPTOT). Mientras que se obtiene una tendencia negativa a escala del periodo 1953-2012 y del sub-periodo 1953-1982, la misma es positiva en el último (1983-2012) lo que señala que el descenso en el valor medio de la PRCPTOT entre el primer sub-periodo y el segundo es debido a años más secos al inicio del segundo sub-periodo (1983-2012) y que el final de este periodo es más húmedo. Otro aspecto destacado es la tendencia negativa en los índices Rx1day, Rx5day, R95ptot y R99ptot a pesar de la tendencia positiva en la precipitación total anual. Finalmente cabe destacar una tendencia negativa en el número de días secos consecutivos CDD en los tres periodos estudiados.

La variabilidad espacial de los índices de extremos de precipitación

Las figuras 1a-11a representan la distribución espacial de los índices de precipitaciones a escala de la provincia de Alicante mientras que las figuras 1b-11b muestran la

variabilidad espacial de sus tendencias y donde esas tendencias son significativas (las estaciones señaladas con los triángulos negros).

Las precipitaciones medias anuales, como lo muestra el mapa del índice PRCPTOT (Fig. 1a), siguen un gradiente latitudinal y van de menos de 300mm en el centro y el sur hasta más de 800mm en el norte y superando el umbral de 900mm en zonas puntuales. A pesar de que el valor medio de la tendencia del índice PRCPTOT es negativo para toda la zona (tabla 3) la tendencia no es la misma en todo el territorio alicantino (Fig. 1b). En efecto, las tendencias negativas solo se concentran en la zona central y sobre todo en la zona sur de la mitad norte de la provincia en las mismas comarcas donde se registraron bajadas significativas en la precipitación total anual entre los dos sub-periodos estudiados en este trabajo. En la parte sur y suroeste se registra una ligera tendencia positiva mientras que una tendencia positiva significativa se observa en la parte norte entre la comarca de la Marina Alta y el Comtat.

La distribución espacial de la mayoría de los índices y sus tendencias siguen los mismos patrones que el índice PRCPTOT con algunas diferencias. En efecto, las tendencias de índice SDII son negativas y significativas en el todo el territorio (Fig. 6). Las tendencias del índice R1mm son positivas y significativas en la mayor parte de la provincia y las zonas de mayor aumento se concentran en el norte y en el oeste en la frontera con la provincia de Albacete y Murcia. Los días con precipitaciones mayores a 10mm y 20mm (R10mm y R20mm) también mostraron tendencias diferentes en el espacio con valores negativos y significativos en la parte sur de la mitad norte de la provincia.

El índice del número máximo de días secos consecutivos (CDD) que puede ser un indicador de la longitud de la estación seca puede ir de una media de 54.5 días consecutivos sin lluvia en el norte hasta 90 días en la parte sur en el límite con Murcia. La media de este índice es de 70 días y se registra en una gran parte del territorio. La tendencia de este índice es negativa y significativa en una gran parte del territorio y es positiva en las comarcas de Alacantí, del Bajo Vinalopó y del Bajo Segura.

	Rx1day	Rx5day	SDII	R10mm	R20mm	R1mm	CDD	CWD	R95ptot	R99ptot	PRCPTOT
1953-2012	66.0	117.8	11.6	14.2	6.5	40.1	70.7	4.6	126.7	38.8	477.1
1953-1982	62.8	118.7	12.7	15.5	7.1	37.9	73.4	4.7	123.9	30.9	492.4
1983-2012	69.2	116.9	10.6	12.9	5.8	42.3	68.1	4.6	129.6	46.6	461.8
t-test p.value	0.26	0.88	0.00***	0.01**	0.03*	0.06	0.15	0.57	0.77	0.15	0.41
% cambio	9.2	-1.5	-20.3	-20.7	-22.3	10.4	-7.7	-2.8	4.4	33.6	-6.6

Tabla 2: La media de los índices de extremos climáticos en los periodos 1953-2012, 1953-82 y 1983-2012

	Rx1day	Rx5day	SDII	R10mm	R20mm	R1mm	CDD	CWD	R95ptot	R99ptot	PRCPTOT
1953-2012	0.08	-0.32	-0.07	-0.08	-0.04	0.17	-0.23	0.00	-0.09	0.19	-0.94
1953-1982	-0.19	-1.23	-0.10	-0.14	-0.09	0.02	-0.52	-0.02	-1.31	-0.32	-3.72
1983-2012	-0.43	-1.02	-0.05	0.07	0.04	0.43	-0.29	0.02	-0.56	-1.31	2.32

