

La precipitación geomorfológica como elemento clave en el modelado del paisaje mediterráneo

Geomorphological precipitation as a key element
in the modeling of the Mediterranean landscape

Jose Antonio Sillero Medina 

jasillero@uma.es

Paloma Hueso González 

phueso@uma.es

José Damián Ruiz Sinoga 

sinoga@uma.es

Departamento de Geografía

Universidad de Málaga (España)

Resumen

El incremento de la frecuencia de la torrencialidad en ámbitos mediterráneos es una cuestión preocupante y no solo desde el punto de vista hidrogeomorfológico, sino también desde el humano, socioeconómico e infraestructural. La definición del umbral de torrencialidad es clave para determinar la peligrosidad de un territorio determinado. En este estudio ajustamos diferentes clasificaciones de torrencialidad con los problemas e impactos identificados en dos áreas mediterráneas contrastadas de la provincia de Málaga, una de ellas caracterizada por un clima mediterráneo subhúmedo (Guadalhorce), y otra por un clima mediterráneo seco-semiárido (Axarquía). A partir del análisis de los datos pluviométricos de 18 observatorios (Red SAIH), los resultados determinan una escasa recurrencia de los eventos torrenciales predefinidos ($>100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$; $>60 \text{ mm h}^{-1}$), razón por la que proponemos el uso de un nuevo umbral de torrencialidad de menor duración, pero mucha más elevada intensidad ($>10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$), debido a que son muchos los episodios producidos por debajo de los umbrales anteriores, pero con consecuencias

territoriales, como hemos constatado en el análisis mediático. La precipitación que se ajusta a este criterio ha sido definida como “precipitación geomorfológica” por su elevada capacidad de generar alteraciones en los componentes superficiales del territorio. Este tipo de precipitación presenta en ambos ambientes una alta recurrencia, un periodo de retorno prácticamente anual y una elevada erosividad.

Palabras clave: precipitación torrencial; erosividad; Mediterráneo; Cambio Climático; paisaje.

Abstract

The increase in the frequency of heavy rainfall events in Mediterranean areas is a matter of concern and not only from the hydro-geomorphological point of view, but also from the human, socioeconomic and infrastructural point of view. The definition of the heavy rainfall threshold is key to determine the dangerousness of a territory. In this study we adjusted different classifications of this, with the problems and impacts identified in two contrasted Mediterranean areas of the province of Malaga, one of them characterized by a subhumid Mediterranean climate (Guadalhorce), and another by a dry-semi-arid Mediterranean climate (Axarquía). From the analysis of the rainfall data of 18 observatories (SAIH Network), the results determine a low recurrence of the predefined heavy rainfall events ($> 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$; $> 60 \text{ mm h}^{-1}$), proposing the use of a new threshold of shorter duration, but much higher intensity ($> 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$), because there are many episodes produced below the previous thresholds, but with territorial consequences, as we noted after the media analysis. Precipitation that fits this criterion has been defined as “geomorphological rainfall” due to its high capacity to modify surface formations. This type of precipitation presents in both environments a high recurrence, a practically annual return period and high erosivity.

Key words: torrential rainfall, erosivity, Mediterranean, Climate Change; landscape.

1 Introducción

Los riesgos del agua, y la vulnerabilidad de la población afectada serán uno de los problemas ambientales, y no solo ambientales, desencadenados debido a los efectos del cambio climático (IPCC, 2001, 2014). Las modificaciones en el ciclo del agua, en el patrón hidrológico y, en general, en el cambio en los patrones climáticos de un área determinada, son concebidas como uno de los aspectos de mayor preocupación para gran parte de la población, de ahí su especial atención en el ámbito de la investigación actual (Guijarro Pastor, 2002; Katz et al., 2005; Negri et al., 2005; De Luis et al., 2011; Coscarelli & Caloiero, 2012; Lemus & López, 2016; Olcina, 2017). Esto es principalmente debido a su influencia en las diferentes actividades económicas (agricultura, producción de energía, suministro de agua potable, etc.) y a su papel activador en la

aparición de riesgos naturales (rachas secas, inundaciones, deslizamientos, etc.) (Hennessy y Pittock, 1995; Ferrari et al., 2013; Martínez Navarro, 2017).

Bajo este paradigma, se espera un incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos (Meehl et al., 2007; Ruiz Sinoga et al., 2011; Fischer & Knutti, 2015). Así, los efectos del cambio climático se reflejan actualmente a través del aumento de precipitaciones extremas, olas de calor, rachas secas, etc. (Beniston, 2004; Schär et al., 2004; González Hidalgo et al., 2015), un hecho que provoca anualmente graves problemas en diferentes partes del mundo (Kunkel et al., 1999; Easterling et al., 2000; Meehl et al., 2000; Tebaldi et al., 2006; Ripple et al., 2017), y que llega a causar episodios catastróficos cuando la intensidad alcanza niveles muy elevados (Blanco Castilla, 1989; Cook et al., 2016; Ripple et al., 2017).

Diversos autores (Hennessy y Pittock, 1995; Christensen y Christensen, 2003; Meehl et al., 2007; Ruiz Sinoga et al., 2011; Fischer y Knutti, 2015) han reflejado su interés por este fenómeno global y han centrado sus investigaciones en la detección de cambios en la aparición de eventos extremos. De este modo, se han utilizado distintas metodologías entre las que han destacado el cálculo de índices de frecuencia-duración-intensidad (Khaliq et al., 2005), índices basados en la frecuencia y la varianza (Meehl y Tebaldi, 2004), períodos de retorno (Ekstrom et al., 2005; Semmler y Jacob, 2004) y estadísticas multivariadas (Huth y Pokorna, 2005; Olivares y Zingaretti, 2018). En este sentido, y como consecuencia de estas diversas acepciones del término "evento extremo", existe una amplia variabilidad entre las definiciones publicadas en las últimas décadas (Schumm, 1980; Palmer y Ralsanen, 2002; Trenberth et al., 2015). De todas ellas destaca la definición publicada por Beniston et al. (2007), en la que se considera que un evento extremo debe seguir tres criterios principales, como son la rareza, la intensidad y la severidad. Así, el Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) diferenció seis tipos de "fenómenos meteorológicos extremos", esto es: las temperaturas máximas y mínimas diarias (el 10 % más frío y más caliente cada año), las olas de calor, los eventos de fuerte precipitación, las sequías, la actividad intensa del ciclón tropical, y por último las incidencias de niveles marinos extremos.

En el ámbito mediterráneo, se reconoce una ligera tendencia hacia el déficit hídrico y una mayor aridez (Moreno, 2006; Hueso González et al., 2018), y son estas áreas aquellas que aparecen englobadas dentro de las zonas de mayor incertidumbre en el marco del cambio climático (Lionello et al., 2006; Norrant y Douguedroit 2005; Huang et al., 2016). Además, se ha identificado una tendencia a la concentración de las precipitaciones en un menor número de días, con un respectivo aumento de los aguaceros extremos, y a la mayor variabilidad espaciotemporal (IPCC, 2001, 2014). Esta variable pluviométrica está determinada por una elevada irregularidad, intra e interanual (Edwards y Owens, 1991; Romero Díaz et al., 1986, 1998; Martín Vide, 2004; Morata et al., 2006; Valero et al., 2009; González Hidalgo et al., 2011; Cook et al., 2015), pero constituye un

factor fundamental en el funcionamiento y modelado de los ecosistemas (Martín Vide, 1994; Maestre et al. 2016). Así, numerosos estudios determinan al patrón pluviométrico como uno de los agentes erosivos más importantes en condiciones mediterráneas (Lavee et al., 1998; Pita et al., 1999; Martín y Fernández, 2001; Senciales y Ruiz, 2013; Hueso González, 2018). Especialmente, el análisis de la dinámica de estos episodios pluviométricos constituye clave, dada su elevada capacidad erosiva, por tanto, su implicación geomorfológica, y por su incidencia en aspectos socioeconómicos e infraestructurales (Pérez Cueva, 1983; Ruiz y Núñez, 2011). Del mismo modo, es frecuente que dentro del año hidrológico mediterráneo se sucedan largos periodos de rachas secas (Olcina y Rico, 2000; Ceballos Barbancho et al., 2002), que, además, suelen ser interrumpidos por precipitaciones de carácter torrencial, degradando el sistema geomorfológico (López y Romero, 1993; Ruiz Sinoga et al., 2011), y la capacidad productiva del suelo (Encina e Ibarra, 2003; Hueso González et al., 2018). Estos eventos de precipitaciones intensas se suceden en cualquier época del año, no obstante, suelen presentar una mayor frecuencia al comienzo de la estación húmeda, especialmente en las regiones más próximas a la costa (Acero et al., 2011; Rodrigo, 2010) donde interviene el factor mediterraneidad (I Clar, 1988; De Castro et al., 2005; Ruiz Sinoga et al., 2015).

Asimismo, la erosividad de la precipitación es considerada uno de los factores clave para la correcta comprensión de los procesos geomorfológicos que se suceden en el territorio (Jordán y Bellinfante, 2000; Ruiz Sinoga et al., 2015), dado que el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo es el principal agente erosivo, esta energía es de uno a dos órdenes de magnitud superior a la generada en los procesos de escorrentía (Sempere Torres, 1994; Camarasa Belmonte et al., 2018). Durante años, la determinación de un indicador destinado a detallar las consecuencias erosivas de un evento puntual de precipitación ha supuesto un problema que ha sido abordado por multitud de autores (Wischmeier, 1959; Fournier, 1960; Gabriels, 2000; Gobinada et al., 2004; Gil Guirado et al., 2014). El alcance potencial erosivo de la precipitación se expresa a través de la energía cinética de impacto (Sempere Torres, 1994), variable imprescindible para el cálculo de la erosividad de la lluvia o factor R (Roldán & Fernández, 2006). Esta energía cinética total puede entenderse como la suma de las energías cinéticas de cada una de las gotas que individualmente golpean el suelo. Es decir, se trata de una aproximación a la energía que producen en un área dada, unas determinadas gotas en un determinado intervalo temporal, considerando en todo momento el diámetro y la velocidad de cada una de ellas, (Roldán & Fernández, 2006). Por tanto, el factor R puede entenderse como un índice capaz de determinar el efecto de un evento erosivo de precipitación en el territorio (Wischmeier, 1959; Gabriels, 2000).

Si atendemos a las precipitaciones más intensas, las lluvias torrenciales son entendidas como aquellas caracterizadas por unas altas intensidades en un periodo de tiempo determinado, con capacidad de generar importantes alteraciones e impactos en un determinado territorio (Martín &

Llasat, 2000). Así, para todo el territorio español unas condiciones similares, han sido definidas por Martín Vide (1989) como aquellas precipitaciones generadoras de corrientes de aguas rápidas, impetuosas y no duraderas, como mínimo de 100 mm 24 h⁻¹ (Santos Deltell, 1991; Olcina Cantos, 2000; Senciales & Ruiz, 2013). Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2013), serían consideradas con este calificativo aquellas precipitaciones iguales o superiores a 60 mm 1 h⁻¹. Sin embargo, la variabilidad pluviométrica a nivel nacional hace precisar de un mejor ajuste en la definición de precipitación torrencial. Por ello, Olcina Cantos (2000) matiza la necesidad de diferenciar un nuevo umbral de torrencialidad, a partir del cual se hayan identificado históricamente consecuencias de elevada gravedad, ya sean de carácter físico o humano.

El objetivo de este estudio consiste en, (a) establecer un nuevo umbral de torrencialidad para precipitaciones poco persistentes (diezminutales) (b) determinar la frecuencia de las precipitaciones torrenciales a escala diaria, horaria y diezminutal (c) caracterizar la erosividad de las precipitaciones en intervalos horarios y a partir de la intensidad máxima en diez minutos (d) analizar el impacto de diez aguaceros de torrencialidad diezminutal, para lo que es necesario determinar el estado previo del sistema como un factor clave en la generación de procesos erosivos (Lavee et al., 1998; Cerdá & Sarah, 2000) y, (e) conocer sus consecuencias a través de la respuesta mediática. Todo ello, en dos áreas con similitud fisiográfica y litológica, y contrastes climáticos de la provincia de Málaga. Los resultados de este estudio evalúan la efectividad del concepto precipitación torrencial definido por la AEMET en ambientes mediterráneos, y redefinen un nuevo umbral de torrencialidad mediterránea acorde con la dinámica pluviométrica reciente de la zona, basada en la consideración de las precipitaciones diezminutales y en el contexto del Cambio Global.

