



ANEJOS DE takurunna

ANUARIO DE ESTUDIOS SOBRE RONDA Y LA SERRANÍA. NÚMERO 4

ACTAS DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE
GEOGRAFÍA DE LA SERRANÍA DE RONDA

La Serranía de Ronda. Territorio, naturaleza, paisaje e identidad

JOSÉ GÓMEZ ZOTANO
FRANCISCO SILES GUERRERO
JOSÉ ANTONIO CASTILLO RODRÍGUEZ
VIRGILIO MARTÍNEZ ENAMORADO
(EDITORES)



ANEJOS DE Takurunna

ANUARIO DE ESTUDIOS SOBRE RONDA Y LA SERRANÍA. NÚMERO 4



CONSEJO CIENTÍFICO

VIRGILIO MARTÍNEZ ENAMORADO (Universidad de Málaga)
FRANCISCO SILES GUERRERO (Instituto de Estudios de Ronda y la Serranía)
JOSÉ ANTONIO CASTILLO RODRÍGUEZ (Instituto de Estudios de Ronda y la Serranía)
JOSÉ GÓMEZ ZOTANO (Universidad de Granada)
JOSÉ RAMOS MUÑOZ (Universidad de Cádiz)
JUAN ANTONIO MARTÍN RUIZ (Academia Andaluza de la Historia)
JUAN ANTONIO CHAVARRÍA VARGAS (Universidad Complutense de Madrid)
ESTEBAN LÓPEZ GARCÍA (Instituto de Estudios de Ronda y la Serranía)
JOSÉ MARÍA GUTIÉRREZ LÓPEZ (Museo Histórico de Villamartín)
MARÍA ANTONIA SALAS ORGANVÍDEZ (Instituto de Estudios de Ronda y la Serranía)

EDITORES NÚMERO 4

JOSÉ GÓMEZ ZOTANO (Universidad de Granada)
FRANCISCO SILES GUERRERO (Instituto de Estudios de Ronda y la Serranía)
JOSÉ ANTONIO CASTILLO RODRÍGUEZ (Instituto de Estudios de Ronda y la Serranía)
VIRGILIO MARTÍNEZ ENAMORADO (Universidad de Málaga)

ÍNDICE

<i>Nota sobre la publicación de las Actas del Congreso Internacional de Geografía de la Serranía de Ronda.</i> JOSÉ ANTONIO CASTILLO RODRÍGUEZ	7
<i>Introducción.</i> JOSÉ ANTONIO CASTILLO RODRÍGUEZ	9

PONENCIAS

<i>El valor universal excepcional del paisaje cultural de la Serranía de Ronda: hacia la declaración de patrimonio mundial.</i> JOSÉ GÓMEZ ZOTANO	17
<i>Geografía administrativa de un territorio homogéneo: La Serranía de Ronda. Un análisis histórico</i> FRANCISCO SILES GUERRERO Y VIRGLIO MARTÍNEZ ENAMORADO.....	47
<i>Balastar (Faraján). Perspectiva geográfico-histórica y filológica de un despoblado morisco de la Serranía de Ronda.</i> JUAN ANTONIO CHAVARRÍA VARGAS.....	91
<i>Caracterización y clasificación climáticas de la Serranía de Ronda</i> JOSÉ ANTONIO OLMEDO COBO.....	113
<i>La Serranía de Ronda. Régimen de precipitaciones. Irregularidad y torrencialidad</i> JOSÉ MARÍA SENCIALES GONZÁLEZ	133
<i>Cambios climáticos y biogeográficos en los escenarios de incremento de 2 a 3 °C</i> RAFAEL CÁMARA ARTIGAS	165
<i>Los Bosques de la Serranía de Ronda (Andalucía, España): un ensayo sobre su vulnerabilidad al cambio global.</i> ANDRÉS V. PÉREZ LATORRE	187

Descubriendo los bosques del pasado en la Serranía de Ronda mediante el método pedoantracológico. RUBÉN PARDO MARTÍNEZ 203

Despoblación y gestión de servicios ecosistémicos: ¿Son compatibles el uso de los servicios con la explotación por parte de las personas? El caso de la Serranía de Ronda
MARTA PASTORA FERNÁNDEZ BUSTAMANTE 223

COMUNICACIONES

El firmamento en el paisaje naturalista de la Serranía de Ronda
M.^a TERESA Y ANTONIO R. ACEDO DEL OLMO ORDÓÑEZ 237

Crónica de la recuperación de un bosque de pinsapos que desapareció en los inicios del siglo XX. JOSÉ MANUEL AMARILLO VARGAS 253

Ríos Rosas, poeta del patrimonio histórico monumental y del paisaje secular rondeño
JOSÉ ANTONIO Y DOMINGO JIMÉNEZ LÓPEZ 259

El Rif (Marruecos), el país impenetrable: límites y frontera
ALEJANDRO GARCÍA ALAMINOS 291

La evolución demográfica de la Serranía de Ronda: modelos sobre la despoblación y perspectivas teóricas para los retos de futuro. FRANCISCO CASTILLO GIL 319

Las sendas y rutas como vehículo para la divulgación de los paisajes
RAFAEL FLORES DOMÍNGUEZ 371

Dos teselas del mosaico rondeño
GERARDO SIERRA DE CÓZAR 377

Algaba de Ronda, una economía femenil del bosque
MARÍA A. SÁNCHEZ ELENA 383

Acto de presentación de los premios "Paisaje Serrano" (II Edición)
JOSÉ GÓMEZ ZOTANO 395

Acto de presentación de la Plataforma Serranía de Ronda Existe. Manifiesto
JOSÉ ANTONIO CASTILLO RODRÍGUEZ 409

LA SERRANÍA DE RONDA. RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES. IRREGULARIDAD Y TORRENCIALIDAD

JOSÉ MARÍA SENCIALES GONZÁLEZ

(Universidad de Málaga)

RESUMEN: La Serranía de Ronda, espacio de delimitación imprecisa, ocupa las unidades montañosas más occidentales de las Cordilleras Béticas. Muestra una marcada diferenciación pluviométrica respecto al resto de Andalucía, caracterizada por: 1) alto volumen y frecuencia de precipitaciones que menguan al alejarse del Océano Atlántico, incrementan el volumen e intensidad a barlovento de las barreras orográficas y disminuyen la intensidad en la periferia; además, presentan alta variabilidad interna, ausencia de correlación con altitudinal y entre volumen y frecuencia de precipitación, ausencia de correlación entre intensidades media y máximas diarias u horarias y, finalmente, un volumen anual determinado por la intensidad pluviométrica media. 2) Régimen pluviométrico con volúmenes invernales en estaciones de mayor pluviometría (predominantes) y de lluvias otoñales en las estaciones más orientales; y una marcada mediterraneidad con lluvias estivales <10% del volumen y frecuencia anual de precipitación. 3) Intensidades pluviométricas variables con el siguiente patrón: Área central con menor % de lluvias <10 mm/24 h y mayor % de lluvias >30 mm/24 h.; alta intensidad y frecuencia de lluvias >30 mm/24 horas; aguaceros generalizados de >100 mm/24 h con periodo de retorno <6 años en las zonas centrales y centro-occidentales. 4) Finalmente, no hay ningún resultado significativo estadísticamente respecto a la tendencia en el volumen pluviométrico interanual, aunque los valores negativos son generalizados; hay resultados negativos significativos en algunas estaciones respecto a la frecuencia y tendencia negativa mayoritaria, aunque hay algunos casos positivos significativos estadísticamente; también destaca una marcada tendencia al descenso del volumen de precipitación analizando series >50 años.

PALABRAS CLAVE: Pluviometría, frecuencia, intensidad, tendencias, Serranía de Ronda

SUMMARY: The Serranía de Ronda, with imprecise boundaries, encompasses the westernmost mountainous units of the Baetic range. It shows distinct rainfall patterns compared to the rest of Andalusia, characterized by: 1) High volume and frequency of rainfall that decrease with distance from the Atlantic Ocean, increase in volume and intensity on the windward side of orographic barriers, and decrease in intensity on the periphery. There is high internal variability, a lack of correlation with altitude and between rainfall volume and frequency, and a lack of correlation between average and maximum daily or hourly intensities. The annual volume is determined by the average rainfall intensity. 2) A rainfall regime with higher volumes in winter at stations with greater

rainfall (predominant) and autumn rains at the more eastern stations, with summer rains accounting for less than 10% of the annual rainfall volume and frequency. 3) Variable rainfall intensities with the following pattern: Central area with a lower percentage of rains <10 mm/24 h and a higher percentage of rains >30 mm/24 h; high intensity and frequency of rains >30 mm/24 hours; widespread downpours of >100 mm/24 h with a return period of <6 years in central and central-western areas. 4) Finally, no statistically significant results exist regarding trends in inter-annual rainfall volume, although negative values are widespread. Significant negative results are noted at some stations regarding frequency and a predominantly negative trend, though some statistically significant positive cases exist. A marked downward trend in rainfall volume is noted when analyzing series >50 years.