Tabla 3: La tendencia media de los índices de extremos climáticos en los periodos 1953-2012, 1953-82 y 1983-2012

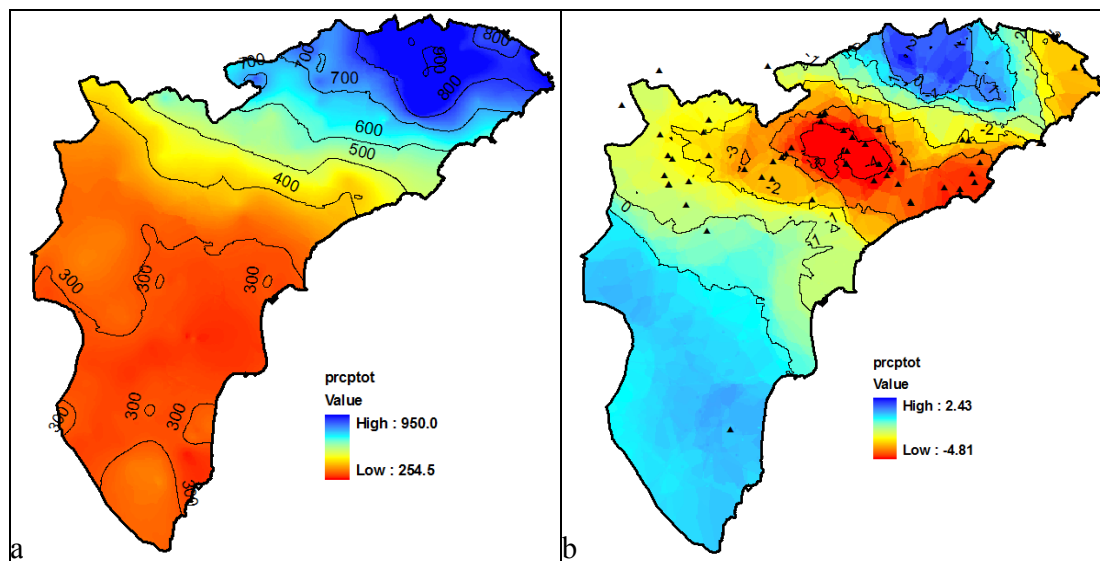


Fig. 1: Mapa del índice PRCPTOT (a) y su tendencia (b)

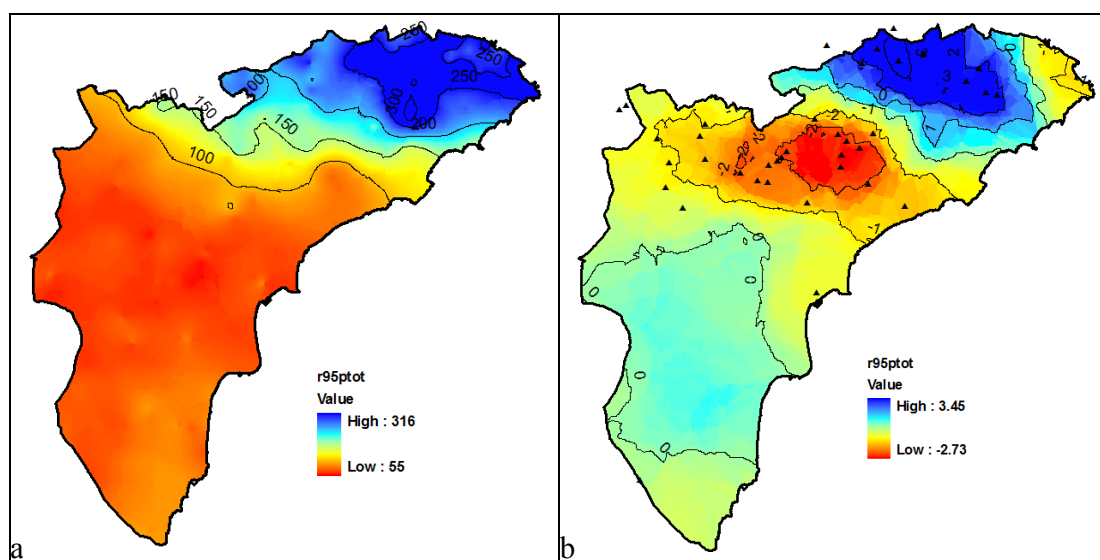


Fig. 2: Mapa del índice R95ptot (a) y su tendencia (b)

