

DINÁMICA DE LA PRECIPITACIÓN TORRENCIAL EN EL SUR DE ESPAÑA

José Antonio SILLERO MEDINA¹, Julián MOLINA LUQUE², José Damián RUIZ SINOGA¹

¹*Laboratorio de Geomorfología y Suelos. Departamento de Geografía. Universidad de Málaga.*

²*Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas). Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Málaga.*

jasillero@uma.es, julian.molina@uma.es, sinoga@uma.es

RESUMEN

En ámbitos mediterráneos a la hora de determinar patrones pluviométricos y su dinámica, han de considerarse no solo aspectos cuantitativos, sino variables conectadas con la intensidad, duración y frecuencia de las lluvias. Así, el principal objetivo de este estudio pasa por caracterizar el patrón torrencial de la dinámica pluviométrica reciente. Para ello, se han analizado los datos de lluvia de diferentes estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo de la cuenca mediterránea andaluza, teniendo en cuenta los diferentes umbrales de torrencialidad definidos para precipitaciones diarias, horarias y diezminutales. Las principales técnicas utilizadas se han basado en análisis estadísticos y probabilísticos, no obstante, se ha desarrollado la metodología para el cálculo de la erosividad de la lluvia. Los resultados muestran un incremento en el número de eventos torrenciales y en la erosividad de la lluvia. Este estudio confirma la creciente importancia de los aguaceros mediterráneos o precipitación geomorfológica, eventos de corta duración capaces de activar procesos hidrológicos en las formaciones superficiales.

Palabras clave: Cambio climático, Mediterráneo, Torrencialidad, Riesgo.

ABSTRACT

To determine rainfall patterns and their dynamics in Mediterranean areas, variables connected with rainfall intensity, duration, and frequency, as well as quantitative aspects, must be considered. Thus, the main objective of this study is to characterize the torrential pattern of recent rainfall dynamics. To this end, rainfall data from different meteorological stations distributed throughout the Andalusian Mediterranean basin have been analyzed, considering the different rainfall thresholds defined for daily, hourly, and ten-minute rainfall. The main methods used have been based on statistical and probabilistic analyses, however, the methodology for calculating rainfall erosivity has been developed. The results show an increase in the number of torrential events and rainfall erosivity. This study confirms the growing importance of Mediterranean downpours or geomorphological rainfall, short duration events capable of activating hydrological processes in surface formations.

Key words: Climate change, Mediterranean, Torrentiality, Risk.

1. INTRODUCCIÓN

Los riesgos hídricos, y la vulnerabilidad de la población afectada son considerados uno de los problemas ambientales desencadenados de los efectos del cambio climático (IPCC, 2021). Así, diversos autores (Meehl et al., 2007; Ruiz Sinoga et al., 2011; Fischer y Knutti, 2015; Sillero-Medina et al., 2019, 2021; Olcina, 2020; etc.) han mostrado su interés por este fenómeno y han centrado sus trabajos de investigación en la identificación de eventos climáticos extremos.

Las proyecciones y escenarios futuros de cambio climático, las características ambientales, fisiográficas y antrópicas de la región mediterránea y, en términos climáticos, el factor mediterraneidad (I Clar, 1988; De Castro et al., 2005; Ruiz Sinoga et al., 2015) determinan al área mediterránea como una de las de mayor fragilidad e incertidumbre bajo el paradigma de Cambio Global (IPCC, 2021). En este sentido, Olcina (2020) y el IPCC (2021) distinguen como uno de los principales fenómenos asociados al cambio climático en el área mediterránea la modificación en el patrón y dinámica pluviométrica, haciendo hincapié en su estacionalidad e intensidad, con un incremento en la aparición de eventos torrenciales.

La precipitación torrencial ha sido comprendida desde multitud de enfoques, así pues, Martín-Vide (1989), Senciales y Ruiz (2013) y Olcina (2017) definen este término como las lluvias generadoras de corrientes de aguas rápidas, impetuosas y no duraderas, alcanzando como mínimo 100 mm en 24 horas. No obstante, desde la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2013) este umbral de torrencialidad se situaría en los 60 mm en 60 minutos. Estas catalogaciones están realizadas para el ámbito nacional en su totalidad, sin embargo, la variabilidad pluviométrica y paisajística, especialmente en ambientes mediterráneos, hace precisar de un mejor ajuste de la definición de torrencialidad, identificando las características del aguacero a partir del cual se hayan registrado históricamente consecuencias de elevada gravedad, ya sean de carácter físico o humano (Olcina, 2000 2009). De este modo, Sillero-Medina et al. (2019) determinó un nuevo umbral de torrencialidad para identificar a los aguaceros de escasa duración y de elevada intensidad con capacidad de alterar las formaciones superficiales y activar procesos de degradación en el sistema eco-geomorfológico. Este umbral se estableció en 10 mm en 10 minutos, denominando a estos eventos como “precipitación geomorfológica”.