KEY WORDS: Pluviometry, frequency, intensity, trends, Serrania de Ronda

1. INTRODUCCIÓN

La extensión de la Serranía de Ronda es imprecisa, existiendo numerosas definiciones y descripciones, muchas de ellas bastante diferentes, a cerca del territorio que abarca. No obstante, desde un punto de vista físico existe una serie de factores comunes que pueden ayudar a una delimitación más precisa como comarca natural, al margen de cualquier división administrativa que a lo largo de la Historia haya compartimentado este territorio.

Desde el punto de vista fisiográfico podría considerarse Serranía de Ronda a toda la margen occidental de los Sistemas Béticos, desde el valle del Guadalhorce a la campiña jerezana, y desde el estrecho de Gibraltar a las campiñas del Guadalquivir. Sin embargo, como se verá a lo largo de este trabajo, la identidad de la Serranía de Ronda podría afinarse un poco más tomando como factor común algunos aspectos relativos a las precipitaciones.



Figura 1. Localización del área de estudio

2. ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DISPONIBLES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Son muy pocas las estaciones disponibles en la Serranía de Ronda que alcanzan el valor de treinta años recientes recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (ver tabla 1); si a ello le añadimos que las estaciones que sí cumplen este criterio presentan numerosas lagunas informativas, estas características de los datos harían inviable cualquier estudio. Ello ha obligado a una importante selección de estaciones (cincuenta y ocho en total) de las que seis contaban con más de sesenta años continuados de datos pluviométricos, con lagunas calculables.

Para disponer de series comparables y, dado que se cuenta con numerosas estaciones que comenzaron a tomar datos continuos (y sin apenas lagunas) desde 1997, se ha tomado el 1 de enero de 1997 como fecha de inicio de los datos, finalizando a 31 de diciembre de 2022. En las estaciones que contaban con ausencias completas de meses e incluso de algún año, pero no demasiados como para invalidar la serie, se hizo uso del Standard Normal Homogeneity Test (ALEXANDERSSON, 1986) a través de estaciones de referencia, alcanzando el número de series válidas antes señalado (58). Los factores comunes encontrados respecto a las precipitaciones fueron:

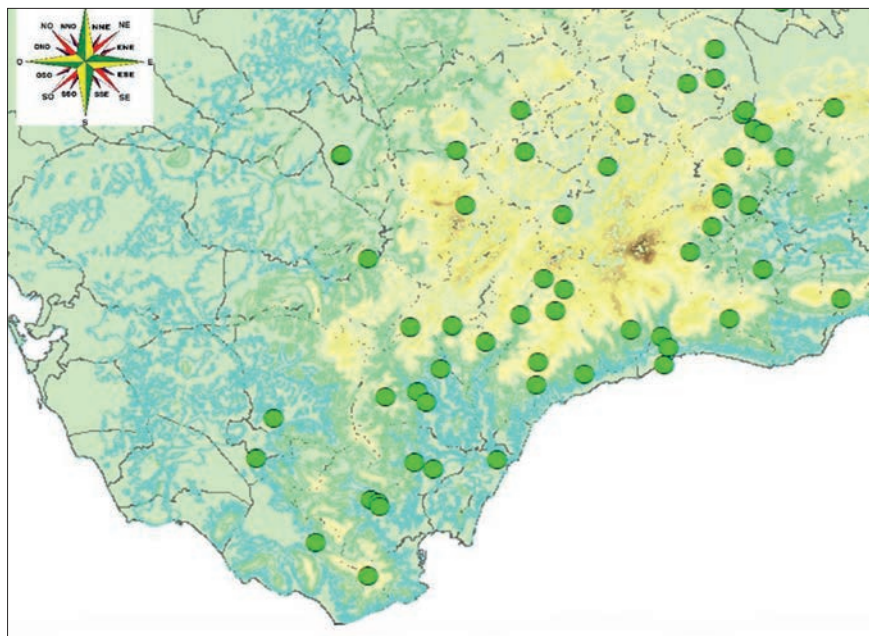


Figura 2. Estaciones pluviométricas empleadas para el estudio. Elaboración propia

- Alto volumen y frecuencia de precipitaciones.
- Alta intensidad y frecuencia de lluvias >30 mm/24 horas.
- Ausencia de correlación con la altura.

TABLA I. LISTADO DE ESTACIONES Y AÑOS DISPONIBLES EN LA SERRANÍA DE RONDA.
DATOS TOMADOS DE REDIAM, IFAPA E HIDROSUR

ESTACIÓN	AÑOS DISPONIBLES	ESTACIÓN	AÑOS DISPONIBLES
E. Celemín	23	Pujerra AEMET	45
E. Barbate	23	Arriate	71
E. Almodóvar	23	Estepona RAIF	27
Villamartín IFAPA	22	Ronda	26
Villamartín Coop.	26	Cañete Real	26
E. Hurones	23	Benahavís	26
S. ^a de Luna	26	E. Concepción	26
Charco R.	26	Pto. Banús	51(*)
Toma Charco R.	26	Dep. Marbella	26
Dep. Charco R.	26	Teba	57(*)
Loma de Cámara	26	Tolox Pueblo	34
M. Las Lomas	26	Ojén	65(*)
Part. Guadarranque	26	Alozaina	61
Hozgarganta	26	Campillos RAIF	24
Jimena IFAPA	23	Campillos AEMET	61
Castellar Pueblonuevo	48	Casarab. SAIH	26
Guadiaro	26	Ojén SAIH	26
Cortes Colmenar	35	Carratraca	40
Zahara S.	23	C. Guadalhorce	26
Grazalema	23	Guadalteba	26
Gaucín	73	Casar. RAIF	26
S. Enr. Guadiaro	21	Casarabonela	69
Olvera RAIF	26	Rep. Encantada	26
Genal	26	Can. Encantada	26
Ronda RAIF	26	Coín	26
Estepona IFAPA	21	Fuentepiedra	26
Los Reales	26	Paredones	26
Alpandeire	61	Torcal	26
Pujerra SAIH	26	S. ^a Mijas	26

(*) Serie con numerosas lagunas

3. RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES. IRREGULARIDAD E INTENSIDAD

3.1. RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES. VOLUMEN Y FRECUENCIA.

DIFERENCIAS ESPACIALES

Es conocido que la sierra de Grazalema, conjunto montañoso que hemos incluido en la Serranía de Ronda, registra los máximos valores de precipitación de la península ibérica. No obstante, es necesario matizar esta afirmación tan repetida, dado que los valores promedio están sufriendo una importante modificación en los últimos años como consecuencia del cambio climático, y que existen otras zonas de interés dentro de la serranía, quizá no tan conocidas y que requieren ser puestas de relieve.

A la vista de la información mostrada en la figura 3, es evidente que Grazalema sigue mostrando los importantes volúmenes por los que es conocida esta localidad, si bien la serie empleada, centrada en los años 1997-2022, solo alcanza 1635 mm anuales, casi 600 mm menos de lo que reflejan los mapas clásicos de pluviometría en España. Por el contrario, el entorno del Estrecho (estación Sierra de Luna) alcanza volúmenes cercanos (1557 mm). Entre ambas estaciones, un corredor de precipitaciones superiores a los 900 mm marca las primeras barreras orográficas que encuentran las masas de aire cuando provienen del Atlántico, agotándose paulatinamente hacia el este, independientemente de que la altitud pueda ser superior (como es el caso de la sierra de las Nieves). Así, el valor mínimo se localiza en la cuenca media del Guadalhorce, con 404 mm en la estación Conde de Guadalhorce.

Todo ello puede resumirse en tres características comunes:

- Incremento en las áreas de sotavento de barreras orográficas.
- Alta variabilidad interna.
- Ausencia de correlación con la altura.

En cuanto a la frecuencia de las precipitaciones, centrada en el promedio de número de días que llueve al año (figura 4), el patrón de distribución es ligeramente diferente, alcanzándose los mayores valores en sierra de Luna y los Reales de Estepona, en tanto que los mínimos se localizan en Carratraca (figura 4)

En general, el número de días de precipitación al año suele superar los setenta, pero no es especialmente alto en Grazalema, como sí sucede con el volumen anual; nuevamente, la frecuencia se reduce hacia el este. De esta información se derivan las siguientes características comunes:

- Reducción de la frecuencia al alejarse del Atlántico.
- Alta variabilidad interna.
- Ausencia de correlación con la altura.
- Ausencia de correlación con el volumen de precipitación.