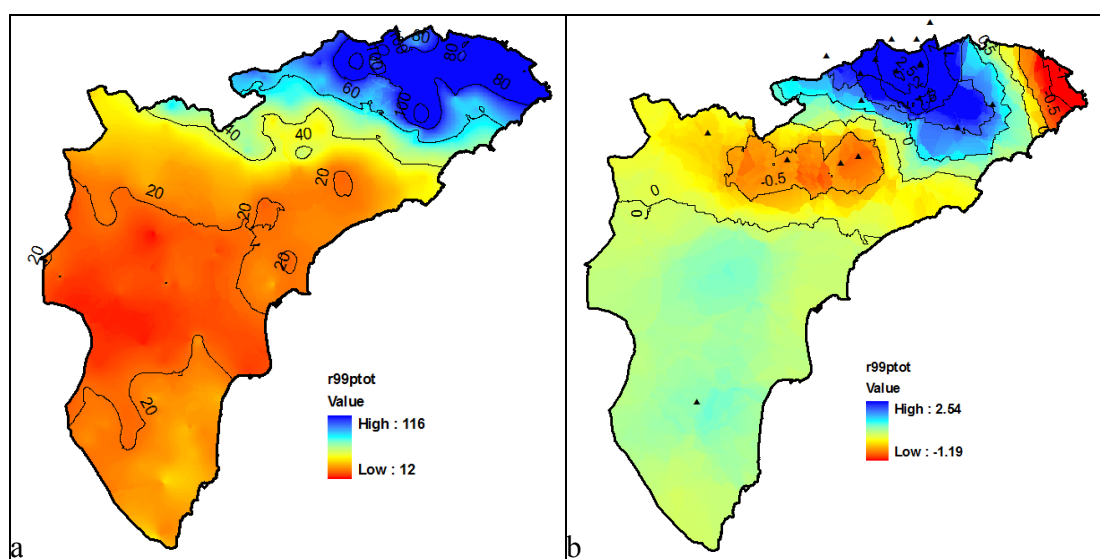


Fig. 3: Mapa del índice R99ptot (a) y su tendencia (b)

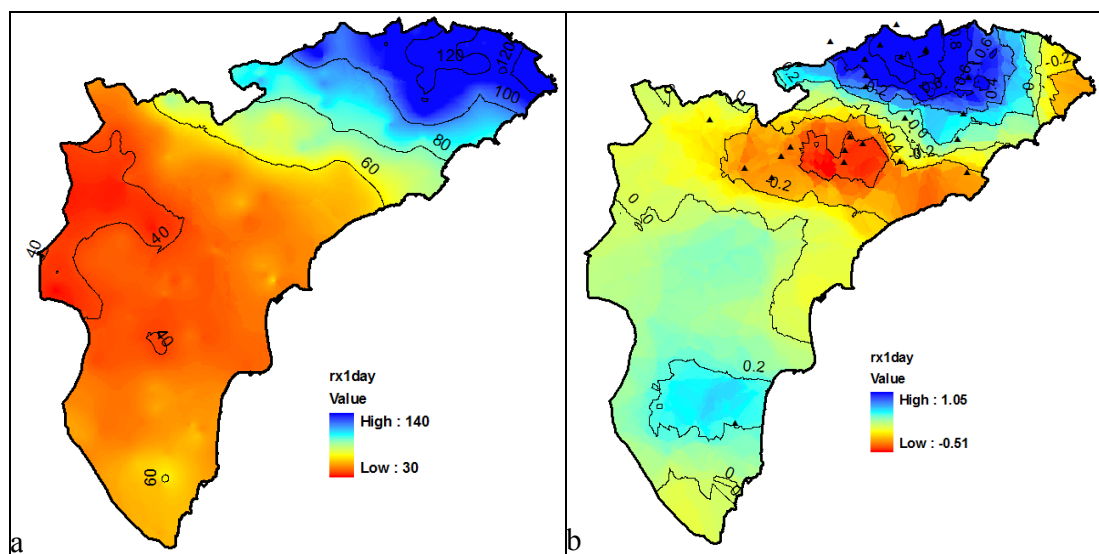


Fig. 4: Mapa del índice Rx1day (a) y su tendencia (b)

