

LA PRECIPITACIÓN COMO ADVERSIDAD METEOROLÓGICA

M^a del Milagro García-Pertierra Marín
Meteoróloga del Estado
Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

INTRODUCCIÓN

Cuando se producen episodios de intensidades de precipitación extremas son potencialmente susceptibles de ser origen de otros encadenados o secundarios como las inundaciones y mucho más, si se asocian con efectos añadidos como pueden ser los deshielos, lo que supone una suma de efectos primarios y secundarios que da lugar a las temidas avenidas en los cauces de los ríos, cuyas consecuencias son temidas a la vista de los grandes perjuicios humanos, económicos, sociales y medioambientales que originan. Se puede considerar, por tanto, que las precipitaciones máximas extremas o continuas son el origen primario de un desastre natural tan temido como son las inundaciones.

El hecho de que se produzcan precipitaciones, por muy intensas que sean, no presupone que se originen inundaciones, sólo se producirán si se dan otra serie de condiciones, lo que significa que nos encontramos ante un desastre que no es puramente meteorológico, sino que puede derivarse de una distribución espacial de precipitaciones máximas o continuas que de forma secundaria afecte a otros procesos.

Existe experiencia en todos los países del mundo de, en algún momento de su historia, haber sido víctimas de desastres que la naturaleza ha desencadenado, si bien en algunas zonas, esto sucede de forma más rutinaria y en otras se experimenta de manera más esporádica, lo que no minimiza las consecuencias en bienes económicos, pero sobre todo en pérdidas de vidas humanas. Ante esta situación, puede adoptarse una aptitud fatalista de decir que es consecuencia de la situación geográfica o bien de las fluctuaciones de distintas variables que puedan intervenir o por el contrario, sin ser ajenos a la realidad, tratar con los mecanismos de que se dispone llegar a conocer mejor esos fenómenos y en la medida de lo posible, prevenirlos y buscar sistemas de defensa.

En líneas generales hay algunas facetas comunes de los desastres naturales que se resumen a continuación:

- Un desastre natural es ocasionado por, aunque parezca un contrasentido, por un acontecimiento completamente natural, puesto que no es inducido (salvo cuando pueda estar forzado por la actividad humana), sino que el origen primario son las propias fuerzas de la naturaleza.
- Se producen tanto en la tierra, como en la atmósfera o en el agua
- En algunos casos se originan como consecuencia de una brusca desviación de las variables que caracterizan los sistemas geofísicos, como en el caso las tormentas o de los tornados. Estas situaciones se caracterizan por cambios rápidos en, relativamente, pequeñas dimensiones. Pueden ocurrir en un período de unas horas y en un área entre 10 a 100 km
- En otros casos tiene una velocidad de crecimiento más lenta y abarcan zonas más amplias al tratarse fenómenos macroescalares de perturbaciones sinópticas que pueden afectar a áreas de hasta 1 000 km. con un orden de crecimiento de hasta 2 ó 3 días o incluso más, como pueden ser los huracanes.
- En algunos casos los acontecimientos están asociados con la variabilidad y el comportamiento de determinados sistemas geofísicos, tal es el caso de los fenómenos asociados que se atribuyen a determinadas zonas del Pacífico con las oscilaciones de El Niño. En este caso se trata de fluctuaciones naturales en el sistema atmósfera-tierra-océano con probabilidades de recurrencia en el mismo lugar en definidos períodos de retorno deducidos de los datos registrados. En cierta medida, este tipo de eventos pueden ser previstos estadísticamente.
- También, a escalas más largas de tiempo, se pueden originar desastres naturales no habituales,

debidos a causas antropogénicas que las alteraciones climáticas van introduciendo, como la desertización debida a los incendios forestales o la pérdida de plancton en los océanos. Se trata de alteraciones, a largo plazo, que se producen por modificaciones en el comportamiento del hombre debidos al aumento de la población y al desarrollo industrial que dan lugar a cambios físicos y químicos, que pueden inducir, indirectamente, un aumento de los desastres naturales. En tela de juicio está si el aumento de las emisiones de CO₂ puede ser la causa de la desertización o si la reducción del O₃ está en la base de la disminución del plancton.

