
PRECIPITACIONES EXTRAORDINARIAS EN ESPAÑA PENINSULAR

Por Alejandro J. Pérez Cueva*

El gran impacto económico y humano de las lluvias torrenciales, y su notable incidencia en aspectos naturales, como la erosión de los suelos o la aceleración de otros procesos geomórficos, han centrado el interés de numerosos investigadores en estos fenómenos meteorológicos. Razones no han faltado si nos atenemos a la casuística de catástrofes sobrevenidas recientemente por este motivo: la riada del Turia de 1957, el gran desastre de septiembre de 1962 en el que las lluvias torrenciales caídas en la cuenca del R. Llobregat causaron un millar de víctimas, la fuerte tormenta de 1973 en el SE peninsular o los últimos episodios de Valencia, Cataluña y el País Vasco (1). Todavía no se tiene una explicación completa de estos fenómenos catastróficos naturales ni mucho menos unos criterios objetivos que permitan prevenirlos. Sí que se tiene, no obstante, un marco general en donde situar los polos de máxima torrencialidad en la península, una apreciación bastante ajustada sobre la magnitud registrada y/o esperada y, sobre todo, numerosas apreciaciones sobre los factores que han contribuido a desencadenar los principales episodios de lluvias torrenciales, lo que permite un primer acercamiento a sus causas y mecanismos. Hoy en día se está lejos de concepciones pioneras como la de GARCÍA SAINZ (1952) que en el congreso de la UGI de New York, en los albores de la meteorología moderna española, explicaba las fuertes lluvias levantinas por el efecto de un torbellino creado al mezclarse en superficie, conducidas por un relieve adecuado, dos corrientes de

* — Departamento de Geografía General. Universidad de Valencia.

(1) Para un mayor conocimiento de estos episodios excepcionales pueden consultarse los trabajos de GARCÍA MIRALLES y CARRASCO ANDREU (1958), TOMÁS QUEVEDO (1963), CAPEL MOLINA (1974 y 1983) y PÉREZ CUEVA y ARMENGOT SERRANO (1983).

— Ag. y Soc. n.º 28 (julio-sept. 1983).

aire de sentido opuesto y térmicamente diferentes, una procedente del Atlántico y la otra del Mediterráneo.

LA DISTRIBUCION DE LA TORRENCIALIDAD Y SUS INTENSIDADES

Si bien el estudio de cada una de las situaciones torrenciales ha sido abordado con frecuencia, no ha sido así el de la variación de las intensidades a lo ancho de la vasta superficie peninsular. En la actualidad se puede afirmar que una única obra, ampliación de un estudio similar anterior del mismo autor, cumple este cometido: se trata de la monografía de ELÍAS CASTILLO y RUIZ BELTRÁN (1979) titulada «Precipitaciones máximas en España». Este autor toma 2200 observatorios para realizar estimaciones de precipitaciones máximas en períodos iguales o superiores a 24 horas, seleccionando aquellos de la red del SMN que contaban con series de datos, sin lagunas, no inferiores a 15 años en el intervalo de 1940-1970. Dadas las características de la red de observatorios sólo fue posible contar con 79 para períodos de 12 horas, 44 para períodos de 6 horas y 15 para períodos inferiores a 1 hora, aquellos que cuentan con bandas de pluviógrafo. La torrencialidad es expresada en cantidad de precipitación para un lapso temporal y un período de retorno establecido. El método estadístico aplicado para su determinación está basado, principalmente, en la distribución estadística de Gumbel, especialmente apropiada para valores máximos, y también en el cálculo de curvas de altura-duración-frecuencia y de curvas de intensidad-duración.

Los resultados obtenidos tras aplicar este método permiten delimitar las áreas de máxima torrencialidad de España. Las precipitaciones máximas estimadas para períodos de 24 horas permiten un primer conjunto de apreciaciones. De ellas vamos a utilizar las calculadas con un período de retorno de 10 años ya que no suponen extrapolaciones basadas en una serie de observaciones sustancialmente más reducida que el propio período de retorno (ver fig. 1). Cabe adelantar, sin embargo, que apenas existen diferencias entre los resultados obtenidos con este período de retorno y otros superiores.