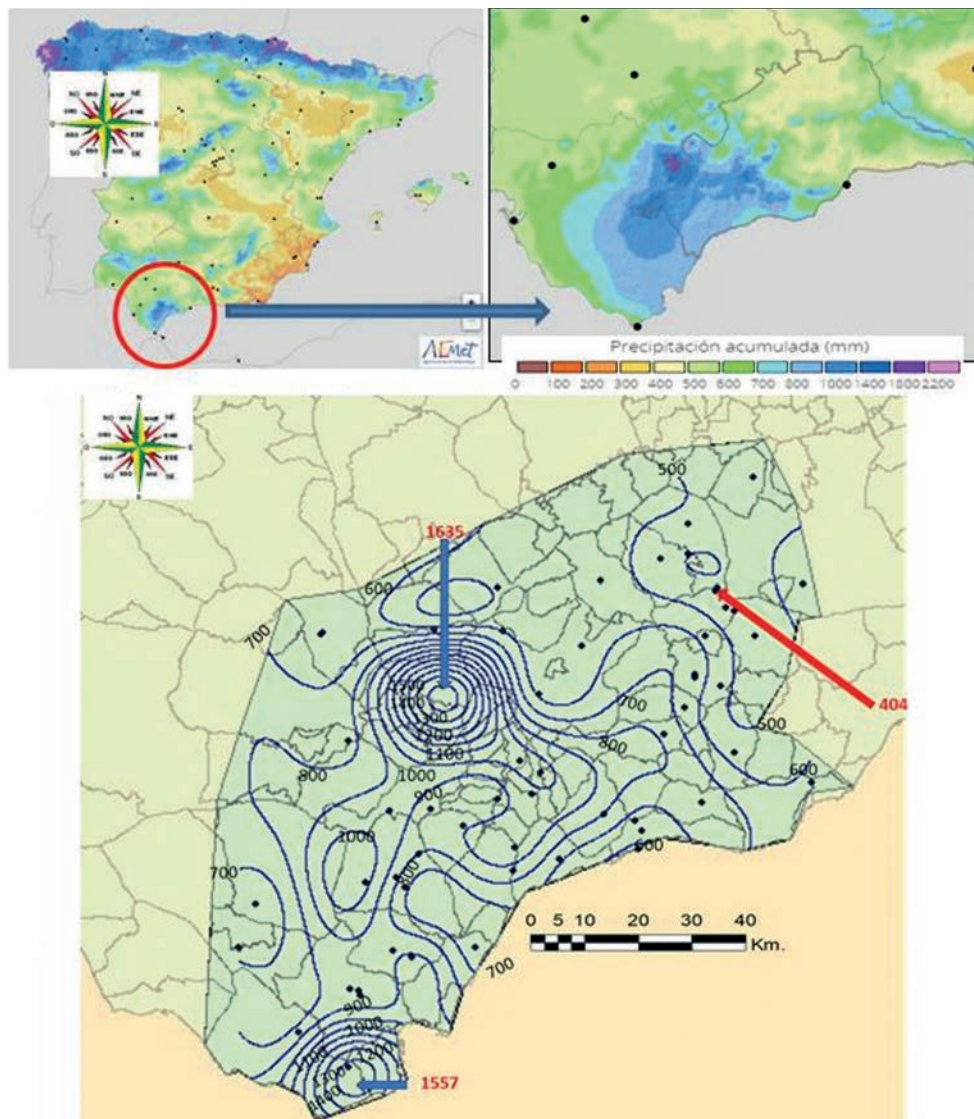


Figura 3. Distribución anual de las precipitaciones. Arriba, mapas recabados de aemet.es. Abajo, mapas de elaboración propia a partir de las estaciones empleadas

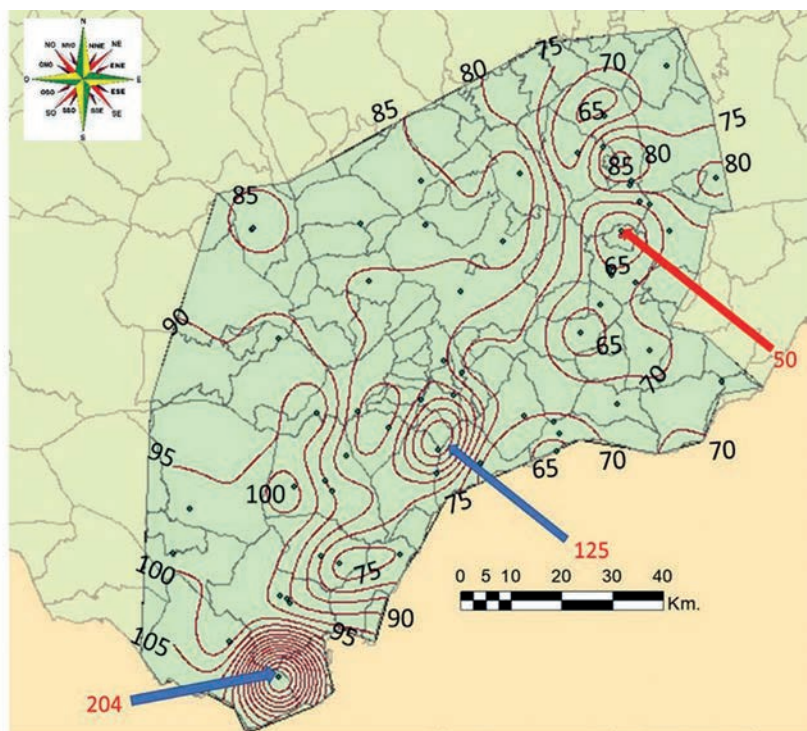


Figura 4. Mapa de distribución anual de la frecuencia de precipitaciones (n.º de días). Elaboración propia

Finalmente, al poner en relación el volumen anual con el número de días de precipitación, se obtiene el valor de intensidad media anual de las precipitaciones en veinticuatro horas (figura 5).

Es bastante significativo en este caso el hecho de que el conjunto montañoso supera casi en su totalidad los 9 mm por día de lluvia, cuando no los 10, entrando en un valor que puede considerarse como intensidad moderada de las precipitaciones de modo habitual. El máximo valor alcanzado en Grazalema, secundado por Pujerra, revela la importancia de las lluvias intensas para alcanzar los elevados volúmenes del conjunto Grazalema-Líbar-Nieves; por su parte, sierra de Luna apenas destaca por su intensidad, debido a los altísimos valores de días de lluvia, que rebajan la intensidad de los también elevados volúmenes de precipitación anual. Los menores valores se alcanzan, nuevamente en la cuenca media del Guadalhorce, en este caso en Campillos RAIF.

Así, como características comunes de la intensidad media de las precipitaciones destacan:

- Incremento ante barreras orográficas.
- Disminución hacia los bordes del sistema montañoso.

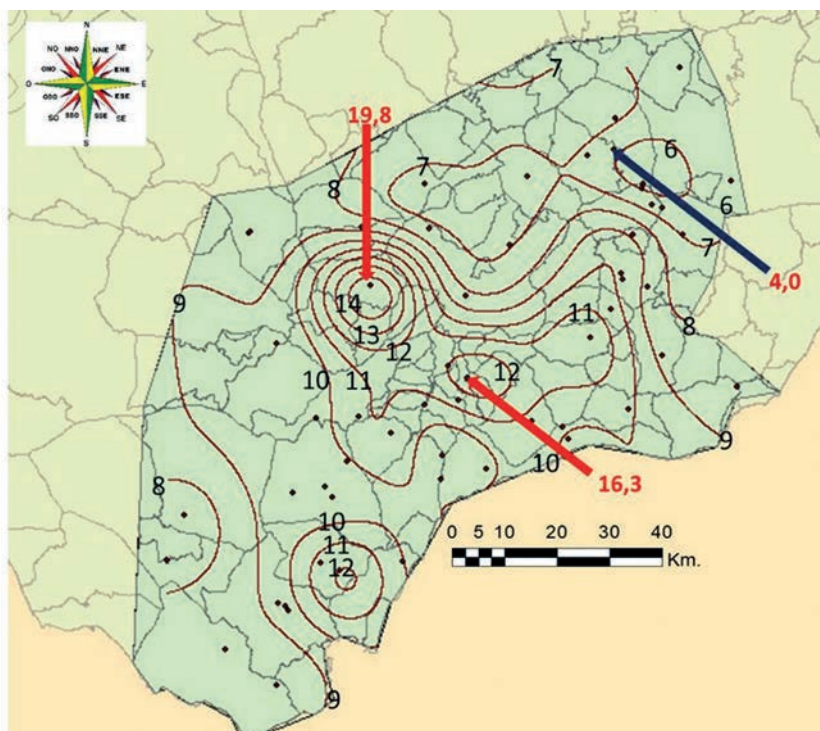


Figura 5. Intensidad media anual de las precipitaciones por día de lluvia. Elaboración propia

- Ausencia de correlación con la altura.
- Ausencia de correlación con las intensidades máximas.
- Determinante del volumen anual de precipitación.