En todos los casos los efectos son similares, pues aparte de la pérdida de vidas y la destrucción de bienes e infraestructuras, hay un fuerte impacto ambiental, que se manifiesta en el deslizamiento de terrenos, arrastre de materiales, fenómenos de erosión, modificaciones en la flora y la fauna..., es decir se produce como resultado una seria alteración en el balance de los procesos atmosféricos, terrestres y biológicos.

A nivel mundial, la frecuencia de los desastres naturales de tipo meteorológico o en los que la meteorología tiene un efecto desencadenante vienen reflejados en al Figura 1, proporcionada por la Organización Meteorológica Mundial.

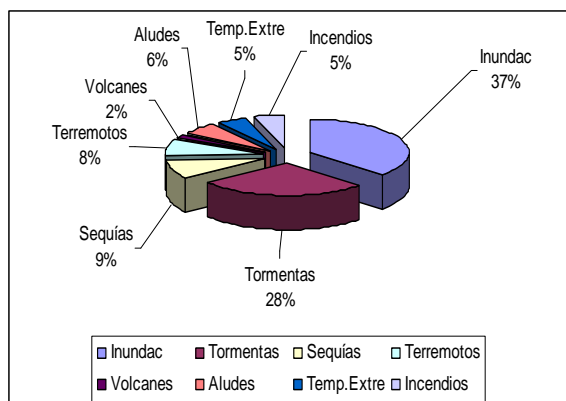


Figura 1.- Distribución de los desastres naturales.
Fuente OMM

Las inundaciones representan el porcentaje mayor de los desastres naturales seguido de las tormentas, con la consideración de que en muchas ocasiones, se derivan de ellas precipitaciones extremas que son la causa primaria de algunos tipos de inundaciones.

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA PRECIPITACIÓN

La humanidad depende del agua de forma tan intensa que existe documentación escrita de antiguas

civilizaciones, donde se hacen narraciones de fuertes precipitaciones que han destruido la tierra o de sequías diezmando la población. Se habla de astutos hombres que almacenaban víveres y que constituían un elemento de dominio para aquellos que carecían de ellos. A lo largo de la historia hay constancia de la existencia de alteraciones extraordinarias del régimen pluviométrico, ya en el Antiguo Testamento se describen unas desastrosas lluvias torrenciales que pasaron a formar parte del mítico Diluvio Universal.

Si hay un fenómeno al que no sean inmunes la mayor parte de los países del mundo son las inundaciones. La lista a este respecto es inmensa, encabezándola las producidas por el río Yangtze en China con más de un millón de muertos. Otro episodio tristemente famoso fue en 1953 en el mar del Norte al romperse los diques de Inglaterra y Países Bajos con resultado de cientos de muertos.

En la escala de relacionar los fenómenos atmosféricos con efectos sobrenaturales o mitológicos hay un amplio abanico de creencias más o menos pintorescas. En la antigua Grecia y otras civilizaciones se creía que el tiempo estaba determinado por los dioses y su violencia manifestaba la ira o enfado. Ya Aristoteles en el s. IV antes de Cristo escribió una de las primeras obras en meteorología considerando a los vientos como el pulmón de la tierra. Hoy en día, los conceptos han cambiado y al hablar de meteorología es sinónimo de una ciencia que estudia la atmósfera y su comportamiento y al hablar de Meteorología y Seguridad Pública nos estamos refiriendo a la forma de aplicar la ciencia meteorológica para reducir los efectos que los desastres naturales van a ocasionar.

En la actualidad se trata de establecer los cauces para aplicar los conocimientos tecnológicos a la lucha contra los desastres naturales, incluidas las precipitaciones cuantiosas o extremas, si bien hay que recordar que, también, su defecto es otro tipo de desastre. En la mayoría de los lugares la ausencia de precipitaciones en un periodo de tiempo corto no es ningún problema, pero si se repite la situación durante las estaciones lluviosas y además son varios años los que estas condiciones se dan, el resultado es más importante por las consecuencias que origina en la agricultura y en otros sectores.

No hay que minimizar los efectos desastrosos que originan las sequías y que se ponen de manifiesto en la figura 2, en la que aparecen según datos proporcionados por la Organización Meteorológica Mundial las víctimas mortales que a nivel mundial se originan por cada uno de los desastres naturales.

Como puede apreciarse es la sequía la que da lugar a más pérdidas de vidas, si bien son las inundaciones las que dan lugar a más pérdidas económicas.