Destacan unos pocos núcleos con 200 o más mm de precipitación: las estribaciones nororientales de las sierras Béticas (Pego-Denia) y el Mondúver (alrededor de 250 mm), las sierras de Grazalema, Tramuntana (Mallorca) y Gredos (alrededor de 250 mm) y las sierras de San Mamed, Montseny y Gata, así como el Baztán (entre 150 y 200 mm). Aparecen estos mismos núcleos, con pocas variaciones, si analizamos la cartografía de las precipitaciones máximas en 6 horas con un período de retorno de 10 años: extremo NE de las S. Béticas (170 mm), la S. de

Tramuntana y la costa al N del Delta del Ebro (140 mm), El Baztán, la S. de San Mamed y lugares de la costa valenciana y castellanense (120-130 mm) y las primeras estribaciones occidentales del Macizo Galaico (Pontevedra-Santiago), Gredos, Gata, Guadarrama y Montseny (100-110 mm).

La torrencialidad de las lluvias con una duración inferior a 2 horas presenta resultados poco fiables, debido a la escasez de observatorios que las registran. Esto obliga a ELÍAS CASTILLO y RUIZ BELTRÁN (1979) a deducirlas, prácticamente, de los datos de torrencialidad de 12 ó 24 horas, lo que hace que los grandes trazos de la cartografía resultante sean los mismos. Esto, qué duda cabe, sucede también si tomamos períodos de 6 horas, pero la diferencia estriba en que los mecanismos de estas lluvias son similares a los de períodos superiores (mecanismos de tipo dinámico y térmico que afectan a medianas y grandes extensiones de terreno) mientras que en lluvias intensas de poca duración aparecen otros sustancialmente diferentes como son los puramente convectivos, que afectan, en nuestras latitudes, a pequeñas extensiones de terreno.

A partir de la enumeración de los núcleos torrenciales de la península pueden apreciarse una serie de aspectos destacados de ésta:

a) El mapa de la torrencialidad coincide poco con el mapa de medias anuales de precipitación e incluso puede considerarse que presenta tendencias contrarias. Esto puede comprobarse si contrastamos el comportamiento normal y torrencial de las lluvias en Galicia, la cornisa cantábrica y la Meseta con las de la fachada mediterránea. El tipo de precipitación, predominantemente frontal, de las primeras áreas está en la base de la explicación del fenómeno: las lluvias de origen frontal son efectivas en cuanto a total anual acumulado pero no en cuanto a intensidad, dados los lentos mecanismos de ascenso que conlleva una borrasca. Los sistemas frontales sólo podrán producir lluvias intensas si desencadenan fuertes procesos convectivos en la masa de aire cálido obligada a ascender, o si asocian su efecto al del relieve.

b) Un segundo aspecto a destacar es el carácter orográfico de la torrencialidad, que se traduce en un notable aumento de las intensidades en torno a los relieves. Este efecto es general en las latitudes medias y contrario al que se produce en las latitudes intertropicales, en donde la precipitación, a partir de una pequeña altitud, es inversamente proporcional al aumento de ésta (BARRY y CHORLEY, 1980). Este carácter orográfico es causado principalmente por la exposición del relieve a los flujos de aire cargados de humedad y, en menor medida, por la rugosidad. Esto ocasiona que, en algunos casos, una cara de la cordillera se vea más afectada que la otra por fuertes precipitaciones. Por ello no debe establecerse una relación lineal entre altitud y torrencialidad.

El carácter orográfico de las intensidades máximas se da en todos los sectores climáticos (véase, vgr., el caso del clima del Alto Aragón Occidental, CREUS y PUIGDEFABREGAS, 1978) pero tiene especial importancia, en cuanto a la configuración del mapa de precipitaciones medias, en la fachada mediterránea. Aquí coinciden prácticamente los núcleos de torrencialidad con los núcleos húmedos (S. de Grazalema, S. de Tramuntana, fachada septentrional del extremo nororiental de las S. Béticas, etc.).

c) Un tercer aspecto que tampoco puede pasar inadvertido es el carácter litoral de la torrencialidad: en la fig. 1 se puede observar que 1) la casi totalidad de los núcleos están situados junto o en las cercanías del mar, 2) la totalidad de los principales presenta esta ubicación y 3) sólo junto al litoral pueden darse núcleos no asociados a fuertes relieves. Las dos excepciones más importantes están plenamente justificadas: la S. de San Mamed forma parte de la segunda alineación del relieve galaico; las sierras de Gata, Gredos y Guadarrama ofrecen una insalvable muralla a los flujos que, procedentes del W, NW y SW llegan a ellas sin alteración orográfica.