Por su parte, la consideración de la erosividad de esta lluvia de gran intensidad es fundamental para realizar un acercamiento a los procesos hidro-geomorfológicos acontecidos en el territorio (Ruiz Sinoga et al., 2015). La erosividad de la precipitación recoge una aproximación de la energía cinética que provoca el impacto de las gotas de lluvia de un evento determinado sobre el territorio, estimando el potencial erosivo de las mismas en un área concreta (Roldán y Fernández, 2006).

Bajo estas consideraciones el objetivo de este estudio ha pasado por (a) determinar la frecuencia de las precipitaciones torrenciales a escala diaria, horaria y diezminutal en la serie de datos analizada; (b) estimar el periodo de retorno para estos umbrales; y (c) caracterizar la erosividad de las precipitaciones torrenciales.

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El área seleccionada se corresponde con la franja mediterránea andaluza del sur de España, zona que se extiende a lo largo de la Cordillera Bética Litoral, donde se identifican grandes contrastes pluviométricos de más de 1000mm anuales. Este gradiente pluviométrico refleja la acusada variabilidad climática mediterránea, donde en el sector más occidental identificamos un clima mediterráneo de condiciones húmedas y, en el sector más oriental, unas condiciones asociadas al clima mediterráneo semiárido y árido (Ruiz-Sinoga y Romero Díaz 2010) (Fig. 1).

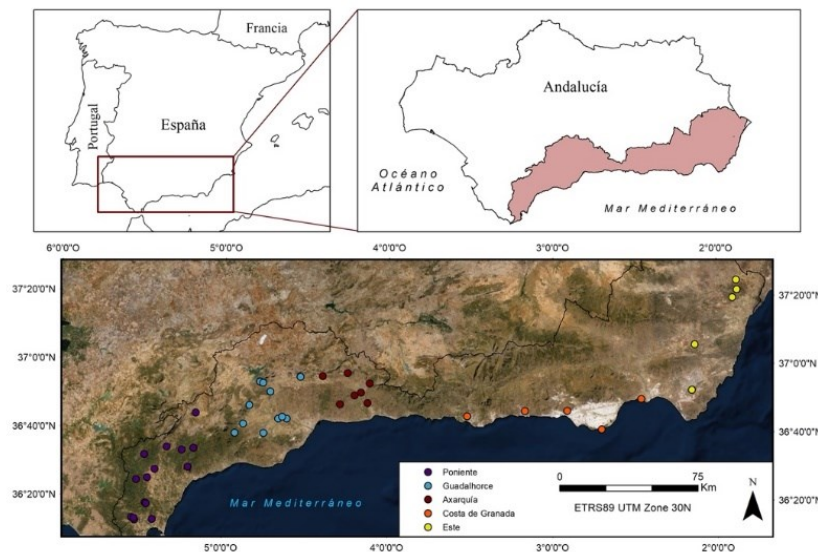


Fig. 1: Localización del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de IECA y Red SAIH.

2.2. Análisis pluviométrico

2.2.a. Fuentes de información

El análisis de las precipitaciones se llevado a cabo a partir de los datos obtenidos de la Red S.A.I.H. Hidrosur para un total de 44 estaciones meteorológicas distribuidas por la provincia de Málaga, de las cuales 16 se ubican en el sector más oriental de la provincia de Cádiz y más occidental de la provincia de Málaga, en el entorno de Campo de Gibraltar y Serranía de Ronda (Poniente); 11 a la cuenca del río Guadalhorce (Guadalhorce); 7 en la comarca malagueña de la Axarquía (Axarquía); 5 en la franja costera de la provincia de Granada (Costa de Granada); y por último, 5 en el área más oriental del mediterráneo andaluz, en la provincia de Almería (Este) (Fig. 1). La serie de datos utilizada abarca desde 1997 hasta 2021, con un total de 25 años.