	Número total de desastres notificados	Número total de muertos a causa de los desastres	Número total de personas afectadas por desastres	Monto total estimado de los daños causados por desastres (en miles de millones de dólares EE.UU.)
Desastres				
Avalanchas/deslizamientos	173	9 550	2 150	1,7
Sequías/hambrias	223	280 007	381 602	30,5
Terremotos	221	59 249	17 023	239,6
Temperaturas extremas	112	9 124	6 065	16,7
Inundaciones	888	97 747	1 442 521	272,8
Incendios en bosques o monte bajo	123	626	3 422	26,3
Erupciones volcánicas	54	942	2 157	0,8
Vientos fuertes	748	205 635	252 401	198,1
Otros desastres naturales	25	2 718	60	0,3
Continentes				
África	804	38 078	130 598	2,3
América	1 057	78 041	47 893	212,9
Asia	2 035	598 290	1 888 224	403,5
Europa	664	34 495	23 239	179,3
Oceanía	143	3 617	18 071	11,8

Figura 2.- Efectos de los desastres naturales.
Fuente OMM

Hay ocasiones en que una fuerte actividad tormentosa es causa de precipitaciones máximas y especialmente si esas tormentas se aíslan del flujo general, permanecen estacionarias y se retroalimentan por condiciones topográficas, lo que puede ocasionar inundaciones violentas y repentinas. Esta situación es particularmente favorable en áreas montañosas por lo que una primera prevención debería fijarse en conocer las zonas especialmente propensas a fenómenos tormentosos.

Aunque una persistencia de las precipitaciones puede dar lugar a inundaciones, no son tan devastadoras y peligrosas como las que se producen de forma violenta, ocasionadas por importantes cantidades de precipitación en cortos intervalos de tiempo. Son a los grandes ríos los que se acumulan cantidades importantes de precipitación durante varios días, mientras que los cursos pequeños se ven afectados por precipitaciones máximas repentinas, procedentes en su mayoría de fenómenos convectivos.

Las inundaciones rápidas son particularmente importantes en los últimos años en que aumento de la población ha hecho que se desarrollen asentamientos en zonas sin control y con riesgo de inundaciones. Por esta razón, representa un riesgo en los países desarrollados el desencadenamiento de precipitaciones intensas, generadoras de inundaciones rápidas, ya que es cada vez mayor la población no estable que se asienta en zonas montañosas o en parajes cercanos a los ríos, lo que hace que edificios, puentes y viviendas se construyan de forma que impidan el curso natural del agua. Así, la población es cada vez más vulnerable a estos efectos lo que se refleja en el incremento del número de muertos y de destrozos materiales y medioambientales.

COMENTARIOS SOBRE LA PRECIPITACIÓN EN ESPAÑA

Ciñéndonos al caso de España es importante partir de unos estudios climatológicos que permitan conocer las características generales del comportamiento de la precipitación, para tratar de planificar cualquier tipo de proyecto de forma adecuada o preparar los medios de defensa acordes con las zonas más vulnerables a esta variable. Una primera visión se obtiene de forma generalizada con el estudio de los mapas climatológicos que muestran el comportamiento medio de la precipitación como se muestra en la figura 3.

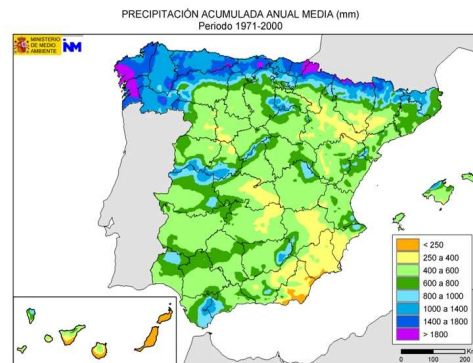


Figura 3.- Distribución de las precipitaciones medias en España. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología

Existe una zona en la que dominan los ríos cortos en la FRANJA MEDITERRÁNEA, desde el Cabo de Creus hasta Tarifa incluyendo el archipiélago balear. En esta zona se centran los registros record de lluvia acumulada en una sola jornada en España, con valores que no tienen que envidiar las cantidades de lluvia de los ciclones tropicales (871 mm en Javea el 2 de octubre de 1957; 817 mm en Oliva el 3 de noviembre de 1987 y 600 mm en Zurgena (Almería) y Albuñol (Granada) el 19 de octubre de 1973.