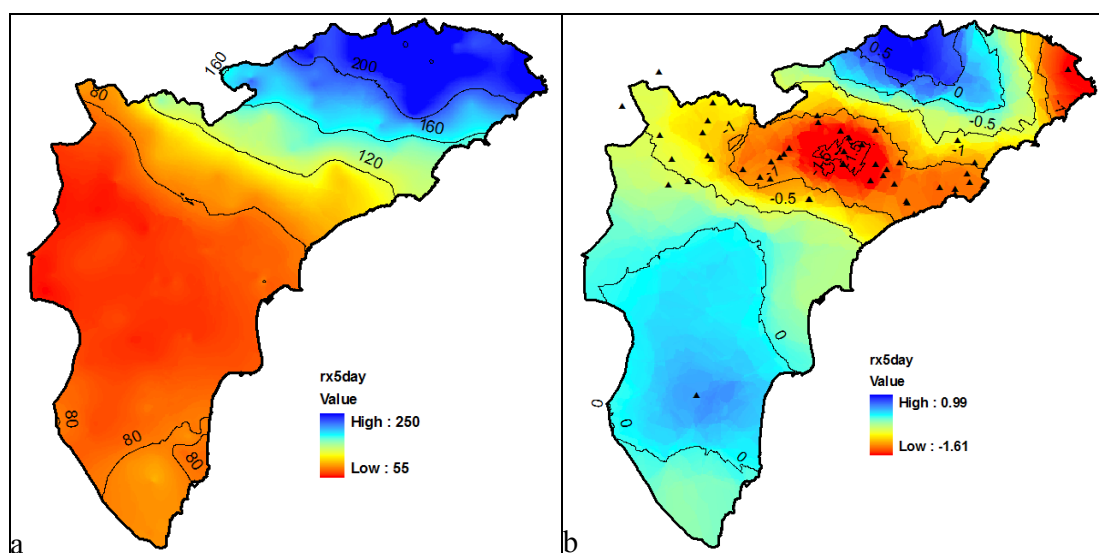


Fig. 5: Mapa del índice Rx5day (a) y su tendencia (b)