d) Finalmente es preciso ponderar los valores de estas precipitaciones máximas. Los valores de los núcleos máximos son ciertamente elevados y ello es un exponente más del clima mediterráneo que se asigna a buena parte de la península. Los 110 mm en una hora, 160 en 6 horas, 220 en 12 horas y 250 en un día —tomando como referencia a Pegodénia y un período de retorno de 10 años—, incluso cantidades inferiores, son capaces, como así ha podido tristemente comprobarse, de producir fuertes avenidas. Sin embargo, estos datos quedan lejos de los que pueden extraerse de una recta de regresión que relacione las cifras récord de precipitación para diferentes unidades de tiempo tomadas en diversos observatorios mundiales (350 mm en 1 hora, 800 mm en 6 horas, 1100 en 12 horas o 1600 en 24 horas —según PAULHUS, 1965). Por otra parte, los valores que ofrecen ELÍAS CASTILLO y RUIZ BELTRÁN están sometidos a continuos cambios. Así, en las recientes lluvias torrenciales del Levante español la región de Ayora vio hasta quintuplicarse algunos de sus índices de torrencialidad previstos: la lluvia caída en 6 horas en algunos lugares, estimada en principio en 70 mm (siempre para 10 años de retorno) fue casi de 400, según se señala en el informe del IMN realizado por GARCÍA DANA, FONT BLASCO y RIVERA PÉREZ (1982). Sin duda es la más cercana a los máximos valores mundiales de lluvias torrenciales de períodos amplios, es decir, sin tener en cuenta las intensidades de lluvias con duración inferior a una hora.

CONDICIONES GENERALES DE LAS PRECIPITACIONES TORRENCIALES

De lo expuesto hasta el momento pueden entresacarse, sin acudir al estudio detallado de los principales temporales, dos conjuntos de condiciones favorecedoras de las precipitaciones torrenciales.

a) El primero está basado en la necesidad de fuertes corrientes de ascenso de la masa de aire: la fuerte convergencia en superficie, la succión por divergencia en altura, la inestabilidad térmica de la columna atmosférica por recalentamiento basal o enfriamiento del techo o la ascensión orográfica la favorecen.

b) El segundo está basado en la conveniencia de un aporte abundante y continuado de aire cargado de humedad. En este caso, el factor cercanía al litoral y el factor estacionalidad tendrán suma importancia: uno por la fuente de calor y humedad que supone el agua del mar y el otro por el hecho de que a mayor temperatura, mayor puede ser la carga de humedad del aire. A este conjunto de condiciones ayuda una adecuada distribución de las altas y bajas presiones superficiales que oriente los flujos de aire húmedo a unos relieves capaces de disparar rápidamente la inestabilidad.

Según lo dicho anteriormente son varias las situaciones atmosféricas que combinando algunos o todos los factores pueden producir lluvias torrenciales (2).

1) La más simple es la tormenta convectiva veraniega en la que el recalentamiento basal de la columna atmosférica por la radiación diurna aumenta el gradiente térmico de ésta o en la que los factores geográficos locales propician la elevación del aire. Para que las lluvias sean verdaderamente torrenciales es necesario, no obstante, un cierto enfriamiento adicional de las capas altas, sea por advección fría en altura, generada por una vaguada de la corriente en chorro o por gota fría (3). También pueden incidir efectos dinámicos, como la existencia de divergencia en altura.

BATTAN (1964) explica claramente los mecanismos de precipitación de las tormentas, teorías que, confirmadas y completadas, perviven en los actuales tratados de meteorología (véase LOCKWOOD, 1974,

(2) Estas situaciones no deben tomarse como una tipología definitiva ni tampoco como unas categorías excluyentes o compartimentos estancos, dado que el grado de participación de los factores térmicos, dinámicos y geográficos es muy variable y no presenta soluciones de continuidad. Debe tomarse únicamente como un intento de agrupar los diferentes factores que intervienen en la formación de tormentas y temporales en combinaciones características.

(3) Esta situación provocó, por ejemplo, las pequeñas riadas de las cuencas altas del Jiloca y del Alfambra durante agosto de 1983, al superponerse a la acción térmica de la radiación solar la gota fría que ocasionó las riadas del País Vasco y de Cantabria.

BARRY y CHORLEY, 1980, etc.). La idea esencial es la llamada teoría columnar, desarrollada a partir del «Proyecto de tormentas» llevado a cabo por BYERS entre 1945-1950, mediante observaciones con aviones en el interior de éstas. Según esta teoría, en una tormenta se pueden distinguir tres fases:

a) *Etapa cumuliforme*, en la que se produce un ascenso generalizado del aire cálido de la base y laterales de la masa nubosa. Este ascenso continuará mientras persista la inestabilidad, frecuentemente hasta la tropopausa, y será capaz de provocar, normalmente, corrientes de 10 m/seg e incluso (según se interpreta del tamaño del granizo encontrado en el centro de la tormenta) de hasta 30 m/seg. Durará hasta que el peso de los elementos precipitables sea bastante grande como para resistir el ascenso. En este momento comenzará la segunda etapa.

b) *Etapa de madurez*, en la que los movimientos ascendentes coexisten con los descendentes. El mecanismo de descenso se autoalimentará con el enfriamiento por evaporación de parte de la precipitación. Esta es la fase de precipitaciones más intensas.

c) *Etapa de disipación*, en la que los movimientos descendentes son generales y desaparecen por evaporación las gotas de agua no precipitadas.