Estas cotas tan altas de precipitaciones máximas se producen especialmente en los meses de otoño, como consecuencia de las tormentas propias de esta época, cuyas causas más destacadas son:

- Proximidad de las cálidas aguas del mediterráneo
- Aumento de la evaporación
- Como consecuencia de lo anterior, cesión del calor latente de vaporización a la atmósfera.
- Aumento de la tensión de vapor.
- La presencia de cadenas montañosas próximas a la costa que favorecen las corrientes ascendentes y la generación de grandes sistemas convectivos mediterráneos.

Estos sistemas pueden tener una extensión de hasta 200 km, a diferencia de una tormenta estival que se extiende del orden de 50 km. El tamaño máximo suelen alcanzarlo entre las primeras horas de la noche y la madrugada.

En ocasiones se pueden reforzar por la llegada de pequeños núcleos convectivos procedente del desierto sahariano cuando existe circulación de vientos favorable para ello. En la mayoría de las ocasiones, los vientos del SW favorecen el desarrollo de los sistemas convectivos al favorecer la divergencia en altitud.

En cuanto a los grandes ríos se sitúan casi todos en la VERTIENTE ATLÁNTICA, y dónde como consecuencia de la entrada de sistemas frontales, las precipitaciones son más continuas y se pueden originar cantidades importantes durante varios días que favorezcan las inundaciones.

También se pueden apreciar PEQUEÑAS ÁREAS con cantidades de precipitación importante en el interior por influencia orográfica como:

- Zonas del Sistema Central hasta la comarca de la Vera
- Interior de Huesca
- Centro de Teruel y Cuenca
- Norte de Sevilla hasta Sierra Morena

Sin embargo, se tropieza con la dificultad de que la precipitación es un elemento climatológico de gran variabilidad, tanto en el espacio como en el tiempo, por lo que hay que aplicar tratamientos estadísticos determinados para obtener resultados válidos. Se necesita disponer de una base de las series de datos máximos anuales observados. En la figura 4 aparece la distribución de precipitaciones máximas diarias en España.

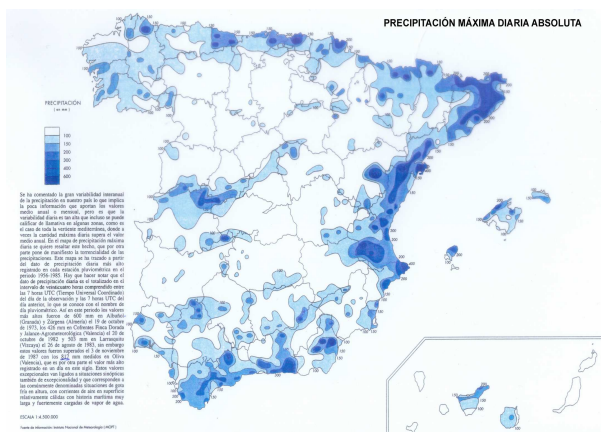


Figura 4.- Distribución de las precipitaciones máximas absolutas diarias. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología

Se puede estimar la frecuencia con la que cabe esperar se alcancen las cantidades máximas de precipitación en un intervalo de tiempo determinado o lo que es lo mismo la determinación de los *periodos de retorno*, que consiste en conocer el tiempo o intervalo de recurrencia en años, entre dos sucesos que igualan o superan el valor extremo considerado.

Dicho de forma más clara la pregunta sería ¿cuál es la probabilidad de que un suceso que tiene lugar en promedio de una vez entre n ocasiones, se presente r veces en las próximas n ocasiones?.

Para ello, se utiliza un ajuste a una función de distribución adecuada. Para el caso de las precipitaciones máximas se aplica la de Gumbel

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

que da la probabilidad de que un valor extremo sea menor que un valor dado x, por tanto la probabilidad de que ese valor sea igualado o superado será 1-F(x)

El período de retorno será por tanto:

$$T = \frac{1}{1 - F(x)}$$

Como resultado del desarrollo matemático se obtiene el valor x esperado para distintos periodos de retorno que por lo general suelen ser 5, 10, 15, 25 ó 50 años

APOYO EN LA LUCHA CONTRA LAS INUNDACIONES

Según establece la OMM el papel de los Servicios Meteorológicos es tal que deben proporcionar ayuda a los gobiernos para, entre otras cosas, prevenir y mitigar los desastres naturales en unos momentos en que la expansión humana está haciendo que se ocupen zonas vulnerables como pueden ser las zonas áridas, las laderas de montañas, las riveras de los ríos o las cercanías a las costas. La filosofía es con el apoyo de los Servicios Meteorológicos Nacionales, dentro del marco de la Estrategía Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, se reduzcan al 50% en la década 2010-2019 el número total de fallecimientos por esta causas.