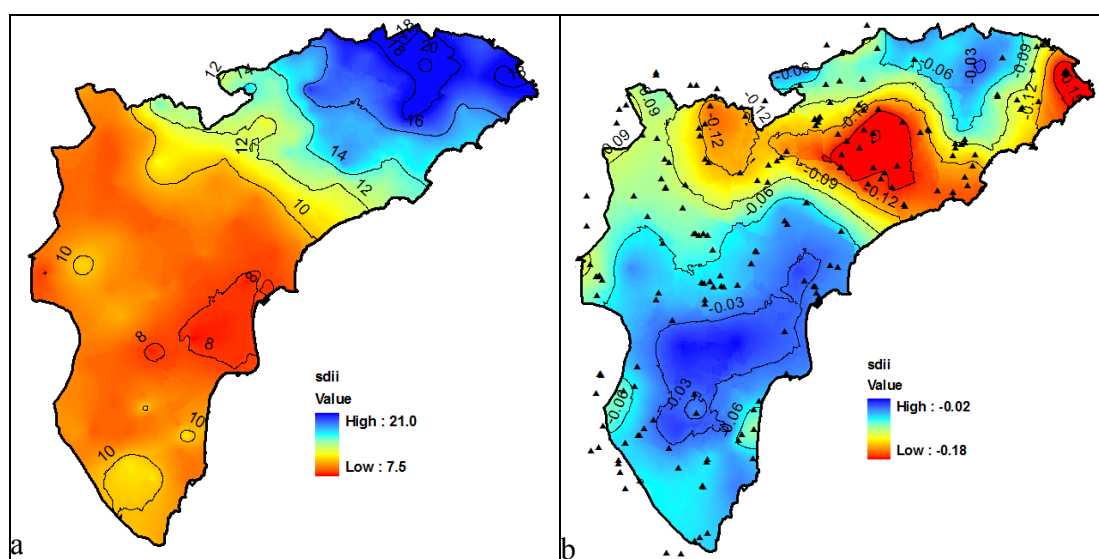


Fig. 6: Mapa del índice SDII y su tendencia en la provincia de Alicante

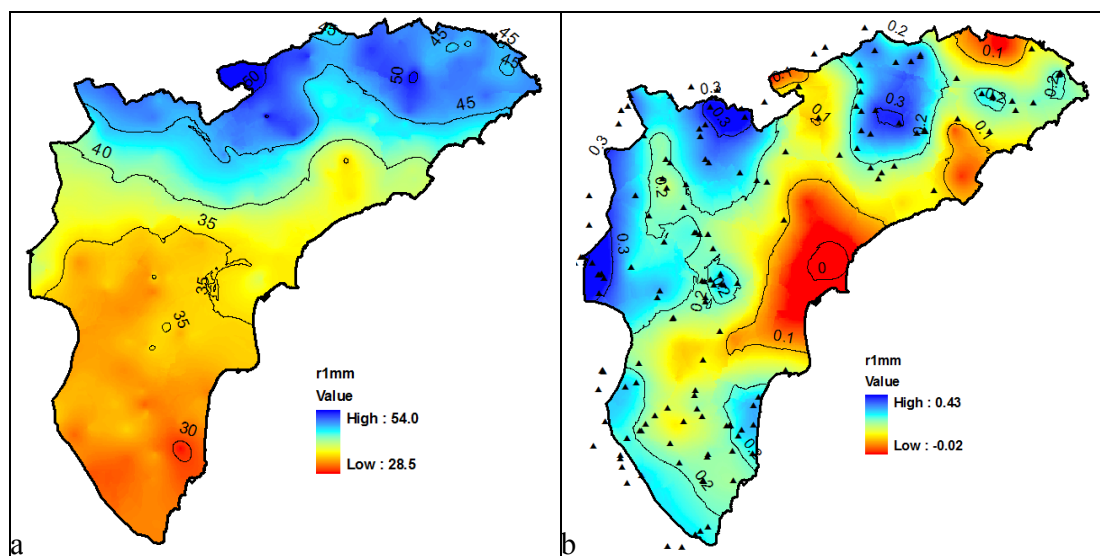


Fig. 7: Mapa del índice R1mm (a) y su tendencia (b)

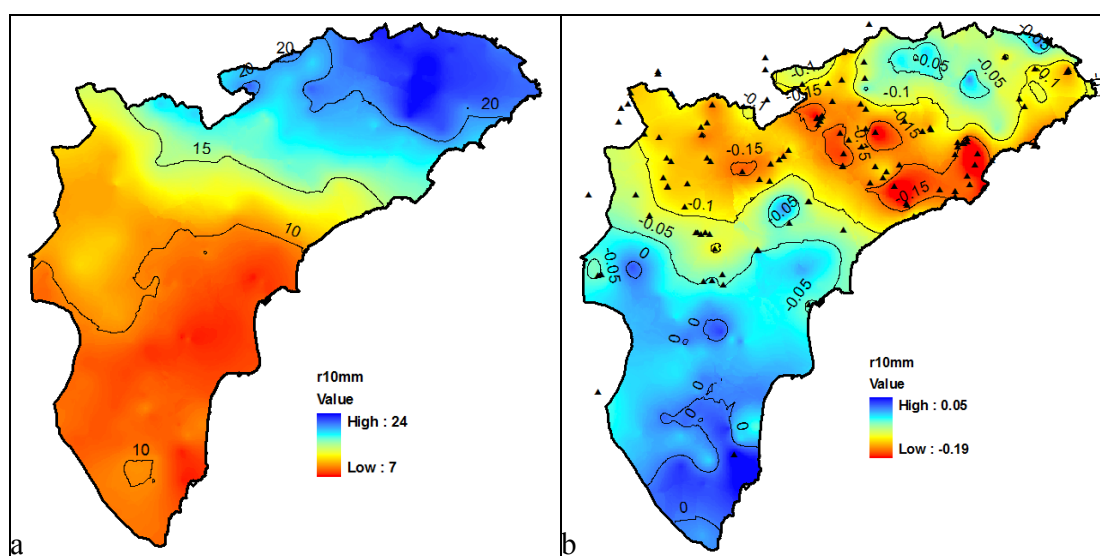


Fig. 8: Mapa del índice R10mm (a) y su tendencia (b)