2 Materiales y métodos

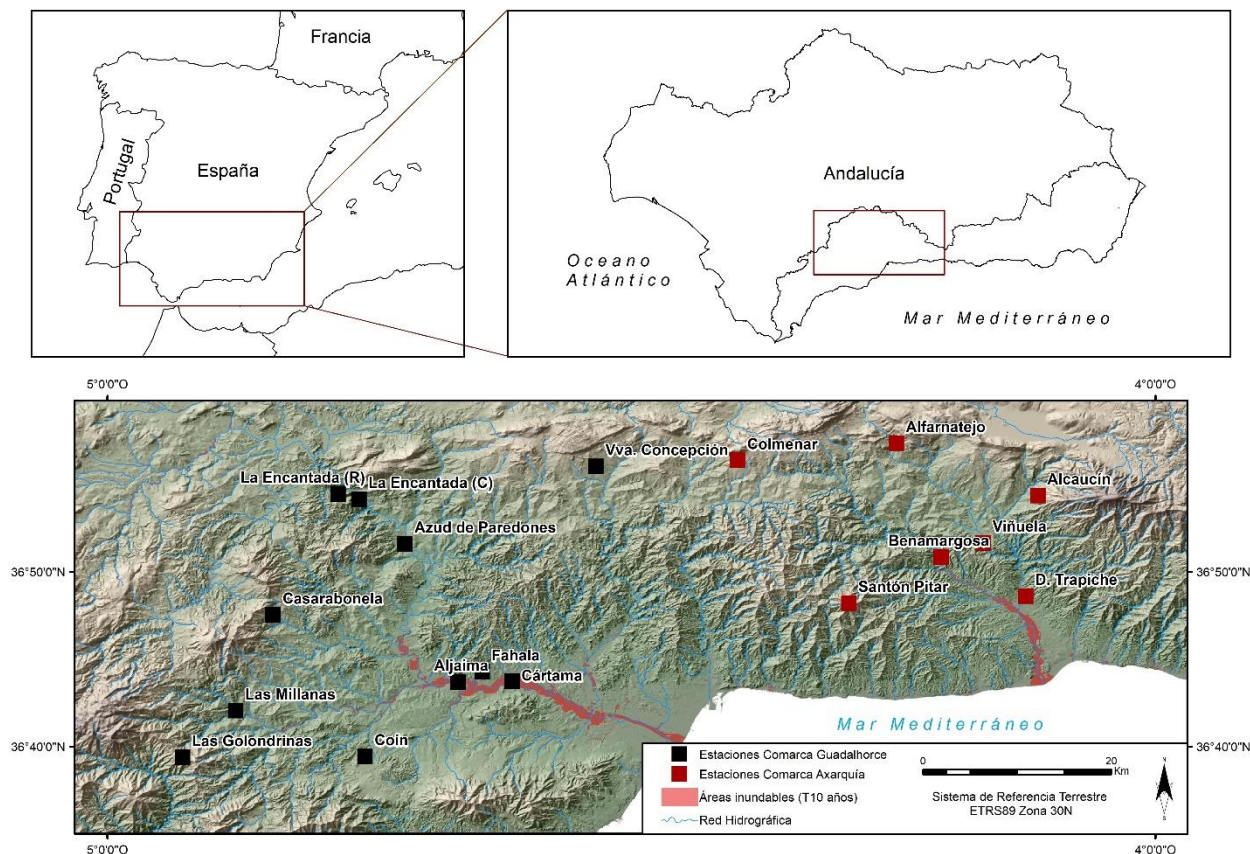
2.1 Área de estudio

Dentro del gradiente pluviométrico identificado en la franja mediterránea del sur de España y del umbral de degradación determinado en torno a los 500-600 mm de precipitación anual (Ruiz Sinoga et al., 2010), se han seleccionado dos áreas contrastadas de la provincia de Málaga, una a cada lado de este (Figura 1).

Por un lado, en el sector occidental, el valle del Guadalhorce está caracterizado por un clima Mediterráneo subhúmedo, en el cual la cercanía al Océano Atlántico provoca que los valores de precipitación superen los 600 mm anuales, aumentando esta cifra en altitud y en las áreas de mayor exposición a los vientos del oeste, hasta alcanzar valores cercanos a los 1000 mm. Estas precipitaciones son recogidas principalmente en los meses equinocciales (Bazzoffi & Pellegrini, 1992), con intensidades capaces de activar procesos erosivos y de degradación paisajística (REDIAM, 2011). En cuanto a las temperaturas, los valores medios anuales oscilan entre 11°C a los

17°C, siendo directamente dependientes del factor altitud (Gómez Zotano et al., 2015). No obstante, el factor orientación supone un elemento clave en términos climáticos y erosivos, con fuertes contrastes entre las laderas expuestas al sur (solanas) y las expuestas al norte (umbrías) (REDIAM, 2011).

Figura 1. Localización del ámbito de estudio



Fuente: elaboración propia a partir de cartografía obtenida del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (2018)

En contraposición, el entorno de la Axarquía se caracteriza por un clima Mediterráneo seco-semiárido, con un promedio de precipitación, en términos anuales, comprendido entre 930 y 350 mm (REDIAM, 2011), de mayor entidad en las laderas expuestas a los flujos zonales atlánticos (barlovento) los mayores volúmenes (Hueso González, 2014). Del mismo modo que en el área anterior el régimen pluvial está determinado por la torrencialidad, con un máximo marcadamente otoñal. En cuanto a los valores de temperaturas medias son ligeramente más elevados (14,5°C a 18,2°C) (REDIAM, 2011). Sin embargo, los valores considerados como extremos, tanto en épocas estivales como en invernales, son poco acentuados. Esto se debe principalmente a la gran influencia marítima que suaviza las temperaturas y disminuye la amplitud térmica de este territorio (Hueso González, 2014).

Ambos entornos son caracterizados por un paisaje de montaña, con un relieve abrupto, pendientes que suelen superar el 30 % y elevaciones que alcanzan hasta 2.000m en sus cotas máximas. Esta última variable resulta determinante debido a la presencia de gradientes pluviométricos positivos por retención orográfica, y así las zonas superiores son las que registran mayores valores (Gómez Zotano et al., 2015). Hay que añadir el carácter dinámico de estas áreas, especialmente en la Axarquía, donde las continuas transformaciones antrópicas en la cubierta vegetal generan repercusiones directas en el sistema geomorfológico (Lavee et al., 1998; Imeson & Lavee, 1998).

2.2 Análisis de las series pluviométricas

Para la caracterización y análisis de las precipitaciones se han analizado datos de un total 18 estaciones meteorológicas, de las cuales 11 pertenecen al área del Guadalhorce y 7 a la Axarquía (Tabla 1). Estos valores han sido extraídos de la Red SAIH Hidrosur, con una amplitud de serie de 23 años (1996–2018).

Tabla 1. Estaciones meteorológicas

Código Red SAIH	Nombre de la estación	Zona	Coordenadas XY ETRS89 Zona 30N	Altitud (m)
32	La Encantada (Repetidor)	Guadalhorce	341437 - 4086062	572
33	La Encantada (Canal)	Guadalhorce	343193 - 4085469	181
34	Azud de Paredones	Guadalhorce	347027 - 4080696	130
35	Coín	Guadalhorce	343213 - 4058255	243
38	Cártama	Guadalhorce	355878 - 4065999	28
39	Villanueva de la Concepción	Guadalhorce	363394 - 4088590	647
40	Casarabonela	Guadalhorce	335667 - 4073367	525
46	Aljaima	Guadalhorce	351297 - 4066010	38
104	Las Millanas	Guadalhorce	332271 - 4063321	207
105	Las Golondrinas	Guadalhorce	327643 - 4058463	926
126	Fahala	Guadalhorce	353350 - 4067043	81
25	Santón Pitar	Axarquía	384694 - 4073828	1025
36	Alcaucín	Axarquía	400926 - 4085001	536
37	Viñuela	Axarquía	396197 - 4080053	235
41	Colmenar	Axarquía	375462 - 4089046	839
42	Alfarnatejo	Axarquía	388957 - 4090680	675
43	Benamargosa	Axarquía	392622 - 4078582	146
125	Depuradora del Trapiche	Axarquía	399747 - 4074373	52

Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

Hemos considerado la precipitación torrencial a escala diaria (≥ 100 mm 24 h⁻¹) (Santos Deltell, 1991; Olcina Cantos, 2000; Senciales y Ruiz, 2013) y horaria (≥ 60 mm h⁻¹) (AEMET, 2013), y se han cuantificado los eventos registrados en cada uno de los ambientes que alcanzan estos umbrales, lo que nos ha permitido analizar su reiteración e incidencia diferenciada en cada una de las áreas.

Proporcionalmente a la catalogación ofrecida por la AEMET, se ha definido un nuevo umbral de torrencialidad a escala diezminutal ($\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$). Su análisis ha seguido el mismo método que para el cálculo de la torrencialidad diaria y horaria. Para ello, se han identificado en cada una de las estaciones aquellas precipitaciones de corta duración (10 min) y de intensidad extrema ($\geq 10 \text{ mm}$). Así, la precipitación que ha cumplido estas premisas ha sido definida, en principio, como “precipitación geomorfológica”. Es decir, aquella de corta duración y muy elevada intensidad con capacidad de movilizar partículas de suelo, y, por consiguiente, de afectar geomorfológicamente la zona de afección, mediante la aparición de regueros, cárcavas, etc.

Finalmente, a partir de la recurrencia observada, se ha analizado la probabilidad de aparición de al menos un evento torrencial en un año para cada uno de los umbrales analizados. Esta probabilidad se ha estudiado a través del análisis de la distribución de Poisson, (de parámetro $\mu \geq 1$) (Yevjevich, 1972):

$$p_k = \frac{e^{-\mu} \mu^k}{k!}$$

Donde μ es el promedio anual del número de eventos torrenciales ($\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$) en el intervalo de tiempo analizado. Además, para los aguaceros diezminutales, esta probabilidad se ha determinado del mismo modo por quinquenios con el objetivo de analizar la dinámica. Esta probabilidad está relacionada con el periodo de retorno (T):

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

Es decir, el periodo de retorno sería la probabilidad de no ocurrencia de un evento extremo de precipitación, para un año, sería:

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

2.3 Erosividad de lluvia

Mediante la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelos (RUSLE), determinamos el índice del factor de erosividad de la precipitación (Factor R) (Morgan, 2001). La metodología aplicada para la determinación de este índice se ha llevado a cabo a partir de las siguientes ecuaciones (Abu Hammad et al., 2004; Diodato, 2006):

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

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 períodos. 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}).

Por último, se han seleccionado en ambas áreas los diez aguaceros de torrencialidad diezminutal más representativos de la serie, así como las condiciones hidrológicas de los suelos previas, (número de días sin lluvia) y la precipitación acumulada en el tramo horario y diario.

2.4 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos de las series se han calculado los valores totales de precipitación anual, del número de días de lluvia y del número de eventos catalogados como torrenciales. A estos se les ha realizado como medida básica de centralidad la media aritmética (\bar{x}) y, por otro lado, la desviación típica ($DV \pm$), el coeficiente de varianza (CV%) y el sesgo, como medidas de dispersión. Para dicha analítica se ha usado el software estadístico SPSS (versión 25) para Windows (IBM Corp. Released. 2017).

2.5 Análisis mediático

El tratamiento mediático es un plano esencial para el entendimiento de la realidad. Cualquier fenómeno social es indisoluble de la construcción materializada en los medios de comunicación masiva. En definitiva, “lo que sabemos de nuestra sociedad, incluso acerca del mundo en que vivimos, lo sabemos por los medios de comunicación. Esto no vale únicamente para nuestro conocimiento de la sociedad y la historia, sino para nuestro conocimiento de la naturaleza” (Luhmann, 1996). Y si es un hecho que la mayor parte del conocimiento está determinado por la acción de los mediadores; desde hace décadas se ha anotado que el público adquiere casi la totalidad de su conocimiento sobre asuntos científicos a través de los medios de comunicación (Nelkin, 1987). Así pues, las representaciones mediáticas son un factor determinante en el entendimiento y compromiso público ante la ciencia climática y por tanto merecen una consideración obvia (Boykoff, 2008); y es algo que se ha enfatizado particularmente respecto al denominado ‘cambio climático’, y sus manifestaciones, insistiendo en la relación muy directa en el tratamiento mediático y la opinión pública (Peters & Heinrichs, 2005).