2.2.b. Torrencialidad

El carácter extremo de los eventos de precipitación ha sido evaluado a partir de los umbrales de torrencialidad definidos tanto a escala diaria ($\geq 100 \text{ mm } 24\text{h}^{-1}$) (Martín-

Vide, 1989; Senciales y Ruiz, 2013; Olcina, 2017), horaria (60 mm h^{-1}) (AEMET, 2013) como diezminutal ($\geq 10 \text{ mm } 10\text{min}^{-1}$) (Sillero-Medina et al., 2019). Así, se han cuantificado los episodios con estas características de intensidad en cada una de las zonas delimitadas para el estudio, obteniendo de esta forma valores de frecuencia e incidencia de los eventos pluviométricos más extremos en la franja mediterránea andaluza y los contrastes existentes entre características climáticas mediterráneas diferenciadas.

A partir de los valores de frecuencia obtenidos, se ha evaluado la probabilidad de aparición de al menos un evento torrencial en un año (p) para cada uno de los umbrales analizados. Esta probabilidad de aparición ha sido utilizada para determinar el periodo de retorno (T) de estos eventos torrenciales, atendiendo a la relación existente entre ambos parámetros:

$$p = \frac{1}{T}$$

Entendiendo, por lo tanto, que este periodo de retorno se entendería como la probabilidad de no ocurrencia de un evento torrencial.

$$1 - p_k = 1 - \frac{1}{T}$$

2.2.c. Erosividad de la lluvia

La erosividad de la lluvia ha sido evaluada mediante el factor R (Wischmeier y Smith, 1958; Morgan, 2001). Así, la metodología aplicada para la determinación de este índice de erosividad potencial se ha llevado a cabo a partir de las siguientes ecuaciones (Abu Hammad et. al, 2004; Diodato, 2006), utilizando intensidades máximas en diez minutos para obtener un mayor nivel de detalle del evento y no ocultar el aguacero mediterráneo en periodos de mayor duración:

$$R = E * I10_{max}$$

Donde E es la energía total para una tormenta e $I10_{max}$ es la intensidad máxima recogida en 10 minutos. La energía total para una tormenta se calcula a partir de:

$$E = \sum_{k=1}^m e_k \Delta V_k$$

Donde e es la unidad de energía, ΔV la cantidad de lluvia para el período k , $k =$ un índice para los períodos en los que el aguacero es considerado constante, m el número total de periodos. Se calcula la energía unitaria:

$$e = 0,29[1 - 0,72 \exp(-0,082i)]$$

Donde la unidad de energía e tiene unidades de $\text{MJha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ e i es la intensidad de la lluvia (mm h^{-1}).

Este cálculo se ha ejecutado para los datos de precipitación anual y para los eventos torrenciales diezminutales (precipitación geomorfológica).

2.2.d. Análisis estadístico

En el análisis estadístico aplicado se llevaron a cabo cálculos básicos para la caracterización general de la variable pluviométrica: media, desviación estándar y coeficiente de variación. El procedimiento fue ejecutado en el software IBM-SPSS, versión 24.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los eventos torrenciales, en la línea de las proyecciones del IPCC (2021) y de los estudios de Acero et al. (2011), Senciales y Ruiz (2013) y Olcina (2017), siguen una clara tendencia al incremento en las últimas décadas. En este sentido, la figura 2 refleja la evolución ascendente del número de eventos catalogados como torrenciales en las cinco áreas seleccionadas de la franja mediterránea. Pese a esta tendencia compartida, es necesario diferenciar, en primer lugar, la mayor presencia de eventos torrenciales en la zona de Poniente, con varios años con más de veinte eventos de torrencialidad registrados, alcanzándose 36 eventos en el año 2018. Por otro lado, la segunda cuestión a matizar es el ritmo de esta tendencia al incremento, igualmente destacable en Poniente y Guadalhorce, especialmente a partir del año 2006 y acentuándose entre 2015 y 2020.

De este modo, la figura en cuestión muestra un claro aumento en la presencia de eventos torrenciales en toda el área analizada, pero identificando situaciones actuales y ritmos de tendencia contrastados, con una mayor preocupación en el ámbito más occidental, de características mediterráneas húmedas y subhúmedas.