Uno de los aspectos que no hemos destacado suficientemente es el de la exigüidad de los aportes laterales. Esta es, en buena medida, la causa del corto desarrollo temporal de estos fenómenos, al no haber realimentación energética. Esto, como veremos, no sucede así en otras situaciones, en las que es imprescindible un flujo continuado de viento cálido y húmedo basal. MIRÓ GRANADA (1982) llega a hablar de la formación de un torbellino de eje horizontal que realimentó el temporal de octubre de 1982 de las costas valencianas. Este torbellino estaría integrado por un flujo superficial del E en el mar, ascenso sobre el País Valenciano, divergencia en altura y descenso a la altura de las Islas Baleares.

2) Otra situación sencilla es la que podríamos denominar de lluvias torrenciales frontales y orográficas, asociadas normalmente a ciclones extraordinariamente profundos. En ocasiones, a los efectos dinámicos y orográficos se une el apoyo de un embolsamiento de aire frío en altura. Un ejemplo de este tipo es el ciclón de febrero de 1941, descrito por DANTÍN CERECEDA (1942) como una profunda borrasca (965 mb) asociada a vientos huracanados. Si bien las bajas presiones y la ascensión frontal produjeron lluvias intensas generalizadas, especialmente en Andalucía, el abrupto relieve del Sistema Central, junto con los fuertes vientos, ocasionó la mayor nevada recordada hasta el momento. Otras situaciones en las que el relieve cataliza una lluvia frontal moderada para convertirla en precipitación extraordinaria son descritas en la serie de

comentarios de temporales que LINÉS ESCARDÓ publicó entre 1956 y 1964 en la Revista de Geofísica.

3) Sin embargo, las situaciones que provocan mayores inestabilidades son las que asocian los tres tipos de factores enumerados: los dinámicos, los térmicos y los geográficos. Esto suele suceder cuando se da un embolsamiento de aire frío en altura aislado de la masa de aire polar (situación de gota fría). Ésta, de por sí, combina el factor térmico (enfriamiento del techo de la columna atmosférica) con el factor dinámico (divergencias en altura y succión en su cara oriental). Si se une a esto los factores litoral y orográfico, lo cual es altamente probable dadas las características del relieve y costas peninsulares, las precipitaciones serán necesariamente más importantes que en cualquier otra situación. Pasesmos pues a analizar más detenidamente las condiciones de formación, las pautas de comportamiento y los mecanismos de inestabilidad atmosférica asociados a este conocido fenómeno, que es sin duda el principal motor de estas situaciones.

Las situaciones de gota fría tienen carácter propio, aunque, como hemos señalado, pueden llegar a intervenir en los otros dos tipos de situaciones hasta ahora descritas. CASCOS MARAÑA (1982) destaca que desde el momento en que se estrangula la vaguada de aire frío, la gota fría deja de estar integrada en una dinámica de circulación zonal, aunque de bajo índice, para presentar una dinámica celular, claramente diferenciada. El proceso de estrangulamiento se inicia con un debilitamiento del fujo zonal de la corriente en chorro, manifestado por el crecimiento de las ondulaciones hasta formar profundas vaguadas de eje submeridiano o incluso ondulaciones en forma de omega. En un esquema de circulación en omega es fácil imaginar un proceso de estrangulamiento, independiente de cualquier factor que no sea el de la propia dinámica atmosférica del chorro. En un esquema de vaguada, es decir, con ondulaciones no tan acentuadas, puede pensarse, quizá, en una «ayuda» de las características orográficas de la región en el estrangulamiento y formación de la gota. En el papel de las altas cadenas montañosas del N peninsular han insistido, entre otros, el anteriormente citado CASCOS MARAÑA (1982) y QUEREDA SALA (1981 y 1983).