Esto es esencial porque se traslada un conocimiento complejo a la lógica de los medios; algo que a menudo provoca distorsiones de modo que la traducción de asuntos científicos al lenguaje periodístico más o menos popular acaba dando lugar a desconfianza o incluso acusaciones de sensacionalismo (Ladle, 2004). Hay un amplio desarrollo de investigaciones en torno a la agenda-setting function y sus efectos, sobre la tendencia a crear “frames” enmarcando la percepción de la realidad (Entman, 1993) y eliminando las realidades poliédricas para fijar el punto de vista de los mass media; porque además la persuasión de esos enfoques aumenta cuanto mayor es la exposición del público a tales enfoques.

En el ámbito mediterráneo las situaciones climáticas extremas se han incrementado durante el siglo XX, y dentro de estas anomalías climáticas, las inundaciones, con su extraordinaria concreción espaciotemporal, son las de consecuencias más nefastas y las más complejas de todas ellas (Wilhite, 1993).

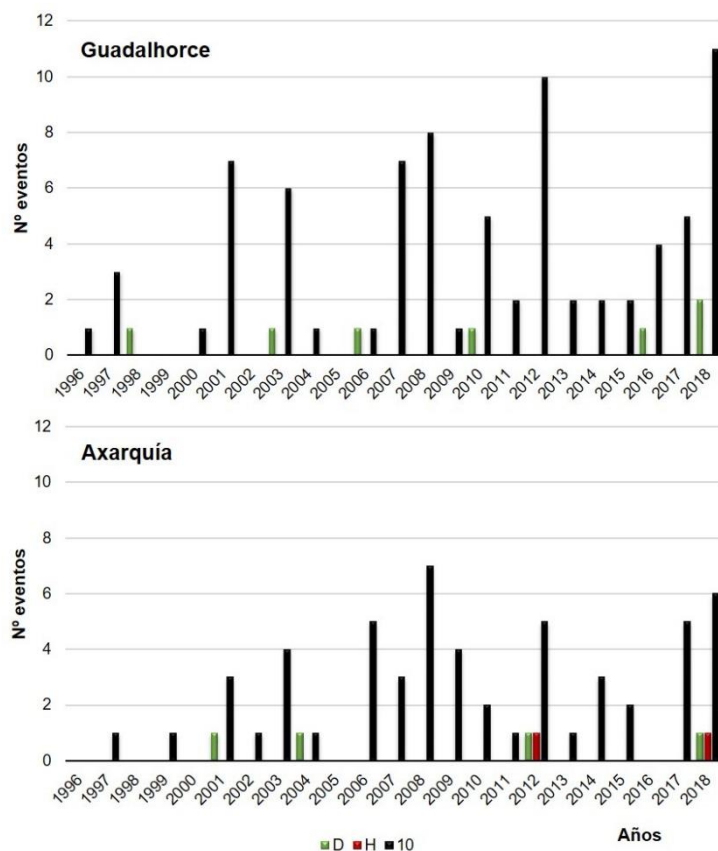
A fin de conocer los hechos y su respuesta mediática, se ha llevado a cabo un minucioso análisis mediático de prensa (*ABC Diario Sur*, *Diario El Mundo*, *Diario La Opinión de Málaga*, *El Periódico y Málaga Hoy*), para todo el periodo considerado —una vez conocidas las fechas de las diferentes precipitaciones— para determinar la respuesta mediática de los sucesivos eventos constatados mediante análisis estadístico. Dicho análisis se ha efectuado en un doble sentido; de un lado, analizando las noticias referidas a los aguaceros catalogados como torrenciales según la AEMET, y de otro, y mediante el uso de palabras clave, tipo “inundación”, “torrencialidad”, “tromba de agua”, “aguacero”, ..., de todas aquellas noticias referidas a fenomenología torrencial, que no coincidían en las fechas con los aguaceros catalogados anteriormente, es decir, de los efectos de los aguaceros de elevada intensidad ($\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$) ocultos bajo los umbrales de torrencialidad establecidos ($\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$; Santos Deltell, 1991; Olcina Cantos, 2000; Senciales & Ruiz, 2013). A partir de estas, con el fin de evaluar sus consecuencias eco-geomorfológicas y socioeconómicas, se han extraído titulares, elementos clave de la redacción y/o imágenes que resulten significativos de sus consecuencias ambientales.

3 Resultados

3.1 Torrencialidad pluviométrica diaria

La torrencialidad diaria ($\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$) no presenta una elevada frecuencia en ninguno de los ambientes analizados (Figura 2). Del total de eventos de precipitación registrados (11) para los últimos 23 años, en el valle del Guadalhorce (subhúmedo) se contabilizaron 7 eventos por encima de dicho umbral, de los que 5 son posteriores a 2006 (Figura 2). Por otro lado, en la Axarquía (mediterráneo seco-semiárido), se han registrado únicamente 4 episodios (Figura 2).

Figura 2. Evolución del número de eventos de precipitación torrencial en Guadalhorce y Axarquía entre los años 1996 y 2018



Leyenda: D: Eventos de torrencialidad diaria ($\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$), H: eventos de torrencialidad horaria ($\geq 60 \text{ mm h}^{-1}$), 10: eventos de torrencialidad diezminutal ($\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$).

Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

En condiciones subhúmedas, el valor medio anual de eventos con torrencialidad diaria es de $0,30 \pm 0,56$, con un $CV > 183,60 \%$ indicativo de la distribución irregular interanual de estos eventos (Tabla 2). Por otro lado, en condiciones secas-semiáridas la media desciende con respecto a la anterior hasta $0,17 \pm 0,39$ eventos torrenciales, pero del mismo modo muestra una alta variabilidad interanual en la serie de datos, $CV > 222,84 \%$. Además, en ambos casos la distribución de los datos puede considerarse asimétricamente positiva con valores de 1,73 y 1,84 (Tabla 2), respectivamente, es decir, la mayor parte de los datos anuales están por debajo del valor de la media.

Tabla 2. Recurrencia del número de eventos torrenciales a escala diaria ($\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$) en Guadalhorce y Axarquía entre los años 1996 y 2018

Zona		Eventos $\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$
Guadalhorce	\bar{x}	0,30
	DV \pm	0,56
	CV (%)	183,60
	Sesgo	1,73
Axarquía	\bar{x}	0,17
	DV \pm	0,39
	CV (%)	222,84
	Sesgo	1,84

Leyenda: \bar{x} : Media del número de eventos $\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$ para el periodo de estudio, DV \pm : desviación estándar; CV (%): coeficiente de variación; p (%): probabilidad de aparición de uno o más eventos torrenciales.

Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

Finalmente, la probabilidad de aparición de al menos un evento de torrencialidad diaria (Tabla 3) en condiciones subhúmedas es de 26,24 %. Por otro lado, para el entorno de características secas-semiáridas esta probabilidad se reduce hasta el 15,96 %, lo que supone una diferencia de diez puntos.

Tabla 3. Probabilidad de aparición de al menos un evento torrencial a diferentes escalas en Guadalhorce y Axarquía entre los años 1996 y 2018

Zona	$\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$	$\geq 60 \text{ mm h}^{-1}$	$\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$
Guadalhorce	96,78 %	—	26,24 %
Axarquía	90,85 %	8,33 %	15,96 %

Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

3.2 Torrencialidad pluviométrica horaria

En base al umbral de torrencialidad horaria propuesto por la AEMET ($\geq 60 \text{ mm h}^{-1}$), para el total de datos de las dieciocho estaciones seleccionadas, se han identificado únicamente dos eventos (Figura 2). Así, la probabilidad de que al menos un aguacero de estas características se produzca en un año es de un 8,33 %, lo que indica la escasa frecuencia de estos eventos en la serie analizada (Tabla 3).

Tabla 4. Características de los eventos de precipitación torrencial en un tramo horario en Guadalhorce y Axarquía entre los años 1996 y 2018

Zona	Fecha y hora	mm h ⁻¹	mm 24 h ⁻¹	I _{max10}	D. SLL	Factor R
A	17/11/2012-1:00:00	61,7	143,9	16,9	1	1098,95
A	09/19/2018-22:00:00	85,9	153,2	24,4	8	2138,51

Leyenda: A: Axarquía; I_{max10}: Intensidad máxima recogida en 10 minutos; D.SLL: Días previos sin precipitación; Factor R: Erosividad del evento horario en MJ ha⁻¹ mm⁻¹.

Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

Las características específicas de los eventos registrados con torrencialidad horaria quedan recogidas en la Tabla 4. En ambos casos la precipitación torrencial horaria ha sido recogida en la estación meteorológica número 25 (Santón Pitar, Axarquía), en unas condiciones secas-semiáridas. Así mismo, su aparición ha tenido lugar en los últimos años de la serie analizada (2012 y 2018). Estos episodios horarios han superado igualmente el umbral establecido para torrencialidad a escala diaria (≥ 100 mm 24 h⁻¹). Respecto a la erosividad de la lluvia calculada para cada evento, destaca el evento horario recogido el 09/19/2018 con 2138,51 MJ ha⁻¹ mm⁻¹, donde se alcanzó una intensidad máxima de 21,4 mm 10 min⁻¹ tras un periodo de ocho días sin lluvia.

3.3 Torrencialidad pluviométrica diezminutal

A partir del umbral de torrencialidad horaria propuesto por AEMET (≥ 60 mm h⁻¹), se han considerado las precipitaciones superiores a 10 mm 10 min⁻¹ para lo que se han contabilizado en el Valle del Guadalhorce (subhúmedo), 79 eventos en los últimos 23 años, mientras que en la Axarquía (seco-semiárido), se ha alcanzado un total de 55 eventos torrenciales en el mismo periodo de tiempo. En ambos casos, ha aumentado su recurrencia en los últimos años de la serie y con acusados picos de forma prácticamente periódica (Figura 2).

El valor medio anual de eventos con torrencialidad diezminutal para condiciones mediterráneas subhúmedas es de $3,43 \pm 3,33$ (Tabla 5), con un coeficiente de varianza (CV > 96,89 %) indicativo de una distribución irregular interanual de estos eventos. Para el entorno de la Axarquía, el valor medio anual disminuye con respecto a la condición subhúmeda, y supone entre $2,39 \pm 2,15$ eventos torrenciales. Sin embargo, las medidas de dispersión vuelven a representar una elevada variabilidad entre los datos anuales, CV > 89,81 %.

Tabla 5. Recurrencia del número de eventos torrenciales a escala diezminutal ($\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$) en Guadalhorce y Axarquía entre los años 1996 y 2018

Zona		Eventos $\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$
Guadalhorce	\bar{x}	3,43
	DV \pm	3,33
	CV (%)	96,89
	Sesgo	0,92
Axarquía	\bar{x}	2,39
	DV \pm	2,15
	CV (%)	89,81
	Sesgo	0,62

Leyenda: \bar{x} : Media del número de eventos $\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$ para el periodo de estudio, DV \pm : desviación estándar; CV (%): coeficiente de variación.

Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

3.4 Incidencia mediática de la torrencialidad

A lo largo del periodo considerado, los diferentes eventos torrenciales han tenido una diversa repercusión mediática, tanto en número de noticias respecto a cada uno de ellos, como en vigencia de cada una de ellas en días consecutivos, es decir, número de días en los que aparecían noticias referidas al evento torrencial en cuestión.

Los resultados obtenidos muestran como son los eventos de una mayor intensidad diaria, aquellos superiores a 100 l , probablemente los más catastróficos, los que poseen una mayor permanencia mediática, llegando a superar los 8 días consecutivos en el Guadalhorce, y los 10 en la Axarquía. Los dos eventos de intensidad horaria, contabilizados en la Axarquía, generaron un total de 13 noticias, a lo largo de 7 días.