Para finalizar este epígrafe, es necesario ver cómo se distribuyen las precipitaciones a lo largo del año, es decir, la distribución del régimen de precipitaciones (figura 6). En este caso, se hace uso de un modelo en el cual se señala en primer lugar la estación más lluviosa (por ejemplo, otoño = O), luego la segunda más lluviosa (p. ej., invierno = I), luego la tercera (p. ej., Primavera = P) y, finalmente, la más seca (p. ej., verano = V).

Como puede verse, en el área de estudio predomina los máximos volúmenes otoñales, seguidos de los invernales; sin embargo, la estación de Arriate y la mayor parte del Campo de Gibraltar y área próxima hasta Estepona revelan una distribución de mayores volúmenes en invierno. Aunque no se aporta el mapa, por su escasa relevancia, la inmensa mayoría de las estaciones muestran que la estación del año en la que más frecuentemente llueve (n.º de días de precipitación) es el invierno, con dos excepciones centradas en los Reales y Majada Lomas (Cortes de la Frontera).

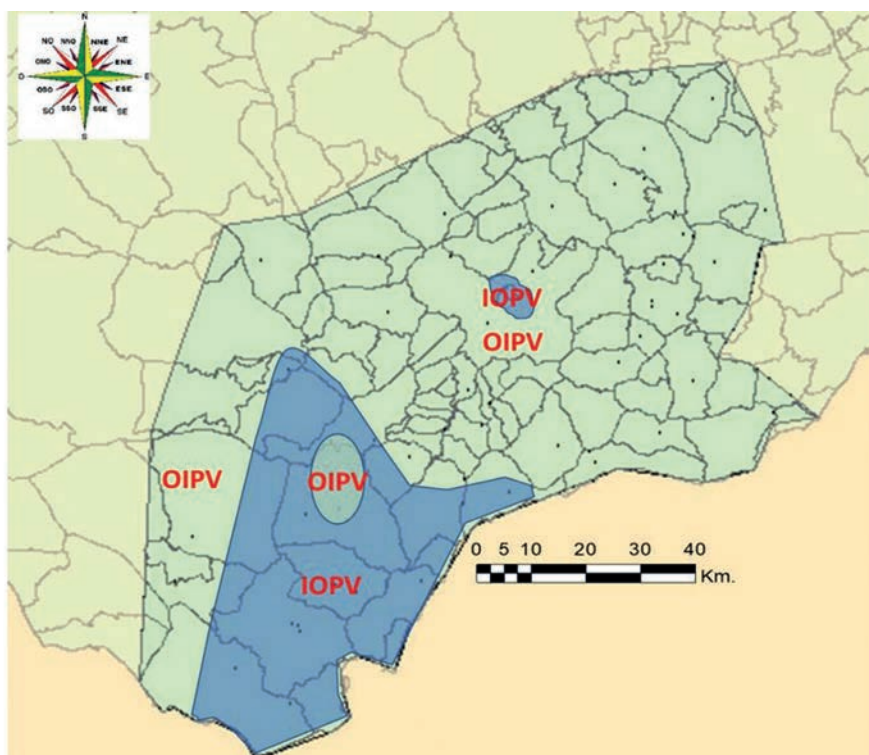


Figura 6. Distribución del régimen de precipitaciones a lo largo del año. Elaboración propia

Respecto a las precipitaciones estivales, son muy escasas, típicamente mediterráneas, acercándose al 10% del volumen total solo en Ronda y generalizándose un porcentaje inferior al 7% del total anual en todas las estaciones (valor mínimo del total, 2,4% en Estepona). En cuanto al número de días de lluvia en verano, los porcentajes superan el 10% solo en Ronda y en sierra de Luna (en este caso 17,9% del total de días de lluvia), con valores inferiores al 9% en el resto del territorio (valor mínimo del total, 4,3% en Jimena de la Frontera).

De este estudio se obtienen las siguientes características comunes al conjunto serrano:

- Predominio del volumen de lluvias invernales en las estaciones de pluviometría más alta.
- Generalización de mayores volúmenes otoñales en las estaciones más orientales y pre-serranas de Cádiz
- Generalización de mayor frecuencia de lluvias invernales
- Ausencia de correlación con la altura

- Marcada mediterraneidad, con volúmenes estivales que no superan el 10% del total anual y rara vez el 10% del total de días de precipitación.

3.2. VARIACIÓN INTERANUAL DE LAS PRECIPITACIONES. ANÁLISIS DE TENDENCIAS.

Los promedios de precipitación anual o mensual siempre deben ser matizados con la variabilidad de dichos valores, esto es, a través de estimadores de dispersión de los datos que revelan que los promedios, especialmente en el medio mediterráneo, son comúnmente poco significativos si a ellos no se les añade el rango de valores máximos y mínimos alcanzados en la serie de años estudiados. Por tanto, los valores promedio siempre deben ser tomados con precaución a la hora de ser empleados, por ejemplo, en el análisis de recursos hídricos.

Además, en un contexto de cambio climático en el que las perspectivas pluviométricas del mediterráneo apuntan hacia una mayor frecuencia de sequías y a una disminución de los módulos pluviométricos anuales (IPCC, 2021) es necesario realizar un análisis de tendencias que muestren hacia donde se dirigen tales promedios, aclarando si, como señalan los informes del IPCC, las tendencias son significativas en temperaturas pero no en precipitaciones.

Así, la aplicación del test de Mann-Kendall (KENDALL & GIBBONS, 1990) a todas las series de las estaciones analizadas muestra que, efectivamente, la tendencia de los volúmenes anuales es negativa en la gran mayoría de las estaciones (salvo Grazalema y sierra de Mijas), pero en ningún caso esta tendencia alcanza significación estadística. Por el contrario, cuando se aplica este mismo test al número de días de precipitaciones, la tendencia es muy variable a lo largo del territorio estudiado, y, además, alcanza significación estadística en algunos casos: es positiva (tiende a llover más días) en Cortes de la Frontera, pero negativa en sierra de Luna, Charco Redondo, Majada Lomas, Los Reales, Cañete la Real, Guadalteba y Fuente de Piedra. En todos los casos, podría apuntar a un incremento de la torrencialidad.

Para abundar más en este estudio, se han tomado las seis estaciones de las que se dispone de datos de más de cincuenta años; todas ellas revelan una tendencia negativa en cuanto a los volúmenes, solo significativa en el caso de Gaucín (figura 7).

En conclusión, se obtienen los siguientes elementos comunes para la tendencia de las precipitaciones en la Serranía de Ronda:

- Se ha empleado el test de Mann-Kendall ($p < 0,01$) para análisis de tendencias; en él los valores superiores a 1,96 o inferiores a -1,96 revelan tendencia significativa.

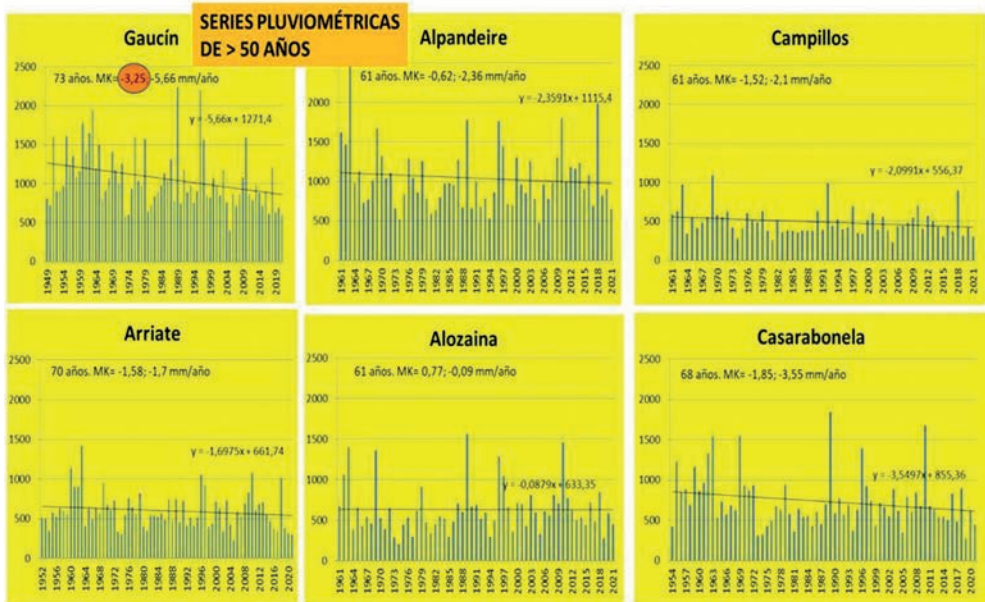


Figura 7. Tendencia gráfica de las seis series con más de cincuenta años de precipitaciones. Elaboración propia sobre datos de REDLAM

- Ningún resultado significativo estadísticamente en la tendencia del volumen de precipitaciones, aunque los valores negativos son generalizados.
- Resultados significativos en algunas estaciones en cuanto al número de días de lluvia; aunque la tendencia negativa es mayoritaria, hay algunos casos positivos e incluso uno significativo estadísticamente.
- Marcada tendencia al descenso del volumen de precipitaciones cuando se analizan series de más de cincuenta años, aunque solo una estación muestra tendencias significativas estadísticamente.