No obstante ¿cuáles son, en estas situaciones, los elementos capaces de desencadenar procesos de inestabilidad atmosférica? En la base de las precipitaciones torrenciales está la elevada tensión del vapor de agua. Esto tiene una clara implicación temporal ya que será el final del verano y el inicio del otoño, momentos de máximo recalentamiento diferencial del mar, los más propicios para el desencadenamiento de la inestabilidad. El recalentamiento del mar favorece el enriquecimiento higrométrico de las capas inferiores de la atmósfera, las cuales, mediando un mecanismo de disparo, podrán ascender libremente hasta la tropopausa

gracias a que el calor adquirido previamente (calor latente) podrá ir transformándose poco a poco en calor sensible durante el proceso adiabático húmedo que en casi toda la ascensión tendrá el aire en elevación. Sólo la inversión térmica de la tropopausa podrá frenar este fenómeno.

A partir de este marco inicial es cuando tendrá un efecto de lluvias torrenciales la presencia de una gota fría en altura. Esta actúa de dos modos diferentes: por un lado incrementa el gradiente térmico estático haciendo que sea mayor que el gradiente adiabático del aire ascendente; al ser mayor, el aire ascendente siempre será más cálido y liviano que el aire de su entorno y podrá seguir elevándose. Por otro lado, la vortici­dad ciclónica de la gota fría crea unas zonas de divergencia de aire en altura capaces de aumentar la inestabilidad por succión del aire superficial. Es, por tanto, de suma importancia atender a la localización de las gotas frías a la hora de predecir o interpretar sus efectos. Este aspecto lo trataremos con mayor detenimiento tras enumerar los dos últimos factores asociados a los mecanismos de estas situaciones de lluvias torrenciales.

Uno de ellos es el relieve, que actúa como disparador del ascenso vertical, ya por generar rozamientos del aire, por encauzar y concentrar los flujos (CAPEL MOLINA, 1981) o por servir como simple trampolín (GIL OLCINA, 1983). Por otra parte el mapa de ELÍAS CASTILLO y RUIZ BELTRÁN es bien elocuente en este sentido. El otro es el de la necesidad de núcleos higroscópicos en torno a los cuales se inicie la condensación del vapor de agua. GIL OLCINA (1983) vgr. destacó el papel de las partículas salinas arrastradas por el propio aire procedente del Mediterráneo en el temporal de octubre de 1982.

Estos son, sucintamente explicados, los mecanismos de inestabilidad atmosférica y precipitación que conlleva una gota fría. El especial significado que tienen estas situaciones es debido, como señalábamos, a otros aspectos, como su génesis y comportamiento. Ambos determinan la localización de la divergencia en altura y, por lo tanto, el área de mayor efecto dinámico de la gota. La península ibérica se encuentra en unas latitudes apropiadas para ser afectada en cualquier época del año por la zona de divergencia de las gotas, dado el descenso latitudinal que permite su circulación celular. Únicamente en el centro del verano se puede detectar un notable descenso en cuanto a formación de estos fenómenos.

La evolución de las gotas frías ha sido particularmente estudiada por CASTILLO REQUENA (1978), que define cinco vías de paso a través de la península:

— Vía sur, que abarca a todas las que, procedentes entre el Atlántico Norte y las Azores, atraviesan el estrecho de Gibraltar y se encauzan por el Mediterráneo.

— Vía cantábrica, que abarca las formadas en el Golfo de Vizcaya, zona propicia para ello, y que posteriormente se dirigen al Mediterráneo por el valle del Ebro o la depresión de Aquitania.

— Vías del NW y W, las que formadas en el océano Atlántico atraviesan la península siguiendo estas direcciones.

— Vía NE, las que formadas en el Golfo de Lion descienden de latitud con trayectoria contraria a la circulación dominante, por el Mediterráneo noroccidental.

Esto implica que cualquier parte de la península puede verse afectada por una localización adecuada de la gota y que de cualquier origen se pueda, con mayor o menor probabilidad, evolucionar a tal localización favorable, lo que dificulta grandemente la previsión de sus efectos. Una de las tesis de PÉREZ CUEVA y ARMENGOT SERRANO (1983) en su estudio sobre los episodios torrenciales que han afectado a la cuenca del Júcar en las últimas décadas es precisamente ésta: que las lluvias en la cuenca media y baja del Júcar exigen una localización muy precisa entorno al mar de Alborán (allí, en el Rif, en Sierra Nevada, en el Golfo de Cádiz, etc.) y que a esta localización se puede llegar básicamente por las vías S y NE definidas por CASTILLO REQUENA. El temporal de 1982, el más importante del siglo, se produjo, entre otros factores, por la formación en aquel lugar de la gota fría, por lo que su energía termodinámica estaba prácticamente incólume antes de iniciarse las lluvias.