Tabla 6. Numero de referencias mediáticas para los umbrales torrenciales considerados y tiempo de desfase de las mismas en Guadalhorce y Axarquía

	Diaria			Horaria			Diezminutal		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Guadalhorce	6	46	8	0			79	497	6
Axarquía	4	38	10	2	13	7	55	671	7

Leyenda: (1) Numero de eventos
(2) Numero de noticias
(3) Tiempo de desfase en días

Fuente: ABC, Diario Sur, Diario El Mundo,
Diario La Opinión de Málaga, El Periódico y MálagaHoy

Sin embargo, si resulta especialmente significativo, el número de referencias que se vinculan con los aguaceros diezminutales de alta intensidad, derivadas precisamente de sus consecuencias. Los 79 eventos contabilizados en Guadalhorce, generaron un total de 497 referencias, en todos los medios considerados, y los 55 de la Axarquía unas 671. La pervivencia de las mismas llegó a ser hasta de 6 a 7 días consecutivos, de lo que cabe deducir su carácter agresivo.

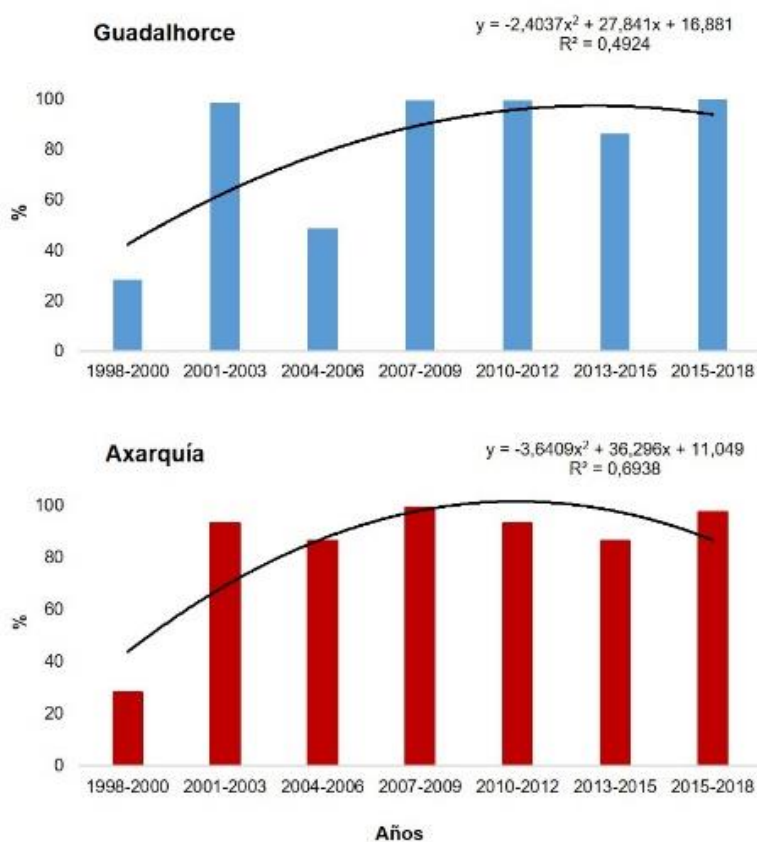
Es decir, para todo el periodo y área de estudio considerados, si nos atenemos a los umbrales de torrencialidad definidos por AEMET, ya sean diaria u horaria, se han producido un total de 97 referencias mediáticas, relativas a las 12 violaciones de dichos umbrales. Sin embargo, se han contabilizado 134 aguaceros de intensidad diezminutal superior a 10 mm cada uno, enmarcados en precipitaciones horarias o diarias, muy por debajo de ambos “umbrales oficiales” pero con consecuencias geomorfológicas, naturales y/o infraestructurales importantes, las suficientes como para que aparezcan un total de 1168 referencias mediáticas, y que el tiempo de pervivencia haya llegado a ser de incluso una semana.

3.5 Evaluación trienal de los aguaceros diezminutales

Para todo el ámbito considerado, y especialmente en la última década, la elevada recurrencia de la torrencialidad diezminutal (Figura 2) determina la aparición de una probabilidad casi anual. Concretamente, para condiciones subhúmedas, esta probabilidad alcanza el 96,78 %, y algo menor para el ambiente seco-semiárido (90,85 %) (Tabla 3). Para poder estimar su dinámica, dada su aleatoriedad, hemos considerado periodos trienales.

La figura 3 representa, para ambas condiciones, la evolución en trienios de la probabilidad de ocurrencia de un evento de torrencialidad diezminutal. Así, para el entorno subhúmedo la probabilidad de aparición de un evento de torrencialidad diezminutal aumenta desde un 28,35 % en el primer quinquenio analizado (199–2000) hasta un 99,87 % en el último (2016–2018), con una tendencia positiva ($R^2 = 0,4924$). Sin embargo, destaca el contraste existente entre los tres primeros intervalos (1998–2000; 2001–2003; 2004–2006), donde, entre los dos primeros trienios se incrementa la probabilidad en un 70,34 % y entre el segundo y tercer trienio se decrece un 50,03 %. Del mismo modo, para los datos analizados en el entorno seco-semiárido, la probabilidad experimenta un incremento más discontinuo ($R^2 = 0,6938$), situándose en el primer trienio (1998–2000) en 28,351 % y en un 97,44 % en la actualidad (2016–2018). No obstante, el contraste entre los dos primeros quinquenios vuelve a ser el más destacado, con una diferencia similar a la observada en condiciones subhúmedas (64,70 %). Destaca en estas condiciones secas-semiáridas el máximo de probabilidad alcanzado entre 2007 y 2009, con un 99,06 %, con una diferencia respecto al ámbito subhúmedo que lo ha registrado en el trienio más actual.

Figura 3. Evolución de la probabilidad de aparición de eventos torrenciales a escala diezminutal ($\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$) en Guadalhorce y Axarquía entre los años 1998 y 2018, agrupados en intervalos trienales



Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

3.6 Análisis de los periodos de retorno

Se han determinado para cada uno de los ámbitos los periodos de retorno de una precipitación torrencial diezminutal y se han comparado con los umbrales de torrencialidad horaria y diaria (Tabla 6). En el ámbito subhúmedo, el periodo de retorno para un evento de torrencialidad en un intervalo de diez minutos es prácticamente anual (1,03 años), mientras que para eventos diarios es de 3,81. En el caso de la torrencialidad horaria, la ausencia de episodios con estas características hace que su periodo de retorno no se haya podido calcular. En el ámbito seco-semiárido, el periodo de retorno para la torrencialidad diezminutal se incrementa hasta 1,10. La precipitación torrencialidad diaria alcanza un periodo de retorno de 6,26 años, ampliamente superado por el periodo de retorno de un evento de torrencialidad horaria, que debido a su escasa recurrencia alcanza los 12,01 años. Es decir, la fenomenología torrencial está presente en el mediterráneo, en ámbitos en los que los niveles de protección de los suelos son bastante precarios, bien debido a las propias características climáticas, con una progresiva aridificación a lo largo del sur de España

desde el oeste al este, como a circunstancias antrópicas, derivadas del uso intensivo del territorio, previa su deforestación. (Ruiz Sinoga & Martínez Murillo, 2009; Ruiz Sinoga & Romero Díaz, 2010; Ruiz Sinoga et al., 2011; Romero Díaz et al., 2017)

Tabla 7. Periodo de Retorno (T) de los eventos extremos en Guadalhorce y Axarquía

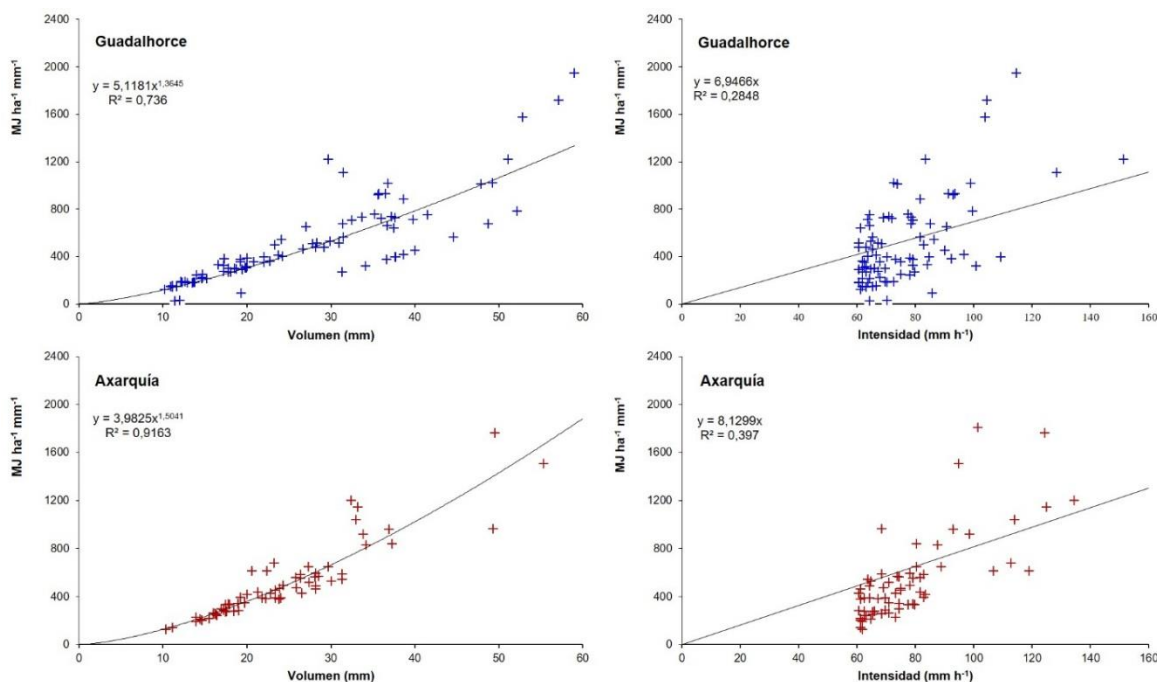
Zona	$\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$	$\geq 60 \text{ mm h}^{-1}$	$\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$
Guadalhorce	1,03	-	3,81
Axarquía	1,10	12,01	6,26

Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

3.7 Erosividad de la lluvia y respuesta mediática

A partir de análisis factor R (Figura 4) determinamos la correlación existente entre el volumen de precipitación en un tramo horario, en el que ha tenido lugar un aguacero de torrencialidad diezminutal, y el aumento de la erosividad de la lluvia. En términos generales, en los ambientes considerados, existe una buena correlación, especialmente en la Axarquía donde $R^2 = 0,92$. Destacan eventos de erosividad máxima por el volumen recogido, como los ocurridos en el área del Guadalhorce el 27/09/1997 y 21/10/2018 con un volumen de precipitación de $49,2 \text{ mm h}^{-1}$ ($R = 1022,7 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) y $52,2 \text{ mm h}^{-1}$ ($R = 782,33 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); o los recogidos en la Axarquía el 11/11/1999 y 30/09/2015 con un volumen de precipitación recogida de $49,3 \text{ mm h}^{-1}$ ($R = 965,6 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) y $49,5 \text{ mm h}^{-1}$ ($R = 1760,7 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) (Figura 4).

Figura 4. Correlación entre el volumen de la precipitación de un evento horario e intensidad máxima de la precipitación con el factor R de erosividad de la lluvia



Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

En base a los datos de torrencialidad diezminutal, se han recogido valores de erosividad similares o superiores a los eventos de mayor volumen total anteriormente expuestos (Figura 4). Así, en el entorno del Guadalhorce destacan los eventos del 04/12/2016 y 28/08/2017 con un volumen de precipitación de $31,5 \text{ mm h}^{-1}$ ($I_{\text{max}10} = 21,4 \text{ mm}$; $R = 1109,1 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) y $29,7 \text{ mm h}^{-1}$ ($I_{\text{max}10} = 25,2 \text{ mm}$; $R = 1220,2 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$). En el área de la Axarquía se distinguen los acontecidos el 17/11/2012 y 14/10/2018 con un volumen de $32,4 \text{ mm h}^{-1}$ ($I_{\text{max}10} = 22,4 \text{ mm}$; $R = 1199 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) y $33,2 \text{ mm h}^{-1}$ ($I_{\text{max}10} = 20,8 \text{ mm}$; $R = 1144,7 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$). La correlación entre estas variables (intensidad y erosividad) es más baja que en el caso anterior (Guadalhorce $R^2 = 0,28$; Axarquía $R^2 = 0,38$), donde la intensidad constituye el factor determinante.