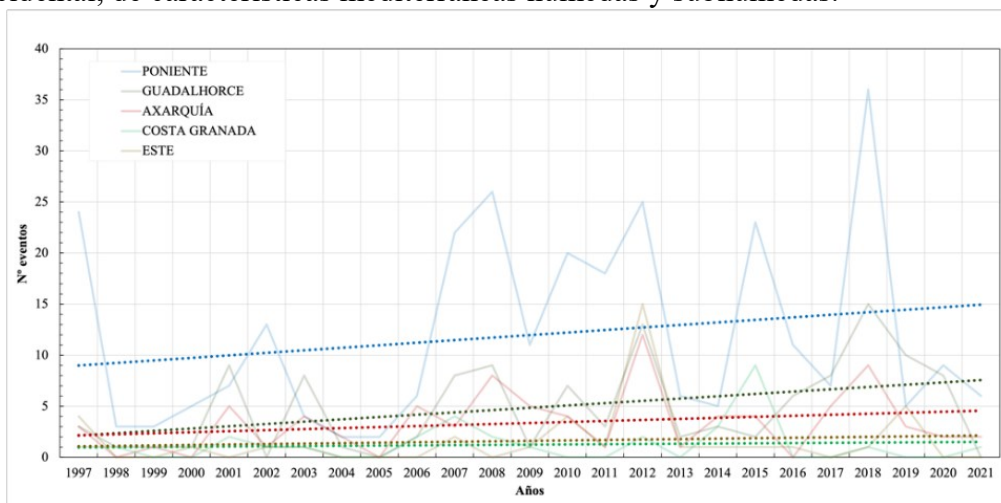


Fig. 2: Evolución del número de eventos de precipitación torrencial entre los años 1997 y 2021. Fuente: elaboración propia a partir de Red SAIH.

En consideración de la ocurrencia de estos eventos torrenciales, la tabla 1 muestra el periodo de retorno medio para cada uno de los umbrales de torrencialidad definidos y para las zonas seleccionadas. En su análisis es importante considerar diferentes aspectos como la importancia del componente espacial en este tipo de episodios pluviométricos y las condiciones del sistema eco-geomorfológico en las que se produce. El periodo de retorno para los eventos considerados como torrenciales a escala diaria es mayor en el área oriental, donde en Costa de Granada no se ha

registrado ningún evento de estas características en toda la serie de datos y, para la zona Este, tan solo uno. En cuanto a la torrencialidad horaria, se trata del umbral de escasa sensibilidad, al mostrar periodos de retorno de 12,5 años en el caso de Poniente y Axarquía y, por otro lado, de 25 años para el resto de las áreas. En este sentido, Casas et al. (2010) y Olcina (2017) destacan la poca ocurrencia de estos eventos en los que se llega a superar los 60 mm en una hora, siendo necesario utilizar umbrales de torrencialidad más sensibles y que consideren a los aguaceros de forma más detallada, resultando un proceso clave para entender la dinámica de los procesos hidro-geomorfológicos de ambientes mediterráneo. Este umbral no ha sido suficiente para identificar a los frecuentes aguaceros mediterráneos considerados como potencialmente modificadores geomorfológicos y, por tanto, del paisaje (Sillero-Medina et al., 2019).

Por último y consecuente a esta escasa sensibilidad, el umbral definido a escala diezminutal obtiene valores de retorno prácticamente anuales, observándose la misma degradación hacia el sector oriental que en el umbral diario. Así, se trata de un umbral que, pese a no destacar por sus altas cantidades registradas, identifican unas características de intensidad-duración-frecuencia con una gran capacidad de generar impactos territoriales y ocasionar graves pérdidas socioeconómicas (Torrens Calleja et al., 2016)

Área	10mm 10min ⁻¹	60mm 1h ⁻¹	100mm 24h ⁻¹
Poniente	1,00	12,5	1,25
Guadalhorce	1,19	25	2,08
Axarquía	1,19	12,5	4,17
Costa de Granada	1,79	25	-
Este	1,67	25	25,00

Tabla 1: Periodo de Retorno (T años) medio de los eventos torrenciales entre los años 1997 y 2021. Fuente: elaboración propia a partir de Red S.A.I.H. Hidrosur.