Desde el punto de vista meteorológico el principal apoyo va a consistir en la predicción antes, durante y después del fenómeno adverso para proporcionar información que contribuya a mitigar sus efectos sobre la comunidad. Desgraciadamente, no siempre se puede predecir exactamente la cantidad y el lugar exacto donde se va a originar un fenómeno adverso. Sin embargo, para el caso de las precipitaciones extremas, el estudio de los acontecimientos del pasado puede ser de gran ayuda para conocer las zonas de mayor riesgo y los límites que alcanzan, mediante estimaciones que proporciona el uso de herramientas estadísticas como el cálculo de los periodos de retorno.

Ante esta situación la pregunta es: ¿qué puede hacerse para prevenir, reducir o evitar estas catástrofes y cuál es el papel de la meteorología?. Por supuesto lo ideal sería modificar artificialmente

el tiempo, pero esto es, de momento irreal, los intentos al respecto han sido poco esperanzadores. Por ello, hay que contar que las fuerzas de la naturaleza seguirán como están y preparar los mecanismos de defensa y previsión, para lo cual hay que contar con el desarrollo de la tecnología de satélites, radares, modelos numéricos y otras herramientas de trabajo.

Las necesidades de los usuarios guiarán los tipos de informaciones que se proporcionen sobre las precipitaciones y la forma en que se distribuyan, así como las investigaciones asociadas que requerirán y los programas que se deben establecer para realizarlas. En el caso de España existe una estrecha colaboración entre los Organismos responsables de la Gestión del Agua en todas sus facetas, como es la Dirección General del Agua y las Confederaciones Hidrográfica, con la Agencia Estatal de Meteorología para facilitar la información relativa sobre la evolución prevista de las precipitaciones por su clara influencia en el desencadenamiento de las temidas inundaciones. A los servicios hidrológicos les corresponde, desarrollar sus propios modelos de avenidas en los que se reconstruye el perfil del río y se van metiendo, como datos de entrada, las precipitaciones previstas y otras informaciones a lo largo de la cuenca que darán los resultados teóricos sobre el caudal y la posibilidad de avenidas.

La envergadura del problema de la cuantificación de las precipitaciones como elemento de entrada como posible desencadenante de inundaciones, se pone de manifiesto ante el hecho de que es un fenómeno al que no es inmune casi ningún país del mundo. La lista a este respecto es inmensa, encabezándola las inundaciones producidas por el río Yangtze en China con más de un millón de muertos. Otro episodio tristemente famoso fue en 1953 en el mar del Norte al romperse los diques de Inglaterra y Países Bajos con resultado de cientos de muertos.

ALGUNAS PRECIPITACIONES IMPORTANTES

Para tener una idea de la importancia de este fenómeno se enumera una relación de inundaciones importantes producidas en los últimos años, cuya causa desencadenante fueron la caída de cantidades notables de precipitaciones procedentes de fuertes tormentas.

- En Cataluña en 1971
- En Valdepeñas en 1972
- En País Vasco y Cantabria en 1983
- En Biescas en 1996
- En Badajoz en 1997

El pasado año 2007 ha sido bastante prolífero en episodios de precipitaciones intensas, de las que hubo durante casi todos los meses del año. Cabe

destacar las que a continuación se mencionan que desencadenaron inundaciones:

- En la Isla del Hierro. Los días 26 a 28 de enero.
- En Zaragoza crecida del Ebro. Los días 28 de marzo y 6 y 7 de abril. También se originaron crecidas de los ríos Gállego, Arba, Erga y Esca
- En Alcazar de San Juan. Los días 22 a 25 de mayo.
- En Jaén. Los días 13 y 14 de septiembre.
- En Alcalá de Guadaíra. Los días 2 al 4 de octubre.
- En el Verger (Alicante). El día 12 de octubre.
- En Palma de Mallorca (Baleares). El día 17 de octubre.
- En Utrera (Sevilla). El día 20 de noviembre de 2007. - Baleares.- 17 de octubre

Aunque el año expuesto se puede considerar algo anómalo, sirve de ejemplo para señalar que en España los fenómenos meteorológicos adversos no son tan infrecuentes y que los Planes preparados y las inversiones tecnológicas tienen una justificación basada en paliar en lo posible sus efectos mediante el conocimiento más exhaustivo de sus causas y la mejor forma de predecirlos y difundirlos en beneficio de la sociedad entera.