A partir de aquí, hemos determinado su impacto directo en el territorio a través de su respuesta mediática (Tabla 7). Se trataba de valorar si aguaceros con una intensidad muy por debajo de los umbrales oficiales, tenían repercusiones tanto territoriales y, en consecuencia, mediáticas. Esto es, mostrar el impacto real que es capaz de originar una precipitación superior o igual a 10 mm en 10 minutos. Así, existen diversos eventos que pasarían desapercibidos a una escala horaria-diaria y que han provocado diversos problemas geomorfológicos, con consecuencias tanto en ámbitos naturales como urbanos. Encontramos entre ellos los aguaceros recogidos el 19/09/2001, 10/09/2008, 14/09/2009 y 18/10/2017 donde en 24 horas se recogen 29,4 mm, 26,4 mm, 17,7 mm y 27,6 mm, y en su intervalo diezminutal 10,03 mm, 12,4 mm, 11,2 y 11 mm, respectivamente (Tabla 7). Destaca además la consideración de las condiciones previas a los mismos, muy similares, dado que en los cuatro aguaceros destaca la existencia de un gran número de días previo sin lluvia (> 100 días), es decir, un suelo extraordinariamente seco.

Además, se observan otro tipo de eventos diezminutales cuyo impacto sobre el territorio viene motivado por la elevada intensidad alcanzada en este escaso periodo de tiempo. Se distinguen los recogidos el 17/11/2012, 30/09/2015 y 28/08/2017 con intensidades en diez minutos de 22,4 mm, 20,7 mm y 25,2 mm, que suponen el 69,1 %, 41,8 % y 84,8 % de lo recogido en el intervalo horario, con importantes repercusiones geomorfológicas y mediáticas.

Tabla 8. Descripción de diez eventos representativos de precipitación torrencial diezminutal

Fecha y hora	Z	mm 10 min ⁻¹	mm h ⁻¹	mm 24 h ⁻¹	D. SLL	Respuesta mediática
19/09/2001 08:00:00	G	10,3	19,9	29,4	120	"La lluvia provocó cortes eléctricos, un derrumbe e inundaciones en Málaga" (ABC, 2001).
10/09/2008 05:00:00	A	12,4	18,9	26,4	105	"Rescatan a varias personas de una riada que destroza cinco casas en Periana" (Diario Sur, 2008).
14/10/2008 05:00:00	G	19,1	59	70,5	3	"La lluvia deja cortes en las vías en Málaga que afectan a 17 trenes" (Diario Córdoba, 2008).
14/09/2009 17:00:00	G	11,2	17,2	17,7	114	"Numerosas intervenciones por inundaciones en viviendas en los municipios de Humilladero, Yunquera, Almargen y Mollina, así como labores preventivas por el desbordamiento de un arroyo" (El Mundo, 2009)
17/11/2012 11:00:00	A	22,4	32,4	69,6	6	"La lluvia deja carreteras cortadas y arroyos desbordados en la Axarquía" (Diario Sur, 2012)
29/08/2013 15:00:00	A	12,5	23,9	70,4	100	"Calles del casco urbano que se habían convertido en verdaderos ríos" (La Opinión de Málaga, 2013).
30/09/2015 01:00:00	A	20,7	49,5	58,5	1	"Las fuertes lluvias también provocaron que se anegaran algunas zonas, aparecieran grandes balsas de agua e, incluso, que algunos coches se quedaran atrapados" (Diario Sur, 2015).
28/08/2017 10:00:00	G	25,2	29,7	41	1	"El desbordamiento de un arroyo ha obligado a cortar el tráfico" (El Periódico, 2017).
18/10/2017 07:00:00	G	11	18,5	27,6	159	"Anegaciones, desprendimientos e incidencias en la red secundaria de carreteras por acumulación de agua y barro" (La Opinión de Málaga, 2017).
18/11/2018 12:00:00	G	14,3	19,3	25,7	3	"Se han contabilizado 60 incidentes a causa de las fuertes precipitaciones registradas en las horas centrales de la mañana", "En el municipio de Yunquera se ha hundido un carril que comunica varias casas" (La Opinión de Málaga, 2018)

Leyenda: Z: Zona; A: Axarquía; G: Guadalhorce; D.SLL: Días previos sin precipitación.

Fuente: elaboración propia a partir de la Red SAIH Hidrosur

Todos estos eventos de precipitación se encuentran por debajo de los umbrales establecidos por AEMET. Sin embargo, todas estas precipitaciones han generado consecuencias geomorfológicas, reportadas por los diferentes medios de comunicación. De ahí la importancia de, en condiciones mediterráneas, considerar este tipo de aguaceros de corta duración, pero de muy alta intensidad.

4 Discusión

En los últimos años, una línea sólida de investigación ha perseguido la caracterización del patrón pluviométrico a través de las precipitaciones anuales y/o estacionales (Creus Noveau et al., 1996; Guijarro Pastor, 2002; De Luis et al., 2007; Ceballos et al., 2013) para diferentes ambientes. Dentro de esa línea, en el presente estudio, junto a la caracterización y evolución de la dinámica general de las precipitaciones mediterráneas, hemos identificado y analizado aquellas precipitaciones de gran intensidad y escasa duración (Beniston et al., 2007; Mastrandrea et al., 2011). Así, hemos analizado intervalos diezminutales; su impacto geomorfológico, infraestructural y socioeconómico, en función de la repercusión mediática de los mismos.

4.1 Sensibilidad de los umbrales torrenciales a escala diaria y horaria

Del análisis de la serie de datos para ambas estaciones, se deduce que la sensibilidad del umbral de torrencialidad a escala diaria definido por Santos Deltell (1991), Olcina Cantos (2000) y Senciales y Ruiz (2013) no ha sido suficiente para identificar a los frecuentes aguaceros mediterráneos considerados como potencialmente modificadores geomorfológicos y, por tanto, del paisaje (Figura 5, 6 y 7), debido a que la torrencialidad diaria presentó una escasa frecuencia anual en ambas zonas (Tabla 2; $0,30 \pm 0,56$ eventos en el ámbito subhúmedo y $0,17 \pm 0,39$ eventos anuales de torrencialidad diaria en el área seca-semiárida). En esta línea, el umbral definido por AEMET (2013) para los eventos de torrencialidad horaria tampoco resultó efectivo por mostrar una escasa frecuencia, 0 eventos en 23 años en el área subhúmeda; 2 eventos en 23 años en ambientes secos-semiáridos (Figura 2; Tabla 4). Resultados similares obtienen Casas et al. (2010) para la ciudad de Barcelona, donde, son pocas las ocasiones en las que se llega a superar los 60 mm en una hora. En los dos eventos de torrencialidad horaria recogidos en la tabla 4, se observan mínimas diferencias entre sus volúmenes ($61,7 \text{ mm h}^{-1}$ y $85,9 \text{ mm h}^{-1}$), no obstante la erosividad de la lluvia determinada a partir del factor R si presenta amplias diferencias ($1.099 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ y $2.139 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), debido a la importancia de la intensidad máxima recogida en 10 minutos, que va desde 16,9 mm a 24,4 mm. Así, para Hudson (1971) existe un umbral en torno a los 25 mm h^{-1} a partir del cual la capacidad erosiva de la precipitación se considera crítica. Por ello, cuando los valores de precipitación a escala diezminutal igualan o superan este umbral establecido para una escala horaria por Hudson, es decir, se alcanzan $25 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$, la situación podría considerarse como catastrófica.

En cuanto a la probabilidad de ocurrencia de este tipo de eventos, para la torrencialidad diaria ($\geq 100 \text{ mm } 24 \text{ h}^{-1}$), Senciales y Ruiz (2013) atribuyen para cinco estaciones de la ciudad de Málaga y en el intervalo comprendido entre 1950–2008, una probabilidad superior al 25 %, con una oscilación en el área oriental de la capital entre el 15 % y 25 %. Para este estudio, en el entorno subhúmedo se ha obtenido una probabilidad de ocurrencia de un evento de torrencialidad diaria del 26,24 %, y en el área de características secas-semiáridas del 15,96 %. Es decir, con un menor intervalo de tiempo, para el umbral de torrencialidad horaria, en el área seca-semiárida la probabilidad de ocurrencia se ve fuertemente reducida hasta 8,33 %.

Con estas premisas, resaltamos la necesidad de utilizar umbrales de torrencialidad con una mayor sensibilidad, así como el conocimiento de la distribución pluviométrica en un intervalo de tiempo determinado. Así, como se ha realizado en otros estudios (Casas et al., 2010; Olcina Cantos, 2017), la precipitación ha sido estudiada de forma pormenorizada, considerado este proceso como clave para entender la dinámica de los procesos hidro-geomorfológicos de ambientes mediterráneo.

4.2 Torrencial a escala diezminutal, un nuevo umbral para zonas mediterráneas

Algunos autores afirman que no son necesarias cantidades de precipitación desorbitadas para ocasionar efectos significativos en un territorio y que, además, eventos de escasa duración pueden generar graves pérdidas económicas y humanas (Torrens Calleja et al., 2016; Olcina Cantos, 2017). Así, la expresión de Martín Vide (1994) “en gran parte de España, la lluvia no sabe llover” reafirma que el simple hecho de conocer estos valores no exime el tener que analizar las precipitaciones a una escala de mayor detalle. De esta forma, Torrens Calleja (2016) afirma que una precipitación de 20 mm en un día es suficiente para provocar problemas y daños en determinados puntos de la ciudad de Palma de Mallorca. Es decir, del mismo modo que planteamos en la presente investigación, en diversas situaciones puede cuestionarse la validez de los umbrales de torrencialidad establecidos por la AEMET (2013). En consonancia con esta idea, consideramos un nuevo umbral de torrencialidad para aquellas precipitaciones que recogen 10 mm en 10 minutos, a partir del cual se precisa el ajuste y la sensibilidad de los preestablecidos. En el presente estudio, las precipitaciones que violan este umbral se han catalogado como precipitaciones geomorfológicas.

Si comparamos el umbral diezminutal con los umbrales horarios y diarios, la precipitación geomorfológica presentó naturalmente, dada su menor duración, una frecuencia mayor para los dos ambientes mediterráneos estudiados (Figura 2; Tabla 5; $3,43 \pm 3,33$ eventos anuales en condiciones subhúmedas y $2,39 \pm 2,15$ en semiáridas).

Así, una vez determinada su influencia y alta erosividad ($\geq 10 \text{ mm } 10 \text{ min}^{-1}$), se han identificado una serie de eventos que quedarían ocultos bajo los umbrales de torrencialidad preestablecidos

(AEMET, 2013; Santos Deltell, 1991; Olcina Cantos, 2000; Senciales y Ruiz, 2013) con repercusiones hidrogeomorfológicas e infraestructurales (Tabla 8). Por ejemplo, el 18/11/2018 se recogió 25,7 mm 24 h⁻¹ con una intensidad de 14,3 mm 10 min⁻¹, lo que generó un impacto directo en el entorno del valle del Guadalhorce. Un episodio de características similares fue el acontecido en el monte Tibidabo (Barcelona) el día 09/10/2001, de poco más de 40 mm 24 h⁻¹ o 35,1 mm h⁻¹. Según Casas et al. (2010) este aguacero llegó a concentrar en tan solo cinco minutos precipitaciones de hasta 25,7 mm y de 33,2 mm en diez minutos. Espín y Romero (2014) también contemplaron la aparición de este tipo de eventos y determinaron la importancia de los mismos para la región de Murcia, unos aguaceros que califican como repentinos. No obstante, el hecho de que un aguacero muy intenso pase desapercibido bajo los criterios mencionados se debe principalmente a la gran heterogeneidad de intensidades existentes dentro de un mismo evento (Regües & Torri, 2002; Monjo & Martín, 2016).

4.3 Dinámica y periodo de retorno de los eventos torrenciales

Los resultados muestran que los eventos con umbral de torrencialidad diezminutal cada vez son más frecuentes en ambas condiciones. De esta forma, en base a la evolución de frecuencias para la serie de datos considerada, el número de eventos de precipitaciones geomorfológicas sigue una tendencia positiva, especialmente en la última década (Figura 2). Una tendencia similar ha sido descrita por Olcina Cantos (2017) para los eventos de altas intensidades en duraciones cortas, este autor muestra, para condiciones mediterráneas, una dinámica creciente de estos eventos extremos a partir del año 2006. De este modo, y en términos probabilísticos, a partir del análisis de los datos de probabilidad de ocurrencia de un evento torrencial diezminutal se observa una evolución hacia incremento en ambas áreas de estudio (Figura 3), comparable con la identificada por Senciales y Ruiz (2013).