La incidencia de la precipitación en el territorio no puede entenderse de forma homogénea, así pues, desde una perspectiva geomorfológica, un determinado aguacero sobre un suelo desnudo genera una mayor movilización-escorrentía-degradación que en el caso de áreas protegidas y, por tanto, con un mayor grado de resistencia (Martínez-Murillo y Ruiz-Sinoga, 2007). Del mismo modo, las variables ligadas a la fisiografía van a condicionar estas consecuencias. En la región mediterránea, donde la litología y la pendiente favorecen los procesos de erosión laminar, la preocupación por los procesos de degradación del suelo es máxima (Ruiz Sinoga et al., 2015). De este modo, conociendo las características de cada ambiente estudiado, donde las condiciones ambientales del área occidental están ligadas a un clima mediterráneo subhúmedo y a unas condiciones de biostasia y; por el contrario, el área oriental, de condiciones semiáridas y áridas se vinculan a procesos de rexistasia (Ruiz Sinoga et al., 2010), es interesante conocer cuál es la erosividad de la lluvia en cada uno de estos sistemas eco-geomorfológicos.

La figura 3 muestra la evolución de la erosividad de la lluvia media, máxima y mínima de los ambientes seleccionados. Se observa una tendencia ligeramente ascendente en el periodo de tiempo analizado. Los valores medios para estas áreas analizadas son

cercanos a $1.500 \text{ MJha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, con registros muy variables, encontrando máximos en estos datos medios superiores a $3.000 \text{ MJha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ en 2012 y mínimos de apenas $400 \text{ MJha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ en 2005.

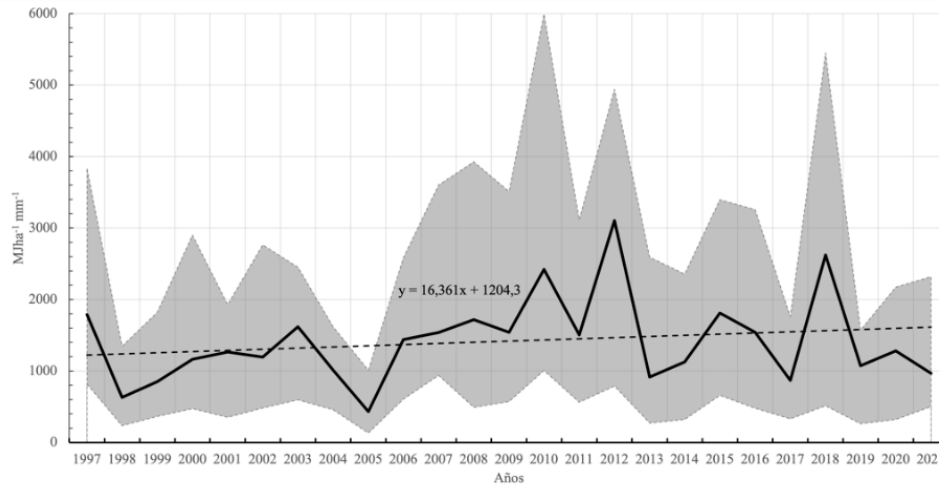


Fig. 3: Evolución de la erosividad de la lluvia (factor R) entre los años 1997 y 2021 (promedio, máximo y mínimo). Fuente: elaboración propia a partir Red SAIH.