A la vista de estos acontecimientos, cabe pensar que no vivimos en un país con una bondad climática desde el punto de vista pluviométrico como para considerarnos seguros. Es necesario, por tanto, conocer la realidad que nos transmiten los estudios realizados, especialmente sobre la distribución de las precipitaciones máximas.

La variabilidad de la precipitación es tan alta en España que da lugar a que se produzcan precipitaciones máximas en 24 horas que se aproximan a los valores totales anuales.

Es en la franja mediterránea y en algunos lugares de la vertiente cantábrica donde se repiten con mayor frecuencia valores de intensidades máximas de precipitación que forman parte de sus series históricas. Pero, también, no hay que descartar núcleos aislados por zonas del interior e incluso en algunos lugares del interior de Andalucía que, en algún momento han sido víctimas de precipitaciones fuertes y que de los estudios realizados sobre los períodos de retorno para 25 años no habían sido considerados como para suponer un riesgo.

Concretamente en esta Comunidad a lo largo de 2007 se produjeron 8 episodios de precipitaciones intensas que afectaron a sus ocho provincias siendo las de Cádiz, Málaga y Sevilla donde el número de municipios afectados fue más numeroso. De entre los episodios sucedidos vamos a hacer referencia al que tuvo lugar en Alcalá de Guadaíra, en la provincia de Sevilla, el 2 de octubre de 2007. En esa fecha la cantidad total de precipitación recogida fue

de 58,00 m m en forma de lluvia y granizo. En la tabla 1 se indican los cinco valores máximos de las series históricas de precipitaciones máximas en 24 horas.

98,00 mm	94,40 mm	82,00 mm	78,00 mm	68,40 mm
19-11-1961	4-12-1958	10-10-1962	13-2-1960	26-11-1976

Tabla 1.- Cantidades máximas de precipitación en 24 horas y fecha de ocurrencia en Alcalá de Guadaíra. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.

La cantidad del 2 de octubre de 2007, aunque es importante no supone un record cuantitativo, la particularidad está en el poco intervalo de tiempo en que cayó, que fue del orden de 20 minutos, entre las 19 y 20 horas. Las consecuencias fueron catastróficas con tres fallecidos, además de numerosos daños en viviendas, vehículos e infraestructuras.

En la figura 5 se representa el mapa de superficie de las 18 horas dónde aparece sobre el SW peninsular un sistema de bajas presiones, al que se asocia un sistema fronta

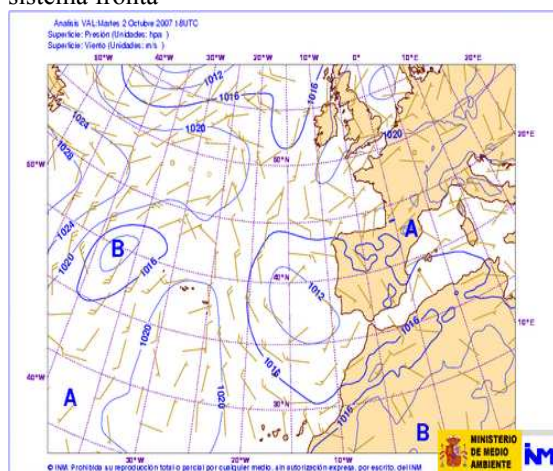


Figura 5. Análisis de superficie a las 18 UTC. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología

En la figura 6 se muestra el análisis a 500 hPa a la misma hora y en el que se observa un reforzamiento y continuidad de la situación en superficie.