Por otro lado, los resultados obtenidos para los periodos de retorno de un evento de torrencialidad diezminutal no se ajustan realmente a los representados en las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia, ejecutadas por la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía (2014). A partir de los resultados de este estudio, en el ambiente subhúmedo, el periodo de retorno obtenido es de 1,03 años y en el seco-semiárido de 1,10 años, incrementándose estos valores en los eventos de torrencialidad horaria (Seco-semiárido: 12,01 años). En eventos de torrencialidad diaria, el periodo de retorno se reduce con respecto al calculado para la torrencialidad horaria (Subhúmedo: 3,81 años; Seco-semiárido: 6,26 años). De esta forma, en relación a los resultados obtenidos a partir de las curvas IDF, se ha identificado una discordancia en este mismo sentido. En definitiva, en estas curvas teóricas, la aparición de eventos de 60 mm h⁻¹ recogen un menor periodo de retorno que en los aguaceros de al menos 100 mm 24 h⁻¹, un resultado inverso al obtenido a partir de los datos reales de precipitación en este estudio.

4.4 Erosividad de la lluvia y respuesta mediática

Eventos de muy corta duración y muy alta intensidad pueden representar gran parte de la energía de un amplio intervalo temporal (Colotti Bizarri, 1998). Los datos obtenidos de erosividad de la lluvia para eventos horarios están determinados principalmente por la intensidad máxima alcanzada, que se refleja directamente en la energía cinética (Figura 4). No obstante, se aprecia una elevada correlación entre los datos acumulados en el intervalo horario y su capacidad erosiva, en la línea de la observada por Roldán y Fernández, (2006) para un episodio de precipitación diario.

Se han detectado eventos de torrencialidad diezminutal que han superado los 20 mm (Tabla 8; 17/11/2012, 28/08/2017) y otros que se han recogido tras periodos sin lluvia de más de 100 días (Tabla 8; 19/09/2001, 10/09/2008, 14/09/2009 y 18/10/2017), un hecho que acentúa aún más la peligrosidad de estos eventos de precipitación intensa y que crea unas condiciones muy favorables para la erosión hídrica (López y Romero, 1993). De esta forma, todos los episodios seleccionados han causado una inmediata respuesta mediática en la prensa, con piezas que enfatizaban tanto con consecuencias de carácter físicas como de índole humana, incidiendo en anegaciones, deslizamientos, acumulaciones de agua y barro, inundaciones, arroyos desbordados, cortes eléctricos, pérdidas de vidas y otra serie de consecuencias resultantes de estos episodios extremos.

Figura 5. Inundaciones en el barrio de Huelin (Málaga) el 18 de octubre de 2017



Fuente: *La Opinión de Málaga* (2017)

A modo de ejemplo, en la Figura 5 se observan los efectos del aguacero del día 18/10/2017, caracterizado por su escasa duración y por su elevada intensidad, que alcanzó 11 mm en diez

minutos, suficiente para anegar una avenida principal del barrio malagueño de Huelin, un distrito muy dinámico en términos socioeconómicos localizado en el sector occidental de la capital y cercano a la desembocadura del río Guadalhorce. Puede observarse como la lámina de agua ha sido capaz de anegar prácticamente en su totalidad esta avenida, ocasionando, tal y como se contempla en la descripción mediática, problemas de en las infraestructuras y equipamientos. Asimismo, en la comarca se notifican cortes de carreteras secundarias por grandes desprendimientos de rocas (*La Opinión de Málaga*, 2017).

Otro ejemplo de la incidencia de un evento de torrencialidad diezminutal, sucedió el 17/11/2012, y lo mostramos en la figura 6. Se trata de una fotografía del arroyo Totalán, límite oriental de la ciudad de Málaga, en el que se aprecia la rápida evacuación del sistema del agua hacia el mar y la elevada cantidad de materiales que transporta. Este evento alcanzó una intensidad de 22,4 mm en diez minutos. En la imagen puede contemplarse cómo este arroyo ha alcanzado su caudal de avenida, incluso llegando a superar y modificar los límites del cauce. Además, se aprecia como todos los materiales arrastrados por su elevada energía vierten al mar. En este sentido, la prensa avisa de cortes en carreteras, desprendimientos de rocas, caída de una escollera de contención, desbordamientos, daños en municipios, todo ello en la comarca de la Axarquía.

Figura 6. Arroyo Totalán el día 17 de noviembre de 2012



Fuente: Diario Sur (2012)

○ el evento de precipitación torrencial recogido el 18/11/2018 con una intensidad de 14,3 mm en diez minutos. En el intervalo horario se acumularon 19,3 mm y en el diario 25,7 mm. Sus consecuencias mediáticas en la prensa (*Ser* y *La Opinión de Málaga*) resumían los impactos en

desbordamientos de arroyos, anegaciones, desprendimientos y daños en las infraestructuras viarias. En la figura 7 puede observarse el desbordamiento de un arroyo en el municipio malagueño de Alhaurín de la Torre, cruzando literalmente por encima de una carretera secundaria. Este hecho, hasta cuando los valores de precipitación acumulada en los intervalos horarios y diarios son relativamente bajos, tiene una repercusión directa en el modelado geomorfológico del paisaje, con un alto nivel de erosión y con una agravante pérdida de suelo. El resultado no es otro que un empobrecimiento general del ecosistema y la aparición de nuevas formas geofomas derivadas de los distintos tipos de erosión hídrica, como pueden ser surcos y/o cárcavas.

Figura 7. Carretera de Alhaurín de la Torre el día 18 de noviembre de 2018



Fuente: Ser (2018)

Es evidente que la incidencia de la precipitación no es homogénea en el territorio, así desde un punto de vista geomorfológico, cuando un evento de una intensidad elevada tiene un impacto directo sobre un suelo desnudo provoca una mayor movilización-escorrentía-degradación que en el caso de áreas protegidas y de mayor resistencia (Martínez & Ruiz, 2007). Esto mismo sucede en áreas con una fisiografía abrupta como la mediterránea, donde la litología y la pendiente favorecen los procesos de erosión laminar (Ruiz Sinoga et al., 2003). En definitiva, esta respuesta mediática a partir de la denominada precipitación geomorfológica, nos muestra una mayor profusión de los eventos diezminutales así como de sus efectos territoriales.

5 Conclusiones

- El escaso número de eventos catalogados como torrenciales para esta área de estudio, según los umbrales establecidos por los distintos autores mencionados, así como la constatación

mediática de un incremento en la aparición de inundaciones, ha determinado la necesidad de indagar en otros eventos o aguaceros de un menor volumen de precipitación, con el fin de establecer un umbral de torrencialidad alternativo más sensible a la detección de procesos geomorfológicos en el ámbito mediterráneo.

- Un aguacero de escasa duración y de elevada intensidad es suficiente para alterar las formaciones superficiales y activar procesos de degradación en el sistema. Así, se ha definido un nuevo umbral a partir del cual un aguacero de diez milímetros o más en un intervalo de diez minutos es considerado torrencial. A esta precipitación la denominamos geomorfológica.
- Dentro del contexto de cambio climático en el que nos encontramos, estos eventos han presentado una elevada recurrencia, especialmente en los últimos años y en el área de condiciones climáticas subhúmedas, con un periodo de retorno prácticamente anual en ambos ambientes. No obstante, es cierto que para poder afirmar la existencia de una tendencia al aumento, dada su extraordinaria variabilidad espacio-temporal, sería conveniente seguir analizando este tipo de aguaceros y contar con una serie más amplia de datos pluviométricos a esta escala de detalle.
- Las elevadas intensidades observadas en la serie de datos diezminutales han determinado los altos valores obtenidos a partir del factor R de la lluvia. No obstante, con el objetivo de demostrar estas tasas de erosividad, se ha recurrido a la información mediática, que ha confirmado la hipótesis de partida y ha identificado una serie de impactos sobre el territorio, entre los que destacan los desbordamientos de arroyos, los desprendimientos de materiales, la aparición de cárcavas y las acumulaciones de agua y barro.
- Consideramos metodológicamente interesante, el contraste de la información estadística obtenida mediante el análisis de bases de datos oficiales, con la información mediática aparecida en las mismas fechas, con el fin de correlacionar el impacto mediático de la torrencialidad, así como, contrastar ajustes o umbrales de riesgo y/o vulnerabilidad territorial. De esta forma, ha sido posible evaluar, a través de la prensa, el impacto real de los aguaceros intensos de corta duración, considerados como un importante factor de peligrosidad, en un área de alta vulnerabilidad como es la región mediterránea.

Agradecimientos: Esta investigación forma parte del proyecto de investigación “Incidencia del cambio global en paisajes mediterráneos contrastados. GLOMED-LAND” (CSO2016-75898-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

Declaración responsable: Las/os autoras/es declaran que no existe ningún conflicto de interés en relación con la publicación de este artículo. Todos los autores han participado en el análisis y redacción de este estudio. Más concretamente, José Antonio Sillero Medina ha llevado a cabo el desarrollo de la metodología y el análisis de los resultados. Paloma Hueso González se ha

encargado de la búsqueda de fuentes bibliográficas y ha contribuido a la redacción de la introducción y discusión. José Damián Ruiz Sinoga ha diseñado la metodología y ha realizado una revisión general del contenido.

Bibliografía

- Abu Hammad, A., Lundekvam, H., & Børresen T. (2004). Adaptation of RUSLE in the eastern part of the Mediterranean region. *Environmental Management*, 34–6, 829–841. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-003-0296-7>
- Aceró, 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. <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. In *Agencia Estatal de Meteorología* (Eds.). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Bazzoffi, P., & Pellegrini, S. (1992). Caratteristiche delle piogge influenti sui processi erosivi nel periodo 1964–1990 in un ambiente della valledell’Era (Toscana). Evoluzione climatica e modelli previsionali. *Annali dell’Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo*, 20, 161–182.
- Beniston, M. (2004). The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. *Geophysical Research Letters*, 31, 2022–2026. Doi: <http://dx.doi.org/10.1029/2003GL018857>
- Beniston, M., Stephenson, D. B., Christensen, O. B., Ferro, C. A. T., Frei, C., Goyette, S., ... Woth, K. (2007). Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. *Climatic Change*, 81, 71–95. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9226-z>
- Blanco Castilla, E. (1989, November 28) Situación caótica en Málaga por las nuevas inundaciones. *El País*. Retrieved from https://elpais.com/diario/1989/11/28/espana/628210805_850215.html
- Boykoff, Maxwell (2008). Media and Scientific Communication: A case of Climate Change. *Geological Society, Special Publication*, v305, pp. 11–18.
- Camacho, J. M. (2001, September 20). La lluvia provocó cortes eléctricos, un derrumbe e inundaciones en Málaga. *ABC*. Retrieved from https://sevilla.abc.es/hemeroteca/historico-20-09-2001/sevilla/Andalucia/la-lluvia-provoco-cortes-electricos-un-derrumbe-e-inundaciones-en-malaga_17207.html#
- Camarasa Belmonte, A. M., Caballero López, M. P., & Iranzo García, E. (2018). Cambios de uso del suelo, producción de escorrentía y pérdida de suelo. Sinergias y compensaciones en una rambla mediterránea (Barranc del Carraixet, 1956–2011). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 78, 127–153 <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2740>