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS PRECIPITACIONES EN VEINTICUATRO HORAS. INTENSIDAD MEDIA

En cuanto a las precipitaciones, no solo resulta interesante conocer cómo se distribuyen intra e interanualmente, sino también conocer con qué frecuencia las lluvias poseen especial intensidad. Así, se ha estudiado, por una parte, el porcentaje de lluvias suaves (<10 mm/día) y de lluvias intensas (>30 mm/día) a lo largo del territorio (figura 8).

Como puede verse, las lluvias suaves alcanzan mayores frecuencias en los márgenes del área de estudio, en tanto que en la zona central, más montañosa, los valores son más

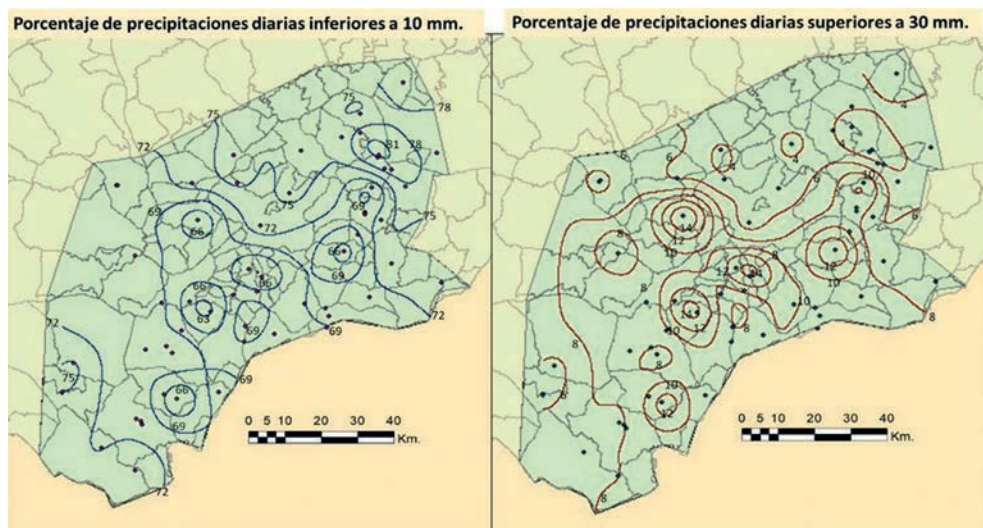


Figura 8. Porcentaje de precipitaciones inferiores a 10 mm (izquierda) y superiores a 30 mm (derecha) a lo largo del año. Elaboración propia

bajos. Contrariamente, las precipitaciones más intensas se suelen alcanzar en el área central, no necesariamente en áreas elevadas, coincidiendo el mismo valor (14% del volumen total de precipitación anual con valores de más de 30 mm) en Grazalema, Gaucín y Pujerra.

Particularizando los últimos valores, los de lluvias superiores a 30 mm, se han segregado dentro de ellas los valores correspondientes a eventos de más de 100 mm, es decir, lluvias de especial torrencialidad. Se omite el mapa resultante al generar bastante ruido la información relativa a estaciones en las que no se ha registrado ningún caso a lo largo de la serie estudiada. Así que, respecto a los valores alcanzados, las estaciones de Castellar Pueblonuevo, Grazalema y Pujerra superan valores del 1% en cuanto a frecuencia de este tipo de eventos respecto al total de lluvias registradas. Al convertir estos valores a recurrencia anual, en Grazalema implica 1,4 casos superiores a 100 mm por año, uno cada 1,45 años en Castellar y uno cada 2,05 años en Pujerra. Estaciones periféricas como Olvera, Villamartín, Cañete la Real y Cuevas del Becerro no han registrado ningún evento de este tipo a lo largo de la serie analizada.

4. LA TORRENCIALIDAD DE LAS PRECIPITACIONES

4.1. ANÁLISIS EN VEINTICUATRO HORAS, TRES HORAS Y UNA HORA

En el punto anterior se ha analizado someramente la distribución de las precipitaciones superiores a 100 mm en veinticuatro horas a lo largo del área de estudio. Sin

embargo, dicho estudio parte de las características de cada estación de modo individualizado. Así, para transformar el análisis de las lluvias torrenciales en un análisis de la torrencialidad a escala territorial se ha procedido a investigar las características de cada uno de los eventos, de modo que se conozca si estos fueron aislados, semigeneralizados o casi generalizados en términos de intensidad superior a 100 mm.

En la tabla 2 puede verse un análisis de frecuencia relativo a estas características.

TABLA 2. FRECUENCIA DE EVENTOS TORRENCIALES, GENERALIZACIÓN Y VOLUMEN PROMEDIO REGISTRADO. ELABORACIÓN PROPIA

N.º de estaciones que recogieron el evento	Casos	%	Volumen promedio
1	103	55,68	135,7
2	27	14,59	139,2
3	17	9,19	138,7
4	8	4,32	135,5
5	1	0,54	109,9
6	8	4,32	145,8
7	1	0,54	155,2
8	3	1,62	145,6
9	2	1,08	153,3
10	1	0,54	138,1
11	0	0,00	0
12	1	0,54	119,5
13	4	2,16	129,0
14	1	0,54	184,1 ⁽¹⁾
15	1	0,54	122,2
16	1	0,54	126,5
17	1	0,00	0
18	1	0,00	0
19	1	0,54	145,1
20	1	0,00	0
21	1	0,00	0
22	1	0,54	213,0 ⁽²⁾
Total de eventos	185	100,00	143,3

(1) 19-20/XI/1989, (2) 20-21/X/2018

Destaca el hecho de que más de la mitad de los eventos torrenciales fueron aislados y, en general, casi el 80% de ellos se registraron en tres o menos estaciones. Sin embargo, merecen especial atención los eventos que se registraron en más de diez

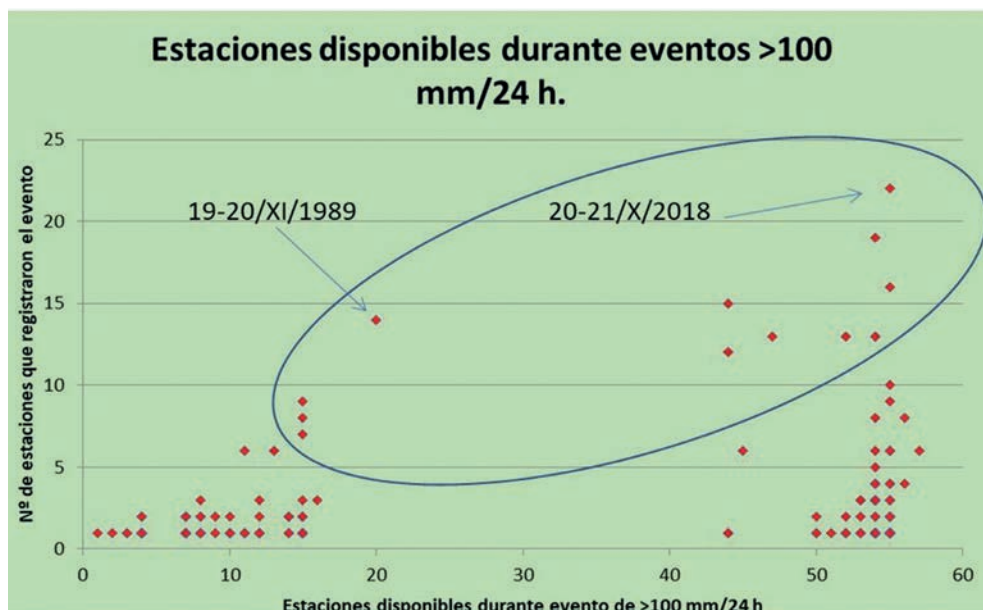


Figura 9. Número de estaciones que registran evento >100 mm comparado con estaciones disponibles en el momento del evento. Elaboración propia

estaciones, aunque no lleguen al 6% del total de eventos de >100 mm. Su interés se centra, sobre todo, en que son asociados a fenómenos que generan catástrofes comarcales o provinciales. Es el caso de los dos señalados en la tabla.