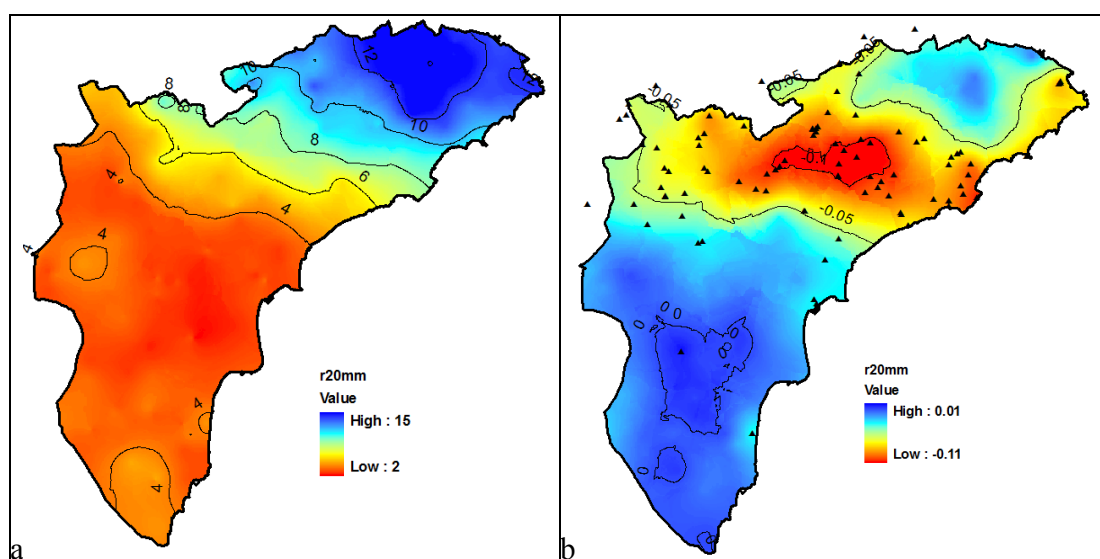


Fig. 9: Mapa del índice R20mm (a) y su tendencia (b)

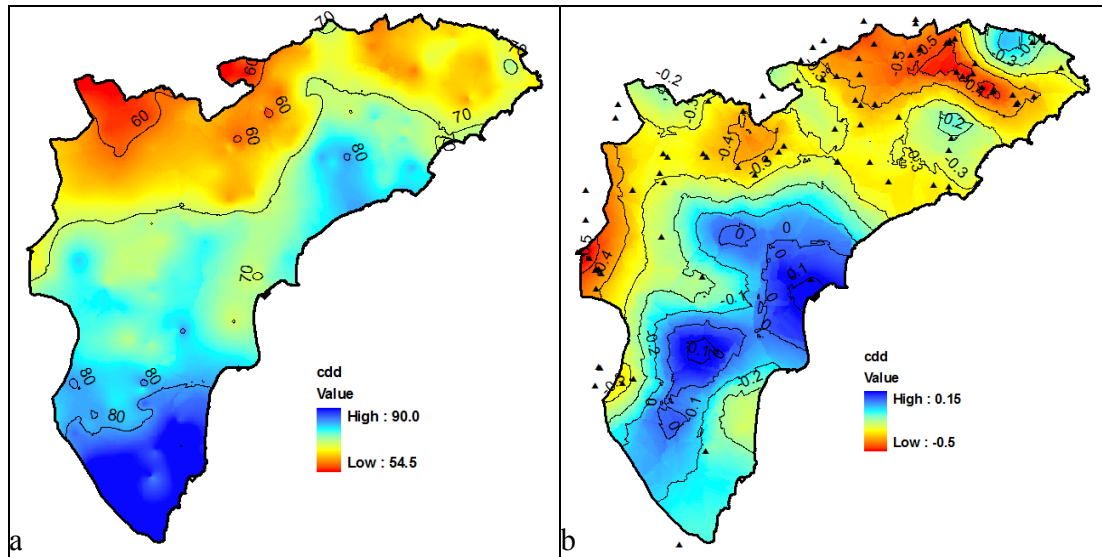


Fig. 10: Mapa del índice CDD (a) y su tendencia (b)