- Casas, M.C., Rodríguez, R., & Redaño, A. (2010). Analysis of extreme rainfall in Barcelona using a microscale rain gauge network. *Meteorological Applications*, 17, 117–123. <https://doi.org/10.1002/met.166>
- Ceballos Barbancho, A., Luengo Ugidos, M. A., Martínez Fernández, J., Casado Ledesma, S., & Sánchez Ortega, V. (2002). Rachas secas y gradiente pluviométrico en la cuenca del Duero. In Guijarro Pastor, J.A. (Eds.), *El agua y el clima. España: Publicaciones de la Sociedad Española de Climatología* (pp. 149–158). Palma de Mallorca: Planográfica Balear.
- Ceballos, A., Morán, E., & López Moreno, J. I. (2013). Análisis de la variabilidad espaciotemporal de las precipitaciones en el sector español de la Cuenca del Duero (1961–2005). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 61, 235–259. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.1543>
- Cerdà A., & Sarah P. (2000). The effect of climate on overland flow: laboratory rainfall simulation experiments. *Cuaternario y Geomorfología*, 14 (1–2), 63–75. Retrieved from [http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol14_1/cuaternario14\(1-2\)_05_.pdf](http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol14_1/cuaternario14(1-2)_05_.pdf)
- Christensen, J. H., & Christensen, O. B. (2003). Severe summertime flooding in Europe. *Nature*, 421, 805–806. <https://doi.org/10.1038/421805a>
- Colotti Bizzarri, E. (1998). Determinación de la energía cinética de la lluvia con datos horarios. *Humánitas*, 23(14), 55–72. Retrieved from http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_terr/article/view/1349
- Consejería de Fomento, & Vivienda de la Junta de Andalucía. (2014). *Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para las Demarcaciones Hidrográficas Cuenca Mediterránea Andaluza, Guadalete-Barbate y Tinto-Odiel-piedras*. Agencia de Obras Públicas, Junta de Andalucía.
- Cook, B. I.; Ault, T. R., & Smerdon, J. E. (2015). Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and central plains. *Science Advances*, 1, e1400082. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400082>
- Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R. L., Verheggen, B., Maibach, E. W., & Carlton, J. S., Lewandowsky, S., Skuce, A. G., & Sarah, A. (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human caused global warming. *Environmental Research Letters*, 11, 1–24. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
- Coscarelli, R., & Caloiero, T. (2012): Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy, Calabria region. *Journal of Hydrology*, 416–417, 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.11.047>

Creus Novau, J., Fernández Cancio, A., & Manrique Menéndez, E. (1996). Evolución de la temperatura y precipitación anuales desde el año 1400 en el sector central de la Depresión del Ebro. *Lucas Mallada*, 8, 9–27. Retrieved from <http://www.divulgameteo.es/ampliab/4/958/Evolucion-de-la-temperatura-precipitacion-anuales-desde-el-ano-1400-en-el-sector-central-de-la-Depresion-del-Ebro.html>

De Castro, M., Martín Vida, J., & Alonso, S. (2005). El Clima de España: Pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. In 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.

De Luis, M., González Hidalgo J.C., Brunetti, M. & Longares, L.A. (2011). Precipitation concentration changes in Spain 1946–2005. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 1259–1265. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-1259-2011>

De Luis, M., Longares, L. A., Stepanek, P., & González Hidalgo, J. C. (2007). Tendencias estacionales de la precipitación en la cuenca del Ebro (1951–2000). *Geographica*, 52, 53–78. http://dx.doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2007521107

Diodato, N. (2006). Predicting RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) monthly erosivity index from readily available rainfall data in Mediterranean area. *Environmentalist*, 26, 63–70. <http://dx.doi.org/10.1007/s10669-006-5359-x>

E. F. E. (2008, October 15). La lluvia deja cortes en las vías en Málaga que afectan a 17 trenes. *Diario Córdoba*. Retrieved from https://www.diariocordoba.com/noticias/cordobaandalucia/lluvia-deja-cortes-vias-malaga-afectan-17-trenes_437552.html

E. F. E. (2008, September 11). Rescatan a varias personas de una riada que destroza cinco casas en Periana. *Diario Sur*. Retrieved from <https://www.diariosur.es/20080910/local/axarquia/rescatan-varias-personas-riada-200809102059.html>

Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., & Mearns, L. O. (2000). Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science*, 289, 2068–2074. <http://dx.doi.org/10.1126/science.289.5487.2068>

Edwards W. M., & Owens, L. B. (1991). Large storms effects on total soil erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46, 75–78. Retrieved from <http://www.jswconline.org/content/46/1/75.short>

- Ekstrom, M., Fowler, H., Kilsby, C., & Jones, P. D. (2005). New estimates of future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate model integrations. 2. Future estimates and use in impact studies. *Journal of Hydrology*, 300, 234–251. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.06.019>
- Elmundo.es (2009, September 13). El temporal de lluvia provoca inundaciones en la provincia. *El Mundo*. Retrieved from https://www.elmundo.es/elmundo/2009/09/13/andalucia_malaga/1252858061.html
- Elperiodico (2017, August 28). Vuelos desviados y carreteras cortadas por las fuertes lluvias. *El Periódico*. Retrieved from <https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20170828/lluvias-6251187>
- Encina Rojas, A., & Ibarra, J. (2003). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Población y Desarrollo*, 25, 5–10. Retrieved from http://revistascientificas.una.py/index.php/RE/article/view/839/pdf_139
- Entman, Robert M. (1993). Framing: toward clarification of a fractured paradigm. *Journal of Communication*, 434, 51–58.
- Espín Sánchez, D., & Romero Díaz A. (2014). Génesis de tormentas severas y su incidencia en la Región de Murcia. *Investigaciones Geográficas*, 62, 67–81. <http://dx.doi.org/doi:10.14198/INGEO2014.62.05>.
- Ferrari, E., Caloiero T., & Coscarelli, R. (2013). Influence of the North Atlantic Oscillation on winter rainfall in Calabria (southern Italy). *Theoretical and Applied Climatology*, 114, 479–494. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-013-0856-6>
- Ferrary, M. (2017, October 18). La tormenta provoca cortes de luz en varios municipios de Málaga. *La Opinión de Málaga*. Retrieved from <https://www.laopiniondemalaga.es/malaga/2017/10/18/alerta-amarilla-malaga-tormenta/962222.html>
- Fischer, E. M., & Knutti, R. (2015). Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy precipitation and high-temperature extremes. *Nature Climate Change*, 5, 560–564. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2617>
- Fournier, F. (1960). *Climat et érosion*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Gabriels, D. (2000). Rain erosivity in Europe. In ESSC III Int. Congress. Key Notes Rubio, J. L., Asins, S., Andreu, V., de Paz, J. M., & Gimeno, E. (Eds.), *Man and Soil at the Third Millennium* (pp. 31–43). Valencia.

- Gil Guirado, S., Pérez, A., Lopez, F., & Barriendos, M. (2014). Review of flood alert thresholds based on the socioeconomic impact of catastrophic events in the southeastern Spain. *EMS Annual Meeting Abstracts*, 11.
- Gobinad, A., Jonesb, R., Kirkbyc, M., Camplingd, P., Goversa, G., Kosmase, C., & Gentiled, A. (2004). Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water. *Environmental Science & Policy*, 7(1), 25–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2003.09.004>
- Gómez Zotano, J., Alcántara Manzanares, J., Olmedo Cobo, J.A., & Martínez Ibarra, E. (2015). La sistematización del clima mediterráneo: identificación, clasificación y caracterización climática de Andalucía (España). *Revista de Geografía Norte Grande*, 61, 161–180. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022015000200009>
- González Hidalgo, J. C., Brunetti, M., & De Luis, M. (2011). A new tool for monthly precipitation analysis in Spain: MOPREDAS database (Monthly precipitation trends December 1945 November 2005). *International Journal of Climatology*, 31, 715–731. <https://doi.org/10.1002/joc.2115>
- González Hidalgo, J. C., Peña Angulo, D., Brunetti, M., & Cortesi, N. (2015). MOTEDAS: A new monthly temperature database for mainland Spain and the trend in temperature (1951–2010). *International Journal of Climatology*, 35, 4444–4463. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.4298>
- Guijarro Pastor, J.A. 2002. Tendencias de la precipitación en el litoral mediterráneo español. In *El Agua y el Clima* (pp. 237–246). In J. A. Guijarro, M. Grimalt, M. Laita, S. Alonso (Eds.), *El Agua y el Clima, AEC, Serie A, 3* (pp. 427–436). Palma de Mallorca: Gráficas Loyse.
- Hennessey, K. J., & Pittock, A. B. (1995). Greenhouse warming and threshold temperature events in Victoria, Australia. *International Journal of Climatology*, 15, 591–612. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.3370150602>
- Huang, H. Y., Guan, G. X., & Wang, R. (2016). GuoAccelerated dryland expansion under climate change. *Nature Climate Change*, 6, 166–171. <https://doi.org/10.1038/nclimate2837>
- Hudson, N. W. (1971). *Soil Conservation*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Hueso González, P. (2014). Estrategias para la conservación del suelo y recuperación de la cubierta vegetal en un ambiente ecotono mediterráneo (Doctoral dissertation, Universidad de Málaga, Spain). Retrieved from <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/9548>
- Hueso González, P.; Martínez Murillo, J. F., & Ruiz Sinoga, J. D. (2014). The impact of organic amendments on forest soil properties under Mediterranean climatic conditions. *Land Degradation & Development*, 25, 604–612. <https://doi.org/10.1002/ldr.2296>

Hueso González, P; Martínez Murillo, J.F., & Muñoz Rojas, M. (2018). The role of Organic amendments in drylands restoration. *Current Opinion in Environmental Sciences and Health*, 5, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.002>

Huth, R., & Pokorna, L. (2005). Simultaneous analysis of climatic trends in multiple variables: An example of application of multivariate statistical methods. *International Journal of Climatology*, 25, 469–484. <https://doi.org/10.1002/joc.1146>

I Clar, A. J. (1988). El clima de las Baleares. Mediterraneidad y singularidad. *Treballs de Geografia*, 39, 39–43. Retrieved from <https://www.raco.cat/index.php/TreballsGeografia/article/view/104034>

IBM Corp. Released (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0*. Armonk, NY: IBM Corp. Retrieved from <https://www.ibm.com/us-en/?lnk=m>

Imeson, A. C., & Lavee, H. (1998). Soil erosion and climate change: the transect approach and the influence of the scale. *Geomorphology*, 23, 319–337. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.541.6350&rep=rep1&type=pdf>

IPCC (2001). Climate change 2001: the scientific basis. In J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C. A. Johnson (Eds.), *Contribution of working group I to third assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (pp. 881). United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

IPCC (2007). Climate change 2007: the physical science basis. In Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (Eds.), *Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Fifth Assessment Report. IPCC. Retrieved from <http://ipcc.ch/report/ar5/>

Jordán, A., & Bellinfante, N. (2000). Cartografía de la erosividad de la lluvia estimada a partir de datos pluviométricos mensuales en el Campo de Gibraltar (Cádiz). *Edafología*, 7–3, 83–92. Retrieved from <http://edafologia.ugr.es/revista/tomo7tr/a287v7tt.htm>

Katz, R., Brush, G., & Parlange, M. (2005). Statistics of extremes: Modeling ecological disturbances. *Ecology*, 86, 1124–1134. <https://doi.org/10.1890/04-0606>

Khaliq, M. N., St-Hilaire, A., Ouarda T., & Bobee, B. (2005): Frequency analysis and temporal pattern of occurrences of southern Quebec heatwaves. *International Journal of Climatology*, 25, 485–504. <https://doi.org/10.1002/joc.1141>

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. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80, 1077–1098. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1999\)080<1077:TFIWAC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1999)080<1077:TFIWAC>2.0.CO;2)

La Opinión (2018, November 18). Las lluvias provocan sesenta incidentes en Málaga. *La Opinión de Málaga*. Retrieved from <https://www.laopiniondemalaga.es/malaga/2018/11/18/lluvias-provocan-sesenta-incidentes-malaga/1048096.html>

Ladle, R. J., Jepson, P., Araújo, M. B., & Whittaker, R. J. (2004). Dangers of crying wolf over risk of extinctions, *Nature*, 428(729). <https://doi.org/10.1038/428799b>

Lavee, H., Imeson, A. C., & Sarah, P. (1998). The impact of climate change on geomorphology and desertification along a Mediterranean-arid transect. *Land Degradation and Development*, 9, 407–422. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-145X\(199809/10\)9:53.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-145X(199809/10)9:53.0.CO;2-6)

Lemus Canovas, M., & Lopez Bustins, J. (2016). Variabilidad espacio - temporal de la precipitación en el sur de Cataluña y su relación con la oscilación del mediterráneo occidental (WEMO). In *Actas del X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. Alicante, October, 5–8. <http://dx.doi.org/10.14198/XCongresoAECALicante2016-21>

Lionello, P., Boscoso, R., & Malanotte Rizzoli, P. (2006). *Mediterranean Climate Variability*. Amsterdam: Elsevier.