El primero ⁻⁽¹⁾ en la tabla 2- tuvo lugar en 18-19 de noviembre de 1989; si bien no coincidió con las inundaciones de la ciudad de Málaga acaecidas los días 14 y 26 del mismo mes, sí que sumaron importantes consecuencias a la situación caótica de la provincia ya generada con el evento del día 14. La intensidad media de las catorce estaciones que registraron volúmenes superiores a 100 mm en veinticuatro horas fue de 184 mm.

El segundo evento ⁻⁽²⁾ en la tabla 2-, más reciente, tuvo lugar el 20-21 de octubre de 2018; fue registrado con valores superiores a 100 mm en veinticuatro horas en veintidós estaciones, alcanzando un volumen medio de 213 mm, lo que supone un record absoluto si se compara con el resto de eventos señalados en la tabla 2.

Una de las dudas en climatología se centra en discernir si la torrencialidad es mayor porque así lo muestran los registros, o es mayor porque tenemos más instrumentos de medición. Para resolver esta duda, la figura 9 muestra el número de casos en relación al número de estaciones.

Como puede verse, con tan solo veinte estaciones disponibles, el evento de 1989 fue registrado en catorce estaciones, en tanto que el de 2018, con cincuenta y cinco

estaciones disponibles, se registró en veintidós. Podría afirmarse que el primero registró mayor gravedad si no fuera porque la intensidad promedio fue superior en el segundo.

Como conclusión del análisis de eventos de más de 100 mm en veinticuatro horas, puede decirse que:

- La mayor parte de los eventos (55,7%) son aislados y de volúmenes <150 mm.
- Los eventos generalizados, poco frecuentes (8,1% ≥ 10 estaciones), suelen presentar elevado volumen medio.
- La recurrencia de los eventos generalizados (≥ 10 estaciones) es de uno cada cinco años, aunque en los últimos seis años se han producido tres (uno cada dos años).

En cuanto a su tendencia, la figura 10 muestra gráficamente este análisis.

Como puede verse, el número de eventos tiende a incrementarse del orden de 2,9 cada diez años, si bien esto puede deberse a la incorporación de nuevas estaciones de medición. No obstante, llama la atención el hecho de que tan solo en 2022 ya se produjeron seis casos con lluvias de más 100 mm en veinticuatro horas en algún punto del área de estudio, en tanto que esto era muy poco frecuente antes del año 2000.

En cambio, el volumen medio también tiende a incrementarse, en torno a 4,8 litros por año; en este caso, la incorporación de nuevas estaciones no tiene por qué

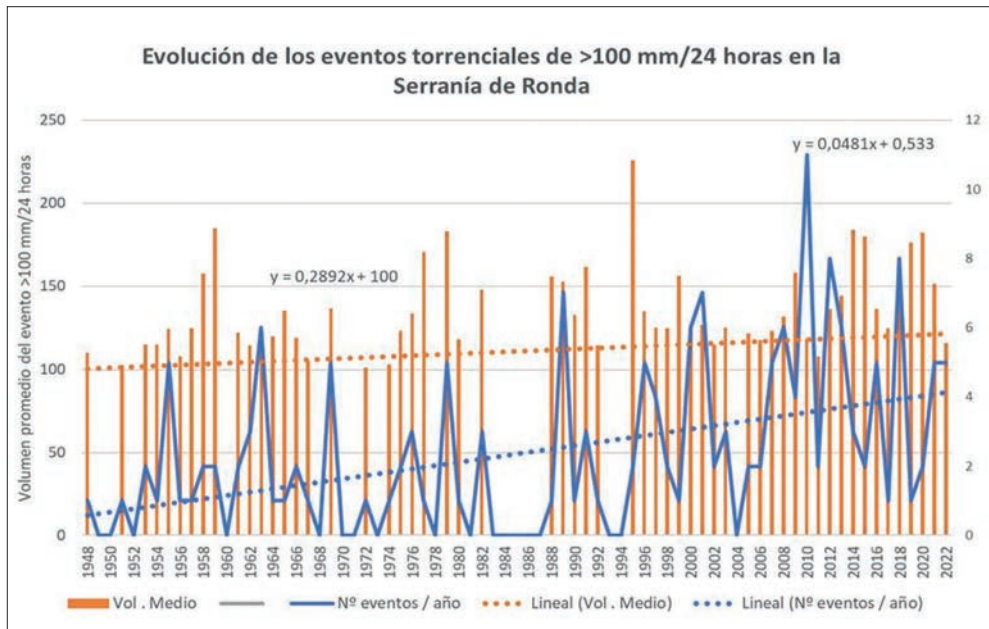


Figura 10. Tendencia de volúmenes y número de eventos de >100 mm en veinticuatro horas. Elaboración propia

incrementar el volumen medio, siendo posible que estos datos sean acordes con las perspectivas de los efectos del cambio climático.

Cuando se analiza la intensidad horaria de estos eventos superiores a 100 mm, destacan tres intervalos de duración: tres horas y una hora. En la tabla 3 pueden apreciarse las características de los valores de máxima intensidad en tres horas.

TABLA 3. ANÁLISIS DE EVENTOS DE >100 MM Y COMPORTAMIENTO DE MÁXIMA INTENSIDAD EN TRES HORAS. ELABORACIÓN PROPIA

N.º de eventos analizados	88 (datos desde 1997)
N.º de casos analizados	219 (desde 1997)
Volumen medio en tres horas	54,2 mm
% medio respecto a aguacero de > 100 mm	39,4%
Máxima intensidad absoluta registrada en tres horas	208,8 mm (19-20/X/2018). Ardales
Máxima intensidad media en tres horas	115,92 mm (19-20/X/2018)
Mínima intensidad máxima media en tres horas para aguacero de > 100 mm	24,5 mm (21/XI/2016). Aguacero con promedio de 105,3 mm
Mínima intensidad máxima horaria durante aguacero de >100 mm/24 horas	19,6 mm (28/II/2005). Aguacero de 113,7 mm en Toma Charco Redondo

Como se ve, casi un 40% del volumen del evento torrencial precipita en tres horas, con valores mínimos que superan los 20 mm en tres horas y máximos que han llegado a superar los 115 mm. Se han analizado 88 eventos registrados a lo largo de los últimos veinticinco años en el área de estudio, con 219 casos (presencia del evento en alguna estación concreta). El valor promedio de intensidad en tres horas registrado en el área de estudio es de 54,2 mm para eventos de >100 mm. Los casos más frecuentes son los que registran volúmenes de entre 40 y 60 mm en tres horas.

En cuanto a la intensidad horaria, el volumen medio se reduce casi a la mitad de lo recogido en tres horas: 27,05 mm, recogiendo casi un 20% del volumen total del evento de más 100 mm/24 horas. El mayor registro de intensidad horaria en el área de estudio se produjo en 2008 en Grazalema, con un valor de 126,9 mm en una hora, para un aguacero que registró un volumen total de 139,2 mm, es decir, el 91,2% del volumen total cayó en solo una hora. La mínima intensidad máxima registrada en eventos de este tipo es de 7,9 mm/hora. Los casos más frecuentes son los que registran volúmenes entre 10 y 20 mm en una hora dentro de un evento que supere los 100 mm en veinticuatro horas (ver tabla 4).

TABLA 4. ANÁLISIS DE EVENTOS DE >100 MM Y COMPORTAMIENTO DE MÁXIMA INTENSIDAD EN 1 HORA. ELABORACIÓN PROPIA

N.º de eventos analizados	88 (datos desde 1997)
N.º de casos analizados	219 (desde 1997)
Volumen medio en una hora	27,05 mm
% medio respecto a aguacero de >100 mm	19,64%
% medio respecto a aguacero en 3 horas	49,89%
Máxima intensidad registrada en 1 hora	126,9 mm (4/II/2008). Grazalema (*)
Mínima intensidad máxima media para aguacero de >100 mm/24 horas	10,58 mm (28/II/2005). Aguacero con promedio de 134,3 mm
Mínima intensidad máxima horaria durante aguacero de >100 mm/24 horas	7,9 mm (28/II/2005). Aguacero de 113,7 mm en Toma Charco Redondo

Como análisis adicional, se han comparado los resultados obtenidos con el mapa de precipitaciones máximas de España (MINISTERIO DE FOMENTO, 1999) y se ha hallado que dicho estudio continúa siendo válido, con la excepción de dos zonas dentro del área de estudio en las que se aprecia un marcado incremento de las precipitaciones intensas, dejando obsoleto dicho estudio (ver figura 11). Concretamente, el área de sierra de Mijas y el valle medio del Guadalhorce (áreas en rojo en dicha figura) han superado las previsiones de los periodos de retornos establecidos en dicho estudio, de modo que la frecuencia es mayor de lo calculado, incrementando la peligrosidad de las precipitaciones. Esto puede estar marcando una agudización del comportamiento semiárido mediterráneo en estas áreas, caracterizada por una mayor frecuencia de eventos tipo DANAA (Depresión Aislada en Niveles Altos Atmosféricos) con efectos de gran torrencialidad en dichas áreas.