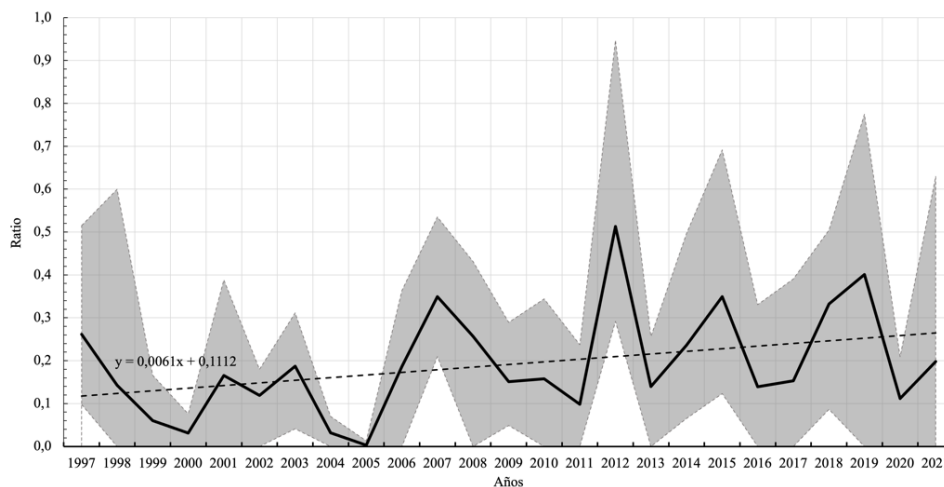


Fig. 4: Evolución de la ratio de la erosividad de la lluvia (factor R) de los eventos de torrencialidad diezminutal con respecto a la erosividad de la lluvia total entre los años 1997 y 2021 (promedio, máximo y mínimo). Fuente: elaboración propia a partir Red SAIH.

En la figura 4 se muestra la representatividad de la erosividad de la lluvia que presentan estos aguaceros diezminutales en el total anual. Se identifica una tendencia claramente ascendente en esta ratio, con valores medios entorno a 0,19 (Tabla 2). Sin embargo, los valores máximos ofrecen una información fundamental, identificando años en los que la erosividad de la lluvia definida como geomorfológica supone hasta el 95% de la erosividad de la lluvia anual. Atendiendo al componente espacial, estos valores máximos no siguen esta degradación hacia el sector oriental, sino que es en

este extremo de condiciones más vinculadas al clima mediterráneo árido y semiárido las que presentan los valores más elevados.

	Poniente	Guadalhorce	Axarquía	Costa de Granada	Este
Promedio	0,18	0,20	0,19	0,19	0,19
Máximo	0,48	0,70	0,46	0,69	0,95

Tabla 2: Ratio de la erosividad de la lluvia (factor R) de los eventos de torrencialidad diezminutal con respecto a la erosividad de la lluvia total entre los años 1997 y 2021 (promedio y máximo). Fuente: elaboración propia a partir Red SAIH.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio identifican una tendencia al incremento en el número de eventos torrenciales tanto a escala diaria, horaria como diezminutal. Así, el área más occidental es el que recoge el mayor número de eventos torrenciales y la mayor intensidad en este incremento. Por otra parte, la estimación de los periodos de retorno refleja, por un lado, este carácter más torrencial en el área subhúmeda y, por otro lado, una escasa sensibilidad del umbral de torrencialidad definido para eventos horarios. Por último, la erosividad de la lluvia muestra igualmente una evolución ascendente en todas las zonas analizadas, recalcando la fuerte influencia que presentan las precipitaciones catalogadas como geomorfológicas en los valores anuales de esta variable.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de dos proyectos de investigación, por un lado, “Crisis Climática en el Mediterráneo Andaluz: incidencia en la Agricultura y el Despoblamiento. Vulnerabilidad, riesgos y estrategias de adaptación (CCLIMAAD)” (UMA20-FEDERJA-141) financiado por el Marco del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020 (Fase II); y, por otro lado, “Efecto de los cambios de uso del suelo en la dinámica eco-geomorfológica en ambientes mediterráneos, a diferentes escalas, en el contexto del Cambio Global (ECUDES)” (PID2019-104046RB-100) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO).

REFERENCIAS

Acero, F. J., García, J. A., Gallego, M. C. (2011). Peaks-over-threshold study of trends in extreme rainfall over the Iberian Peninsula. *Journal of Climate*, 24, 1089–1105. Doi: <https://doi.org/10.1175/2010JCLI3627.1>

AEMET. (2013). Breve guía descriptiva de los fenómenos meteorológicos recogidos en el Sistema de notificación de observaciones atmosféricas singulares, SINOBAS”, en Agencia Estatal de Meteorología (Eds). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de:

- https://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/sinobas/breve_guia_des_criptiva_SINOBAS.pdf
- Casas, M.C., Rodriguez, R., Redaño, A. (2010). Analysis of extreme rainfall in Barcelona using a microscale rain gauge network. *Meteorological Applications*, 17, 117–123. Doi: <https://doi.org/10.1002/met.166>.
- De Castro, M., Martín Vide, J., Alonso, S. (2005). El Clima de España: Pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. Ministerio de Medio Ambiente (Eds.), *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático* (pp. 1–64). Universidad de Castilla La Mancha, Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente.
- Fischer, E.M., Knutti, R. (2015). Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy precipitation and high-temperature extremes. *Nature Climate Change*, 5, 560–564. Doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2617>
- I Clar, A.J. (1988). El clima de las Baleares. *Mediterraneidad y singularidad. Treballs de Geografia*, 39, 39–43. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/TreballsGeografia/article/view/104034>
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. *Climate Change 2021. The Physical Science Basis*. Recuperado de https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf
- Martín Vide, J. (1989). Precipitaciones torrenciales en España. *Revista geográfica Norba*, 6-7, 63-70. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/41091147_Precipitaciones_torrenciales_en_Espana
- Martínez Murillo, J. F., Ruiz Sinoga, J. D. (2007). Seasonal changes in the hydrological and erosional response of a hillslope under dry-Mediterranean climatic conditions (Montes de Málaga, South of Spain). *Geomorphology*, 88, 69–83. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.10.015>
- Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., ... Zhao, C.Z. (2007). *Global Climate Projections*. S. Solomon, D., Qin, M., Manning, Z., Chen, M., Marquis, K.B., Averyt, M., Tignor, & H.L. Miller (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 747–846). Cambridge, United Kingdom & New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Olcina Cantos, J. (2009). Cambio climático y riesgos climáticos en España. *Investigaciones Geográficas*, 49, 197-220. Recuperado de <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/14638>
- Olcina Cantos, J., Rico Amorós, A.M. (2000). Estudios sobre lluvias torrenciales e inundaciones en la provincia de Alicante (1982-1999). *Serie Geográfica*, 9, 71-93. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10045/23003>
- Olcina Cantos, J. (2017). Incremento de episodios de inundación por lluvias de intensidad horaria en el sector central del litoral mediterráneo español: análisis de

- tendencias en Alicante. *Sémata. Ciencias Sociais e Humanidades*, 29, 143–163. Recuperado de <http://www.usc.es/revistas/index.php/semata/article/view/4213/4870>
- Olcina, J. (2020). Clima, cambio climático y riesgos climáticos en el litoral mediterráneo. Oportunidades para la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfic*, 66(1), 159-182. Doi: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/dag.629>
- Roldán Soriano, M., Fernández Yuste, J.A. (2006). Estimación de la erosividad de la lluvia a partir de la precipitación diaria. Presented at the III Congreso Iberoamericano sobre control de la erosión y los sedimentos (pp. 1–19). Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://1library.co/document/zx3m79oz-estimación-erosividad-lluvia-partir-precipitación-diaria.html>
- Ruiz-Sinoga, J. D., Romero Díaz, A. (2010). Soil degradation factors along a Mediterranean pluviometric gradient in Southern Spain. *Geomorphology*, 118(3–118), 359–368. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.02.003>
- Ruiz Sinoga, J.D., García Marín, R., Martínez Murillo, J.F., Gabarron Galeote, M. A. (2011). Precipitation dynamics in southern Spain: Trends and cycles. *International Journal of Climatology*, 31, 2281–2289. Doi: <http://dx.doi.org/10.1002/joc.2235>
- Ruiz Sinoga, J.D., Romero Díaz, M.A., Martínez Murillo, J.F., Gabarrón Galeote, M.A. (2015). Incidencia de la dinámica pluviométrica en la degradación del suelo. Sur de España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 68, 177-214. Doi: <https://doi.org/10.21138/bage.1858>
- Senciales González, J.M., Ruiz Sinoga, J.D. (2013). Análisis espacio-temporal de las lluvias torrenciales en la ciudad de Málaga. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 61, 7-24. Doi: <http://dx.doi.org/10.21138/bage.1533>
- Sillero-Medina, J.A., Hueso-González, P., Ruiz-Sinoga, J.D. (2019). La precipitación geomorfológica como elemento clave en el modelado del paisaje mediterráneo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 82, 2780, 1-40. Doi: <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2780>.
- Torrens Calleja, J.M., Rosselló Geli, J., Grimalt Gelabert, M. (2016). Recopilación de información vinculada a temporales de viento, precipitaciones torrenciales e inundaciones en la ciudad de Palma de Mallorca entre los años 2000 y 2015. En Olcina Cantos, Jorge; Rico Amorós, Antonio M.; Moltó Mantero, Enrique (Eds.). *Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. Alicante. Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante. *Asociación Española de Climatología*, 417–425. Doi: <http://dx.doi.org/10.14198/XCongresoAECALicante2016-39>.