López Bermúdez, F., & Romero Díaz, M. A. (1993). Génesis y consecuencias erosivas de alta intensidad en la región mediterránea. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 18–19, 7–28. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=81497>

Luhmann, N. (1996). *Die Realität der Massenmedien*. Westdeutscher Verlag, Opladen.

Maestre, F. T.; Eldridge, D. J.; Soliveres, S.; Kéfi, S.; Delgado Baquerizo, M.; Bowker, M. A., ... Berdugo, M. (2016). Structure and functioning of dryland ecosystems in a changing world. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 47(1), 215–237. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-121415-032311>

Martín Vide, J., & Llasat, M.C. (2000). Las precipitaciones torrenciales en Cataluña. *Serie Geográfica*, 9, 17–26. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/58902370.pdf>

Martín Vide, J. (1989). Precipitaciones torrenciales en España. *Revista geográfica Norba*, 6–7, 63–70. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/41091147_Precipitaciones_torrenciales_en_Espana

Martín Vide, J. (1994). Diez características de la pluviometría española decisivas en el control de la demanda y el uso del agua. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 18, 9–16. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1318257>

Martín Vide, J. (2004). Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of Climatology*, 24, 959–971. <https://doi.org/10.1002/joc.1030>

Martín Vide, J., & Fernández Belmonte, D. (2001). El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular. *Investigaciones geográficas*, 26, 41–58. <http://dx.doi.org/10.14198/INGEO2001.26.07>

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. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.10.015>

Martínez Navarro, J. M. (2018). Resumen de la tesis doctoral Gestión territorial del riesgo antrópico de ignición forestal en Castilla-La Mancha. Universidad de Castilla-La Mancha (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 76, 571–576.

Mastrandrea, M. D., Tebaldi, C., Snyder, C.W., & Schneider, S. H. (2011). Current and future impacts of extreme events in California. *Climatic Change*, 109, 43–70. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0311-6>

Meehl, G. A., & Tebaldi, C. (2004). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, 305, 994–997. <https://doi.org/10.1126/science.1098704>

Meehl, G. A., Karl, T., Easterling, D. R., Changnon, S., Pielke, R., Changnon, D., ... Zwiers, F. (2000). An introduction to trends in extreme weather and climate events: observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81, 413–416. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)081<0413:AITIE>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<0413:AITIE>2.3.CO;2)

Meehl, G. A., Stocker, T. F., Collins, W. D., Friedlingstein, P., Gaye, A. T., Gregory, J. M., ... Zhao, C. Z. (2007). Global Climate Projections. In 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.

Merino, R. (2015, September 30). Las fuertes tormentas de anoche dejan 86 litros en Nerja y 59 en Benamargosa. *Diario Sur*. Retrieved from <https://www.diariosur.es/malaga/201509/30/fuertes-tormentas-anoche-dejan-20150930092909.html>

- Monjo, R., & MartínVide, J. (2016). Daily precipitation concentration around the world according to several indices. *International Journal of Climatology*, 36, 3828–3838. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.4596>
- Morata, A., Martín M. L., Luna, M.Y., & Valero, F. (2006). Self-similarity patterns of precipitation in the Iberian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology*, 85, 41–59. <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0175-7>
- Moreno, J. M. (2005). *Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid: Universidad de Castilla-La Mancha. Retrieved from <http://www.mma.es/oecc>
- Morgan. (2001). A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan–Morgan–Finney model. *Catena*, 44(4), 305–322. [http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00171-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00171-5)
- Negri, D.H., Gollehon, N.R., & Aillery, M.P. (2005). The effects of climatic variability on US irrigation adoption. *Climatic Change*, 69, 299–323. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-1817-6>
- Nelkin, D. (1987). *Selling science: How the press covers science and technology*. New York, W.H. Freeman ed.
- Norrant, C. & Douguedroit, A. (2005). Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950–2000). *Theoretical and Applied Climatology*, 83, 89–106. <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0163-y>
- 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. Retrieved from <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. Retrieved from <http://www.usc.es/revistas/index.php/semata/article/view/4213/4870>
- Olivares, B. O., & Zingaretti, M. L. (2018). Análisis de la sequía meteorológica en cuatro localidades agrícolas de Venezuela mediante la combinación de métodos multivariados. *Cuadernos de Investigación UNED*, 10(1), 192–203.
- Palmer, T.N., & Ralsanen, J. (2002). Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. *Nature*, 415(31), 512–514. <https://doi.org/10.1038/415512a>
- Peláez, A. (2012, November 18). La lluvia deja carreteras cortadas y arroyos desbordados en la Axarquía. *Diario Sur*. Retrieved from

<https://www.diariosur.es/20121117/local/axarquia/cortadas-varias-carreteras-axarquia-201211171806.html>

Pérez Cueva, A. J. (1983). Precipitaciones extraordinarias en la península Ibérica. *Agricultura y sociedad*, 28, 189–203. Retrieved from

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=82563>

Peters, H. P., & Heinrichs, H. (2005). *Öffentliche Kommunikation über Klimawandel und Sturmflutrisiken. Bedeutungskonstruktion durch Experten, Journalisten und Bürger*. Jülich, Forschungszentrum Jülich.

Pita López, M. F., Camarillo Naranjo, J. M., & Aguilar Alba, A. (1999). La evolución de la variabilidad pluviométrica en Andalucía y sus relaciones con el índice de la NAO. In Raso, J. M. & Martín Vide, J. (Eds.), *La Climatología española en los albores del siglo XXI* (pp. 399–408). Vilassar Oikos-tau. Asociación Española de Climatología Serie A 1.

REDIAM (2011). Clima. In *Red de Información Ambiental De Andalucía*. Retrieved from <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.dc2a45ec0662d3cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=071722ad8470f210VgnVCM1000001325e50aRCRD>

REDIAM (2011). Servicios Web de Mapas WMS: Precipitación media anual en Andalucía: periodo 1971–2000. In *Red de Información Ambiental De Andalucía*. Retrieved from http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=99b7c2c8cac8f210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=fbb874d7df0c8410VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es

Regües, D., & Torri, D. (2002). Rainfall kinematics energy effect on physical properties dynamics and crusting of a clayey bare soil. *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 16(1–4), 57–71. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10261/4493>

Ripple, W. J., Wolf, C., Galetti, M., Newsome, T. M., Alamgir, M., Crist, E., Mahmoud, M. I., & Laurance, W. F. (2017). World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. *BioScience*, 67, 1026–1028. <http://dx.doi.org/10.1093/biosci/bix125/4605229>

Rodrigo, F. S. (2010). Changes in the probability of extreme daily precipitation observed from 1951 to 2002 in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 30(10), 1512–1525. <https://doi.org/10.1002/joc.1987ç>

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.

Romero Díaz, M. A., López Bermudez F., Thornes J. B., Francis C., & Fisher G. C. (1986). Variability of overland flow erosion rates in a semiarid mediterranean environment under

matorralcover, Murcia, Spain. *Catena Supplement*, 13, 1–11. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/266911264_Variability_of_overland_flow_erosion_rates_in_a_semi-arid_Mediterranean_Environment_under_matorral_cover_Murcia_Spain

Rosales, M. (2013, August 29). El centro de Antequera se inunda tras caer 36 litros en media hora. *La Opinión de Málaga*. Retrieved from <https://www.laopiniondemalaga.es/municipios/2013/08/29/tromba-deja-25-litros-metro/613267.html>

Ruiz García, J. A., & Núñez Mora, J. A. (2011). Sobre los periodos de retorno de las precipitaciones extraordinarias en la Comunidad Valenciana. *Calendario Meteorológico 2012 (AEMET)*, 265–273. Retrieved from https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/2465/1/precipitacvalencia_cal2012.pdf

Ruiz Sinoga, J. D., García Marín, R., Martínez Murillo, J. F. & Gabarrón Galeote, M. A. (2010): Precipitation dynamics in southern Spain: trends and cycles. *International journal of climatology*, 31, 2281–2289. <https://doi.org/10.1002/joc.2235>

Romero Diaz, A., Ruiz Sinoga, J.D., Robledano, F., & Cerdá, A. (2017). Ecosystem responses to land abandonment in Western Mediterranean Mountains. *Catena*, 149, 824–835.

Ruiz-Sinoga, J. D., & Martínez-Murillo, J. F. (2009). *Ecogeomorphological system response variability to the 2004–06 drought along a climatic gradient of the Littoral Betic Range (Southern Spain)*. *Geomorphology*, 103(3–103), 351–362. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.07.002>

Ruiz-Sinoga, J. D., & Romero Diaz, A. (2010). Soil degradation factors along a Mediterranean pluviometric gradient in Southern Spain. *Geomorphology*, 118(3–118):359–368. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.02.003>

Ruiz Sinoga, J. D., Garcia Marín, R., Martínez-Murillo, J. F., & Gabarrón Galeote, M. A. (2010). *The impact of a pluviometric gradient on the hydrological behaviour of soil surface components (Southern Spain)*. *Land Degradation and Development*, 21(5), 484–495. <https://doi.org/10.1002/ldr.994>

Ruiz-Sinoga, J. D., Gabarrón Galeote, M. A., Martínez Murillo, J. F., & Garcia Marín, R. (2011). Vegetation strategies for soil consumption along a pluviometric gradient in southern Spain. *Fuel and Energy Abstracts*, 84(1), 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.08.011>

Ruiz Sinoga, J. D., García Marín, R., Martínez Murillo, J. F., & Gabarrón Galeote, M. A. (2011). Precipitation dynamics in southern Spain: Trends and cycles. *International Journal of Climatology*, 31, 2281–2289. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.2235>

- Ruiz Sinoga, J. D., Romero Diaz, 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 Asociación de Geógrafos Españoles*, 68, 177–204. <https://doi.org/10.21138/bage.1858>
- Santos Deltell, M. J. (1991). Estudio de las precipitaciones extraordinarias (100 mm/24h) en la provincia de Alicante, 1914–1989. In *Sociedad y Territorio* (pp. 205–214). XII Congreso Nacional de Geografía. Valencia: Universidad de Valencia & Asociación de Geógrafos Españoles.
- Schär, C., Vidale, P. L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M., & Appenzeller, C. (2004). The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, 427, 332–336. <http://dx.doi.org/10.1038/nature02300>
- Schumm, S.A. (1980). Some applications of the concept of geomorphic thresholds. In D.A. Coates & J.D. Vitek (Eds.), *Thresholds in Geomorphology* (pp. 472–485). London: Allen & Unwin.
- Semmler, T., & Jacob, D. (2004). Modeling extreme precipitation events a climate change simulation for Europe. *Global and Planetary Change*, 44, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2004.06.008>
- Sempere Torres, D. (1994). La lluvia como agente erosivo: formación, distribución, erosividad e intercepción. *Ingeniería hidráulica en México*, 9–2, 5–18. Retrieved from www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/download/718/621
- 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. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.1533>
- Tebaldi, C., Hayhoe, K., Arblaster, J.M., & Meehl, G. A. (2006). Going to the extremes: an intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. *Climatic Change*, 79, 185–211. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9051-4>
- 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. In 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. <http://dx.doi.org/10.14198/XCongresoAECAlicante2016-39>
- Trenberth, K. E.; Fasullo, J. T., & Shepherd, T. G. (2015). Attribution of climate extreme events. *Nature Climate Change*, 5, 725–730. <https://doi.org/10.1038/nclimate2657>

Valero, F., Martín, M. L., Sotillo, M. G., Morata, A., & Luna, M. Y. (2009). Characterization of the autumn Iberian precipitation from longterm datasets: comparison between observed and hindcasted data. *International Journal of Climatology*, 29, 527–541. <https://doi.org/10.1002/joc.1726>

Wilhite, D. A. (1993). *Drought assessment, management and planning: Theory and case studies*. Boston, Kluwer.

Wischmeier, W. H. (1959). A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil-Loss Equation. *Soil Science Society of America Proceedings*, 23, 246–249.

<http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1959.03615995002300030027x>

Yevjevich, V. (1972). *Stochastic Processes in Hydrology*. Fort Collins, Colorado, USA: Water Resources Publications.