4.2. ANÁLISIS DE LOS TIPOS DE TIEMPO ASOCIADOS A LAS LLUVIAS TORRENCIALES

En la tabla 5 puede apreciarse la distribución de los eventos de más de 100 mm registrados a lo largo del área de estudio y de la serie temporal. Los meses en los que más frecuentes son este tipo de eventos son los de noviembre y diciembre, seguido de febrero; es marcada la ausencia de este tipo de eventos entre mayo y agosto.

Sin embargo, esto son valores promedio de toda la serie, desde 1948 a 2022. Cuando se analizan estos eventos desde 1948, se aprecia un cambio en los meses preferentes. Desde 1948 a 1972, el mes más frecuente era octubre, seguido de noviembre y



Figura 11. Áreas donde las previsiones del mapa de precipitaciones máximas de España han sido superadas.
Elaboración propia

TABLA 5. DISTRIBUCIÓN INTRAANUAL DE LOS EVENTOS DE MÁS DE 100 MM

1948-2002	N.º DE EVENTOS	%
Enero	22	12,15
Febrero	26	14,36
Marzo	18	9,95
Abril	7	3,87
Mayo	0	0
Junio	0	0
Julio	0	0
Agosto	0	0
Septiembre	10	5,53
Octubre	25	13,81
Noviembre	37	20,44
Diciembre	36	19,89
TOTAL	181	100,00

diciembre, quedando febrero en cuarto lugar. Desde 1973 a 1997, el mes preferente fue noviembre, seguido de diciembre y octubre. Y desde 1998 a 2022 el mes preferente ha sido diciembre, seguido de noviembre y febrero. Este hecho marca una clara ampliación de la influencia del anticiclón de Azores al mes de octubre, reduciendo la presencia de sistemas frontales y DANAA.

Para reforzar lo señalado, se ha realizado un análisis de los tipos de tiempo asociados a los eventos torrenciales de más 100 mm en la Serranía de Ronda, siguiendo el modelo aplicado por Rodrigo *et al.* (2020) y Senciales y Ruiz Sinoga (2021).

Como se aprecia en la tabla 6, la mayor frecuencia de eventos torrenciales de más de 100 mm se produce con depresiones dinámicas asociadas a frentes (58,56% del total), siendo el ciento del sur en superficie el más común en estos casos. Sin embargo, el viento de superficie más comúnmente asociado a eventos de >100 mm es el SE, con casi el 25% de los casos. Las DANAA son el segundo tipo más frecuente asociado a lluvias torrenciales, seguido de los anticiclones con frentes activos.

TABLA 6. TIPOS DE TIEMPO Y VIENTOS PREFERENTES ASOCIADOS A EVENTOS DE >100 MM. ELABORACIÓN PROPIA

N.º Casos >100 mm	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	Total
DL+F	0	13	19	28	17	22	7	0	106
DL	0	0	2	4	3	1	1	0	11
TL	0	1	1	0	0	0	0	0	2
WA-D	0	2	0	2	0	2	0	0	6
CD	1	12	17	1	1	1	0	0	33
A+F	0	3	6	1	2	9	1	1	23
TOTAL	1	31	45	36	23	35	9	1	181
% de casos >100 mm	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	% Tot
DL+F	0	7,18	10,50	15,47	9,39	12,15	3,87	0,00	58,56
DL	0	0,00	1,10	2,21	1,66	0,55	0,55	0,00	6,08
TL	0	0,55	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10
WA-D	0	1,10	0,00	1,10	0,00	1,10	0,00	0,00	3,31
CD	0,55	6,63	9,39	0,55	0,55	0,55	0,00	0,00	18,23
A+F	0	1,66	3,31	0,55	1,10	4,97	0,55	0,55	12,71
TOTAL	0,55	17,13	24,86	19,89	12,71	19,34	4,97	0,55	100,00

DL+F: Baja dinámica con frentes asociados. DL: Baja dinámica sin frentes. TL: Baja térmica.
WA-D: Anticiclón-depresión débil. CD: Gota fría o DANAA. A+F: Anticiclón con frentes activos asociados.

A ello se añade la situación en altura (500 hPa), en la que el viento dominante suele ser mayoritariamente del suroeste, seguido del oeste.

Cuando se analiza, sin embargo, la evolución temporal de la presión en superficie relacionada con tipos de tiempo asociados a lluvias torrenciales superiores a 100 mm en veinticuatro horas, se observa que la presión media en superficie en el periodo 1948-1972 fue de 1009,68 hPa, descendiendo en el periodo 1973-1997 a 1007,4 hPa, para ascender nuevamente a 1010,44 hPa en el periodo 1998-2022. La presión en el nivel de 500 hPa (aproximadamente 5520 m de altura) siguió una evolución semejante, si bien en el periodo 1998-2022 el valor fue inferior al de 1948-72 (5590,49 frente a 5598, 95).

Al segregar también los tipos de tiempo por épocas, se descubre que en el periodo 1948-1972 las depresiones dinámicas asociadas a frentes eran lo más frecuente (47,37%), siendo seguidas de depresiones sin frentes y de DANAA (ambas con un 18,42%). En el periodo 1973-1998 las depresiones asociadas a frentes protagonizaron los eventos torrenciales de más de 100 mm en veinticuatro horas en la Serranía de Ronda, con un 70% de los casos, y solo un 10% de DANAA. Finalmente, en el periodo 1998-2022, las depresiones asociadas a frentes descendieron al 58,25% de los casos para cobrar mayor protagonismo las DANAA, con un 21,36% de los casos.

Por otra parte, puede analizarse el volumen de precipitación promedio asociado a cada evento de más de 100 mm (tabla 7) y la dirección del viento asociada a la misma (tabla 8).

TABLA 7. VOLÚMENES PROMEDIO Y TIPOS DE TIEMPO EN EPISODIOS DE MÁXIMA INTENSIDAD EN 24 HORAS, 3 HORAS Y 1 HORA EN LA SERRANÍA DE RONDA. ELABORACIÓN PROPIA

Volumen del evento de >100 mm según tipo de tiempo y duración	Promedio en 24 h (mm)	Promedio en 3 horas (mm)	Promedio en 1 hora (mm)
DL+F	136,02	50,12	24,25
DL	139,86	0,00	0,00
TL	123,18	78,05	51,21
WA-D	173,30	38,70	14,10
CD	132,66	73,49	36,91
A+F	143,31	48,90	26,73

TABLA 8. VOLÚMENES PROMEDIO Y VIENTO EN SUPERFICIE EN EPISODIOS DE MÁXIMA INTENSIDAD EN 24 HORAS, 3 HORAS Y 1 HORA EN LA SERRANÍA DE RONDA. ELABORACIÓN PROPIA

VOLUMEN DEL EVENTO DE >100 MM SEGÚN VIENTO DE SUPERFICIE	PROMEDIO EN 24 H (MM)	PROMEDIO EN 3 HORAS (MM)	PROMEDIO EN 1 HORA (MM)
NE	103,00	--	
E	133,84	65,35	34,98
SE	141,18	57,53	28,98
S	134,79	49,56	25,16
SW	132,76	46,80	24,05
W	139,62	48,27	21,63
NW	120,89	48,60	24,93
N	131,00	--	--

Como puede verse (tabla 7), los eventos de máximos volúmenes en veinticuatro horas se asocian a tipos de tiempo muy poco frecuentes, como son los anticiclones-depresiones débiles o, algo más frecuentes, los anticiclones con frentes asociados. En el caso de las intensidades promedio en tres horas, la máxima está asociada a eventos muy escasos como son las depresiones térmicas y, secundariamente, a las DANAAS. Finalmente, en la intensidad promedio en una hora, el máximo valor se asocia a un único evento de depresión térmica; secundariamente, las DANAA también registran los mayores volúmenes de intensidad horaria.

En cuanto al viento dominante en superficie (tabla 8), los máximos volúmenes en veinticuatro horas están relacionados con viento del SE y, secundariamente, con viento del W. Nuevamente, las máximas intensidades de tres y una hora se asocian al mismo tipo de viento en superficie: el levante, y secundariamente el sureste.

Al combinar tipo de tiempo y viento en superficie los máximos volúmenes de eventos en veinticuatro horas se asociaron a Anticiclón-Depresión débil y viento del oeste, con 188,7 mm, seguido de Depresión Dinámica sin frentes asociados, con 182,97 mm. Para la máxima intensidad en tres horas, esta se alcanzó con DANAA con levante (84,26 mm), seguidas de Depresión Térmica con levante (78,05 mm). Y para máxima intensidad en una hora los términos se invierten respecto a tres horas, con máximos en Depresión térmica de levante (51,21 mm) y DANAA (45,17 mm).