CONSECUENCIAS DE LAS LLUVIAS TORRENCIALES

Para completar las consideraciones hasta aquí realizadas acerca de las precipitaciones extraordinarias se ha creído conveniente esbozar algunas de sus consecuencias más importantes. Estas pueden separarse, de cara a una mayor claridad de la exposición, según afecten al medio físico o tengan un carácter social o económico. No obstante, ambos caracteres, natural y humano, pueden estar íntimamente asociados.

1) Consecuencias en el medio físico

Las lluvias torrenciales han sido especialmente consideradas en el marco de la teoría de umbrales geomórficos. Algunos autores han analizado este tema y han implicado a las lluvias torrenciales y a sus repercusiones inmediatas, como son las fuertes escorrentías laminares y concentradas, en un amplio abanico de efectos, como son, vgr., el cambio de los procesos operantes en las vertientes, el desencadenamiento de la erosión laminar o la inestabilidad de los lechos fluviales. STARKE (1976) distingue entre dos tipos de efectos: el de las lluvias cortas excepcionalmente intensas y el de las intensas de larga duración. Las lluvias

torrenciales de corta duración producen erosión en las vertientes por arroyada en manto, incisión lineal y flujo de suelo (*soil flow*), mientras que las lluvias intensas de larga duración son causantes de coladas de barro (*mud flows*), coladas de derrubios (*debris flows*) y deslizamientos. Estos mismos procesos no ocurrirían con lluvias normales de corta o larga duración. Así pues, el papel geomórfico de las lluvias torrenciales es, desde esta óptica, mayor que el operado por las precipitaciones normales, y las áreas de mayor torrencialidad serían las geomórficamente más activas en la actualidad.

Desgraciadamente en la península apenas se ha realizado estudios monográficos sobre estos temas, a pesar de reconocerse crecientemente el papel de la excepcionalidad en geomorfología. Los trabajos de HEMPEL (1961) y recientemente de THORNES (1976) sobre la génesis de valles secos, los estudios de la erosividad potencial de las lluvias en Galicia (DÍAZ FERRERO y DÍAZ DE BUSTAMANTE, 1981), los aterramientos de embalses (vgr., los de la cuenca del R. Segura, por LÓPEZ BERMÚDEZ y GUTIÉRREZ ESCUDERO, 1982) o los deslizamientos producidos en los valles de Alcoi por lluvias excepcionales (LA ROCA CERVIGÓN, 1980) son algunos de los pocos estudios que resaltan el papel de las lluvias torrenciales, a pesar de que el tema fue señalado ya en 1941 por HERNANDEZ PACHECO.

2) Consecuencias económicas y humanas

En el campo económico o estrictamente humano los daños producidos por lluvias torrenciales pueden llegar a ser muy elevados: las pérdidas por las recientes inundaciones del País Vasco, por tomar un ejemplo cercano, se calculan en más de 200.000 millones de pesetas; la muerte de casi un millar de personas en las inundaciones de 1962 en el Vallés y Maresme ponen el contrapunto humano a los datos económicos. En ocasiones puede considerarse que los daños son excesivamente elevados si los contrastamos con la aparente exigüidad de las precipitaciones.

En medios agrícolas las lluvias torrenciales pueden tener una notable y variada incidencia. Uno de los principales efectos es el referente a la erosión del suelo en campos de cultivo y sus secuelas inmediatas de disminución de fertilidad. Es por ello que la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE), una de las fórmulas de predicción y control de la degradación de suelos más ampliamente utilizada, incluye entre sus seis factores el de la intensidad de las precipitaciones. Otros efectos que podrían enumerarse son las pérdidas de cosechas (por el granizo, principalmente), la ruina de plantaciones (por la acción de las aguas de avenidas torrenciales), los aterramientos de embalses y canales de conducción de aguas o la destrucción de obras de defensa contra la erosión (muros de piedras, acequias de derivación de aguas de escorrentía, etc).

Desde distintas disciplinas (sociología, psicología, ingeniería, aparte de la geografía) se ha reflexionado sobre estos hechos, y parece haber un relativo acuerdo en que el carácter excepcional de las lluvias torrenciales, es decir, su elevado período de retorno, es uno de los principales motivos de tales desastres. La pérdida de la conciencia de peligrosidad debida a la larga recurrencia de los fenómenos se une a la falsa seguridad que cree tener la población con la regulación de las cuencas altas de los ríos. Con ello encontramos explicación a dos hechos directamente ligados a las catástrofes: la ocupación de los lechos de inundación de los ríos y la inadecuación de las obras de infraestructura a los fenómenos de lluvias torrenciales. No obstante, una completa ponderación de estos elementos directamente ligados a efectos catastróficos y de sus causas, exigiría un estudio más detallado que desborda las posibilidades de la presente nota.