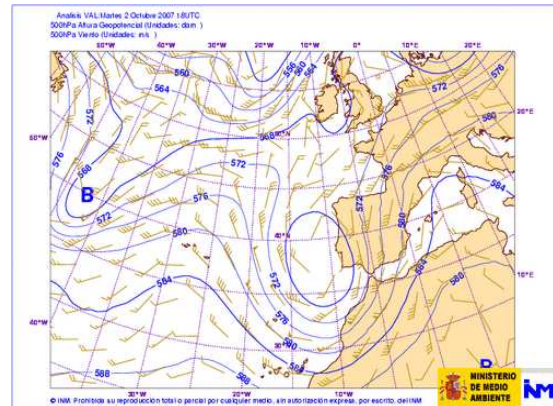


Figura 6. Análisis a 500 hPa a las 18 UTC. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología

La situación dio lugar a que se hiciera un seguimiento a lo largo de todo el día con los sistemas de vigilancia, apreciándose una fuerte actividad convectiva como puede verse en la figura 7 de la imagen de satélite Meteosat de las 18 horas.

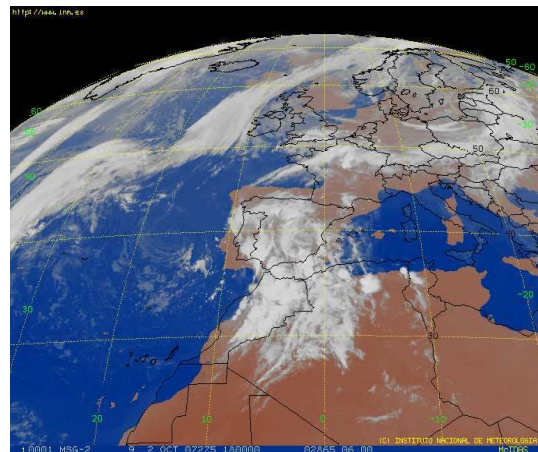


Figura 7.- Imagen del Meteosat a las 18 UTC. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología

La actividad convectiva generó diversas tormentas que se desplazaban del suroeste al este y noreste. Algunas de ellas adquirieron espectacular desarrollo como puede apreciarse en la figura 8 de valores del PPI del radar de Sevilla de las 19 horas, adquiriendo grandes dimensiones. En estos caso, si además, su movimiento es muy lento permaneciendo casi estacionarias, se facilita que interiormente adquieran una estructura muy organizada al verse alimentadas por fuertes corrientes verticales con movimiento de rotación. Es lo que se conoce como una “supercélula”.

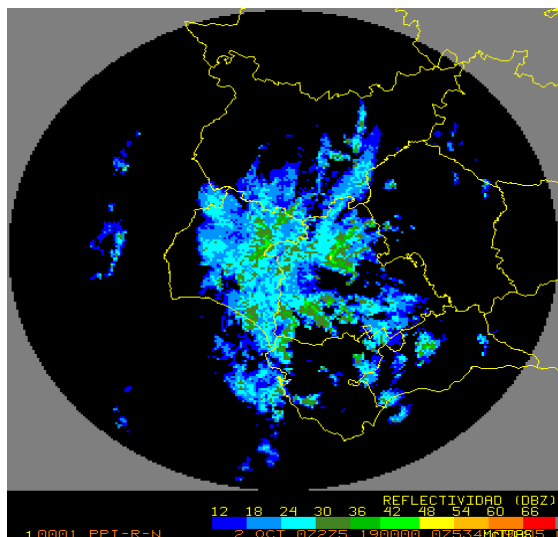


Figura 8.- Imagen de reflectividades del radar de Sevilla.
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología

En toda la provincia de Sevilla, a lo largo de todo el día se fueron alternando sistemas convectivos en fase de crecimiento y de disipación, así como por otras zonas de la mitad sur. El número de rayos caídos puede apreciarse en la figura 8 en que se totalizaron 4850, entre las 12 del día 2 a las 00 horas del día 3.

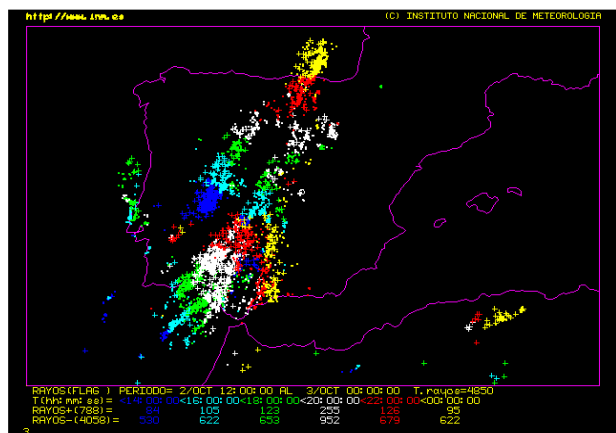


Figura 8.- Rayos caídos entre las 12 UTC del día 2 y las 00 UTC del día 3. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología

Como puede apreciarse, en este intervalo de tiempo la mayor densidad de rayos está concentrada en el SW peninsular.