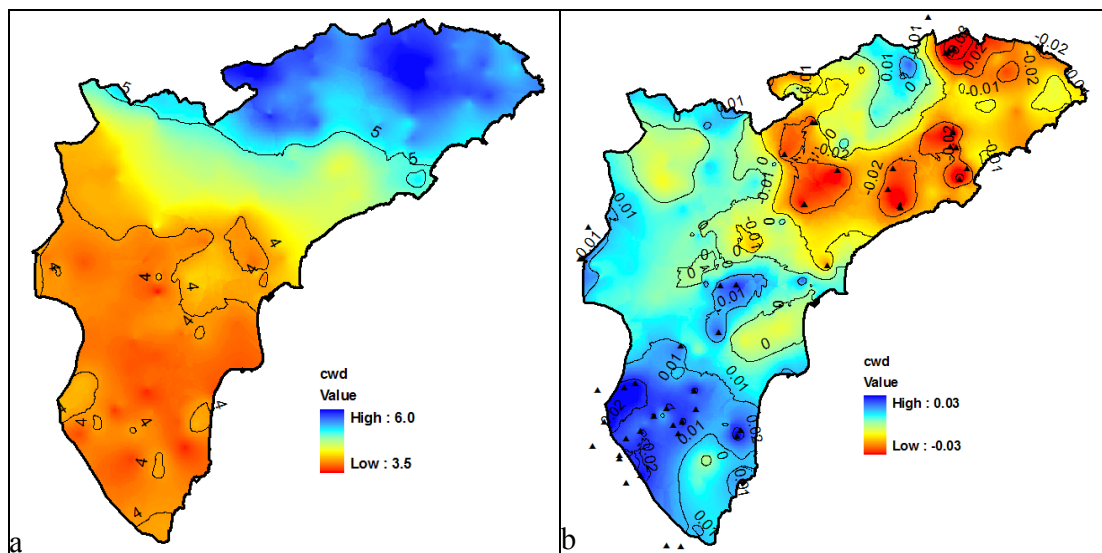


Fig. 11: Mapa del índice CWD (a) y su tendencia (b)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo indican una tendencia de cambio en las precipitaciones variable en el espacio a escala de toda la provincia de Alicante en las últimas décadas. Sin embargo las tendencias negativas son las más significativas lo que coincide con los resultados obtenidos por De Luis *et al.* (2000) a escala de la Comunidad Valenciana y por el IPCC (2012) y Frich *et al.* (2002) a escala global.

El cambio de la escala temporal y espacial afecta a los resultados obtenidos. En efecto, las tendencias observadas a lo largo del periodo 1953-2012 no siempre coinciden con las tendencias observadas en los sub-periodos de 1953 a 1982 y de 1983 a 2012. En el espacio las tendencias varían de norte a sur y tendencias significativas se han visto concentradas en zonas limitadas del territorio para la mayoría de los índices de extremos analizados en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), la Confederación Hidrográfica del Júcar y la Red del SiAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío) por facilitarnos los datos climáticos. También agradecen el apoyo financiero del Ministerio de Economía y Competitividad a través del proyecto ECOBAL (CGL2011-30531-C02-01).

REFERENCIAS

Alexandersson, H. 1986. A homogeneity test applied to precipitation data, *J. Climatol.*, 6, 661–675.

Bellot, J., Bonet, A., Peña, J., et Sánchez, J.R (2007). Human impacts on land cover and water balances in a coastal Mediterranean county. *Environmental Management* , 39: 412–422.

De Luís M, Raventós J, González-Hidalgo JC, Sánchez JR, Cortina J (2000). Spatial analysis of rainfall trends: a case study in Valencia Region (E Spain). *Int J Climatol* 20:1451–1469

Frich, P., L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M.G. Klein Tank, and T. Peterson (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Clim. Res.*, 19, 193-212.

IPCC, (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.

IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Kunkel, K.E., Pielke, R.A., Changnon, S.A., (1999). Temporal fluctuations in weather and climate extremes that cause economic and human health impacts: a review. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 80, 1077 – 1098.

Olcina Cantos, J.,(2012). Turismo y cambio climático: una actividad vulnerable que debe adaptarse. *Investigaciones Turísticas*. N. 4 (jul.-dic. 2012). ISSN 2174-5609, pp. 1-34

Pérez Cueva A.J. (coordinador) (1994). Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte, Generalitat Valenciana. 208 pp

Peterson, T.C., (2005). Climate Change Indices. *WMO Bulletin*, 54 (2), 83-86.