Bibliografía

- BARRY, R.G. y CHORLEY, R.J. (1980), «*Atmósfera, tiempo y clima*», Barcelona, Ed. Omega SA, 3ª ed., 395 p.
- BATTAN, L.J. (1964), «*La naturaleza de las tormentas*», Edit. Univ. de Buenos Aires, Buenos Aires, 158 p.
- CAPEL MOLINA, J.M. (1974), «Génesis de las inundaciones de octubre de 1973 en el sudeste de la península Ibérica», *Rev. Cuadernos Geográficos*, nº 4, Univ. Granada, pp. 149-166.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1981), «*Los climas de España*», Barcelona, Oikos-Tau, 429 p.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1983), «*El clima de la España Cantábrica: las inundaciones de agosto de 1983 en el País Vasco, Cantabria y Navarra Atlántica*» Almería, La Crónica, 143 p.
- CASCOS MARAÑA, J.M. (1978), «*Contribución al estudio de los tipos de tiempo en los veranos de Valladolid*», Simancas, Inst. Cult.
- CASTILLO REQUENA, C.S. (1978), «Estudio sobre el comportamiento de la gota de aire frío y la distribución de sus consecuencias pluviométricas en la España Península», *Paralelo 37*, Univ. Granada, C.U. Almería, nº 2, pp. 57-80.
- CREUS, J. y PUIGDEFÁBREGAS, J. (1978), «Influencia del relieve en la distribución de las precipitaciones máximas. Un ejemplo pirenaico», *Cuad. de investigación*, Logroño, pp. 11-23.
- DANTÍN CERECEDA, J. (1941), «El ciclón del 15-16 de febrero de 1941 sobre la Península Ibérica», *Estudios geográficos*, nº 2-3, pp. 131-141.
- DÍAZ-FIERRÓS VIQUEIRA, F. y DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. (1981), «Erosividad potencial de las lluvias en Galicia durante los años 1978-1979 y 1979-1980», *Rev. Dep. de Edafología*, Santiago.

- ELÍAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRÁN, L. (1979), «Precipitaciones máximas en España», Servicio de publicaciones agrarias, Ministerio de Agricultura, 545 pp.
- GARCÍA DANA, F., FONT BLASCO, R. y RIVERA PÉREZ, A. (1982), «Situación atmosférica causante de lluvias torrenciales durante los días 19 al 21 de octubre de 1982 en el Levante Español», Madrid, Inst. Nac. de Meteorología, Ministerio de Transportes, Turismo y comunicaciones, 88 p.
- GARCÍA MIRALLES, V. y CARRASCO ANDREU, A. (1958), «Lluvias de intensidad y extensión extraordinarias causantes de las inundaciones de los días 13 y 14 de octubre de 1957 en las provincias de Valencia, Castellón y Alicante», Servicio Meteorológico Nacional, Madrid, 67 p.
- GARCÍA SAINZ, L. (1959) «Las grandes crecidas fluviales norteamericanas e hispanolevántinas, consecuencia de la acción del relieve en la circulación aérea», *Estudios Geográficos*, n.º 74, pp. 5-20.
- GIL OLCINA, A. (1983), «Lluvias excepcionales en la noche del 19 al 20 de octubre de 1982 y riada en el barranco de las Ovejas», en *Lluvias torrenciales e inundaciones en Alicante*, Inst. Univ. de Geogr., Univ. Alicante, pp. 5-23.
- HEMPEL, L. (1961), «Valles recientes y fósiles en la España mediterránea» *Estudios Geográficos*, 82, pp. 67-104.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1941), «Las aguas de arrollada y los fenómenos erosivos producidos por ellas», *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 39, pp. 341-343.
- LA ROCA CERVIGÓN, N. (1980) «Deslizamiento rotacional-colada de fango en los valles de Alcoi (Mas de Jordà, Benillup)», *Cuad. de Geografía*, Univ. Valencia, 26, pp. 23-40.
- LOCKWOOD, J.G. (1974), «*World climatology, an environmental approach*», Londres, Edward Arnold, 330 pp.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. y GUTIÉRREZ ESCUDERO, J.D. (1982), «Estimación de la erosión y aterramientos de embalses en la cuenca hidrográfica del río Segura» *Cuad. Inv. Geográf.*, 8, pp. 3-18.
- PAULHUS, J.L. (1965), «Indian ocean and Taiwan rainfalls set new records» *Monthly Weather Review*, 93, pp. 331-335.
- PÉREZ CUEVA, A.J. y ARMENGOT SERRANO, R. (1983), «El temporal de octubre de 1982 en el marco de las lluvias torrenciales de la cuenca baja del Júcar» *Cuadernos de Geografía*, Univ. Valencia, 32-33, pp. 61-86.
- QUEREDA SALA, J. (1981), «El tiempo perturbado de Abril en la provincia de Castellón», *Bol. Soc. Castellonense de Cultura*, 57, pp. 437-449.
- QUEREDA SALA, J. (1983) «Los excepcionales temporales de Octubre y su relación con las temperaturas del mar», *Cuad. de Geografía*, Univ. Valencia, 32-33, pp. 87-100.