Esta situación dio lugar a precipitaciones, el día 2 de octubre de 2007, en toda la provincia de Sevilla, con cantidades como las que aparecen en la tabla 2

Localidades	Precipitación el día 2	Intensidad máxima en 1 hora	Hora de la intensidad máxima
Tablada	13,8 mm	4,8 mm	19h 40 m
Sevilla. Aeropuerto	23,0 mm	15,5 mm	18h 25 m
Ecija	23,1 mm	16,1 mm	21h 10m
Moron de la Frontera	24,0 mm	18,9 mm	20h 40m

Tabla 2.- Cantidades de precipitación en la provincia de Sevilla. Fuente: AEMET

Este reparto de precipitaciones manifiesta la desigualdad que se produce con este tipo de fenómenos tormentos, dando lugar en algunos puntos muy cercanos a otros a cantidades muy diferenciadas de precipitación total. En cualquier caso fue entre las 19 y las 21 horas cuando la densidad de células convectivas fue mayor y fue cuando una de ellas, favorecida por condiciones locales y por un punto óptimo de desarrollo convectivo se situó sobre Alcalá de Guadaira dando lugar a la catástrofe.

Con las herramientas actuales, como se ha visto, es posible hacer un seguimiento de este tipo de situaciones, pero es muy difícil determinar en que lugar exacto se puede producir un desencadenamiento que dé lugar a que se produzcan precipitaciones particularmente intensas. Únicamente, cabe el remitir los Boletines de Avisos establecidos en el Plan Nacional de Meteorología Adversa (METEOALERTA) que informan sobre la existencia de situaciones de este tipo en determinadas zonas.

ESCASEZ DE PRECIPITACIONES

La otra cara de las anomalías de la precipitación la constituye su deficiencia, lo que a la larga y con otra serie de condicionantes da lugar a las sequías. No es un fenómeno que se desencadene de forma repentina, pero sí representa una situación adversa que conviene sea tratada y estudiada para prevenir su aparición y programar los medios de lucha, con el fin de paliar sus consecuencias.

Para su estudio y posibilidad de ocurrencia hay que recurrir a métodos estadísticos que permitan conocer los índices de sequía, la frecuencia, la severidad y su duración en términos de probabilidad. Para la determinación de la frecuencia existen diferentes métodos, del cuál el más ajustado corresponde al de Palmer, basado en el balance hídrico deducido por el método de Thornthwaite.

La sequía afecta tanto al mundo agrario como al mundo hidrológico, sin contar a otros aspectos sociales, económicos y urbanos de amplio calado. Desde el punto de vista agrario, la mayor

preocupación se centra en el conocimiento de las disponibilidades de agua para el crecimiento vegetal y la faceta hidrológica obedece al estudio de los cursos de agua y sus irregularidades por la importancia que representan para la distribución de agua para consumo habitual o riego.

Los suelos que se encuentran afectados por sequía pierden vegetación y se encuentran mas expuestos a la erosión y pérdida de materiales, por lo que disminuye notablemente la capacidad de retención de agua y para mantener el equilibrio la recuperará de terrenos adyacentes, lo que motivará pérdidas en las reservas subterráneas de zonas colindantes

desequilibrando con ello el ciclo hidrológico.

Por todo lo expuesto, se pone de manifiesto que, si bien la presencia de precipitaciones constituye un elemento de vital importancia para la supervivencia y desarrollo de un país y sus habitantes, las desviaciones respecto a los valores normales, tanto por defecto como por exceso, así como su intensificación en cortos períodos de tiempo constituyen una adversidad meteorológica mucho más amenazante que las desviaciones de cualquier otra variable meteorológica, por lo que merece el tratamiento y el desarrollo de técnicas de predicción adecuadas para paliar sus consecuencias.