- STARKEL, L. (1976), «The role of extreme (catastrophic) meteorological events in contemporary evolution of slopes» cap. VIII de *Geomorphology and climate*, pp 203-246, London, John Wiley & Sons, 514 p.
- THORNES, J.B. (1976), «Semiarid erosional systems: case studies from Spain» London, Geography Dep., School of Economics.
- TOMAS QUEVEDO, A. (1963), «Causas meteorológicas de las inundaciones de septiembre de 1962 en el bajo Vallés, llano de Llobregat y Manresa» *Estudios geográficos*, pp. 137-146.
-

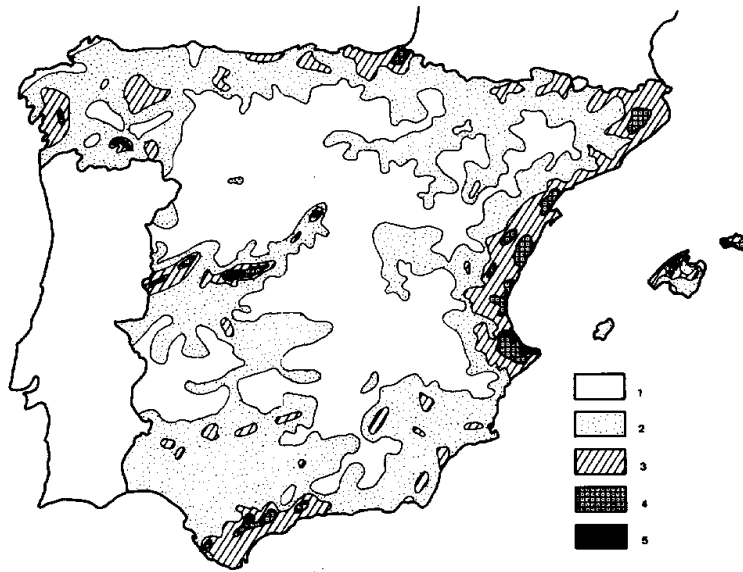


Fig. 1.: Precipitaciones extraordinarias en España. Estimación de precipitaciones caídas en 24 horas con un período de retorno de 10 años: 1) ≤ 70 mm. 2) 70-110 mm. 3) 110-150 mm. 4) 150-200 mm. 5) ≥ 200 mm. (A partir de ELIAS CASTILLO y RUIZ BELTRAN (1979).

RESUMEN

En esta nota se precisan los polos de máxima torrencialidad de la España peninsular y se analizan sus factores y mecanismos fundamentales, destacando el carácter orográfico y litoral de las lluvias extraordinarias. Se señala la especial importancia que tienen las situaciones atmosféricas con embolsamiento de aire frío en altura (gota fría) al ser este uno de los principales condicionantes de la torrencialidad en precipitaciones de tipo convectivo, orográfico o ciclónico. Con posterioridad, se señalan brevemente algunas de las consecuencias inmediatas, tanto en el medio físico como en aspectos socioeconómicos.

RÉSUMÉ

Dans cette note, on précise les pôles de maximum torrentiel de l'Espagne péninsulaire et on analyse ses facteurs et mécanismes essentiels, en soulignant le caractère orographique et littoral des pluies extraordinaires. On signale l'importance spéciale que possèdent les situations atmosphériques avec poche d'air froid en altitude (goutte froide), du fait d'être ce dernier une des conditions principales de la «torrencialité» en précipitations de type convectif, orographique ou cyclonique. Par la suite, on signale brièvement quelques-unes des conséquences immédiates, aussi bien dans le milieu physique que dans les aspects socio-économiques.

SUMMARY

The areas with maximum rainfall in the Iberian Peninsula are specified in this note, and its factors and main mechanisms are analyzed, pointing out the orographic and coastal character of extraordinary rainfall. This note points out the special importance of the atmospheric situation in which there is a high cold-air pocket (cold drop), being this one of the main causes of strong convective, orographic or cyclonic rainfall. Further on, some of the immediate consequences on the physical and socioeconomic aspects are briefly pointed out.