En estudios previos realizados en el sur peninsular (SENCIALES y RUIZ SINOVA, 2021), las bajas térmicas, muy poco frecuentes como hemos visto, alcanzan la máxima intensidad diezminutal (23,65 mm en diez minutos), asociada a viento del E-SE.

5. LA TORRENCIALIDAD EN LA SERRANÍA DE RONDA. ALGUNOS EJEMPLOS

5.1. LA DANAA DE OCTUBRE DE 2018

Este evento puede considerarse como una Depresión Aislada en Niveles Altos Atmosféricos (DANAA) “de manual”. Como se aprecia en la figura 12, la presión a nivel de superficie era positiva ($>1013,6$ HPa), en tanto que un embolsamiento relativo de aire frío se situaba sobre el Golfo de Cádiz (5640 HPa). En la imagen de satélite se puede observar una intensa actividad ligada a nubes de desarrollo vertical.

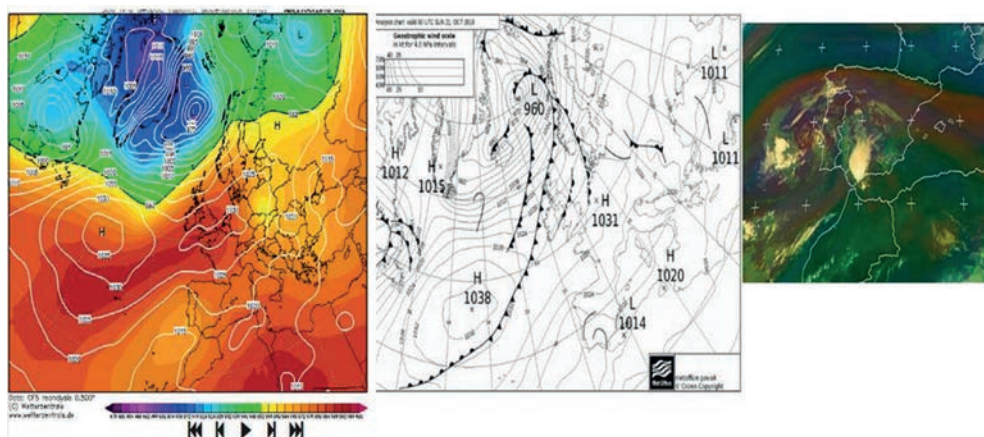


Figura 12. Situación sinóptica combinada de altura, superficie, sistemas frontales e imágenes satelitales Octubre de 2018. Tomado de wetterzentrale.de, metoffice.gov y cazatormentas.com

Aunque a lo largo de la mañana del día 20 pudieron observarse nubes de desarrollo vertical que, según el radar de AEMET situado sobre la sierra de Mijas, superaba los 18000 m de altura sobre el mar de Alborán, estos recorrieron dicho mar sin tocar tierra hasta desaparecer aparentemente. Sin embargo, a las 23:00 h se empiezan a registrar importantes aguaceros de intensidad horaria elevada en el valle medio del Guadalhorce y Alto Genal. En la primera zona se van intensificando en tanto que en la segunda se atenúan durante varias horas. Así, a las dos de la mañana del día 21 de octubre de 2018 se registran intensidades inéditas hasta la fecha, con 98,6 mm en una hora en Ardales-Turón, 77,9 mm en Conde de Guadalhorce y 76,7 mm en Embalse de Guadalteba (datos de Hidrosur) (tabla 9).

TABLA 9. DESARROLLO DEL EVENTO DE 20-21 DE OCTUBRE DE 2018

FECHA / ESTACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20/10/2018 23:00	0	20,8	10	0,4	0,2	6,7	1	12,3	1	0	0,6	0
21/10/2018 0:00	0	0,1	1,1	0,3	0,7	2,2	42,3	10,2	48,9	3,4	3,5	1,7
21/10/2018 1:00	0	0,2	0,2	0,1	1,2	2,6	34,7	62,6	32,7	20,7	1,1	3,1
21/10/2018 2:00	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	1,5	76,7	98,6	77,9	10,2	42,1	6,4
21/10/2018 3:00	0,2	2,2	1,7	0,5	1,2	3,7	71,2	47,6	62	26,5	31,1	29,2
21/10/2018 4:00	0,4	5,1	14,6	0,3	2,2	9,2	53,5	60	43,3	35,4	19,8	11,2
21/10/2018 5:00	2,9	1,5	5,1	1,6	0,8	5,5	7,7	27,2	6,9	10	4,3	21,7
21/10/2018 6:00	0,1	1,4	12,4	0,3	2	9,1	5,3	7,7	5,3	3,2	11,6	3,5
21/10/2018 7:00	0,1	0,4	18,4	0,6	0,8	13,7	2,2	35,3	2,7	8,1	0,3	15,8
21/10/2018 8:00	0,1	0	24,3	2,6	5	22,9	7,9	15,6	11,3	2,3	0	0
21/10/2018 9:00	1,1	4	29	1,9	5,5	5,8	12,3	15,3	13	7,2	5,9	0,3
21/10/2018 10:00	3,3	1,6	31,6	9,9	10,1	16,3	0,7	1,2	0,6	9,9	1,4	1,2
21/10/2018 11:00	21,7	63,3	22,9	21,9	24,3	5,4	0	0	0	0	0	0
21/10/2018 12:00	75,7	52,4	13,6	12,4	24,6	0,4	0,1	0	0	0	0	0
21/10/2018 13:00	10,9	83,5	14,5	8,6	13,9	2,2	0	0	0	0	0	0
21/10/2018 14:00	26,9	19,7	7,2	3,7	6,1	2,2	0,8	1,1	0,9	0,4	0,3	0,1
21/10/2018 15:00	12,1	8,6	1,9	1,8	1	0,5	0,1	0	0	0,1	0	0
21/10/2018 16:00	1,9	0,9	2,4	0,3	0,6	0	0	0,1	0	0	0	0
Total 48 horas	178	285,6	240,6	92,8	130,5	135,3			307,4	138,2	123,4	95,6
Total 24 h	162,6	268,9	229,6	89,6	113	133,3	317,1	396	306,9	138	122,9	94,7
Total 12 h	156,8	241,5	195,5	65,6	96,3	317,5	398,3	393,6	305,6	136,9	121,7	94,1
Total 6 h	150,6	229,1	139,8	58,4	84,5	73,3	286,1	306,2	271,7	106,2	110	87,8
Total 3 h	113,5	199,2	84,9	44,2	62,8	45	201,4	208,8	183,2	72,1	93	62,1
Total 2 h	86,6	135,9	60,6	34,3	48,9	36,6	147,9	161,2	139,9	61,9	73,2	40,4
Máximo 1 hora	75,7	83,5	31,6	21,9	24,3	22,9	76,7	98,6	77,9	35,4	42,1	29,2

1. Pte. Jubrique; 2. Pujerra; 3. Ronda; 4. Cañete La Real; 5. Cuevas del Becerro; 6. Teba; 7. Embalse Guadalteba; 8. Río Turón (Ardales); 9. Conde de Guadalhorce; 10. Fuente Piedra; 11. Presa de la Encantada; 12. Bobadilla. Elaboración propia a partir de datos de Hidrosur.

A partir de las 4:00 h comenzó a amainar en el medio Guadalhorce para desplazarse al alto Guadalteba y comarca de Ronda, donde alcanzó intensidades de 83,5 mm en una hora en Pujerra. Los efectos que tuvo esta DANAA en Campillos, Ronda y el río Genal son de sobra conocidos, si bien son menos conocidos los valores alcanzados en veinticuatro horas, tres y una hora, que pueden observarse en la tabla 9. No obstante, no viene mal resumirlos (y verlos en la figura 13):

- “Nube” de 18 000 m a las 13:00 h del día 20 frente a Málaga.
- Reapareció a las 23:00 h del mismo día en Antequera, desplazándose al oeste.
- Evento registrado con >100 mm en veintidós de las cincuenta y cinco estaciones disponibles en ese momento. El más generalizado de todos los analizados.
- Promedio de precipitación en veinticuatro horas en las estaciones con >100 mm:
 - 213 mm/24 horas
 - 115,9 mm/3 horas
 - 60 mm/1 hora
- Afectación grave en Campillos, Teba, Ardales, Ronda y el Valle del Genal.
- Un bombero muerto en Campillos.



Figura 13. Imágenes tomadas de Youtube en Ardales, La Sexta, La Opinión de Málaga, Millacero y Cazatormentas sobre el día 21-X-2018. A la derecha, situación normal vista en Google Earth

5.2. UNA SUCESIÓN DE SISTEMAS FRONTALES MUY ACTIVOS. 3-4-5/XII/2016

Durante tres días del mes de diciembre de 2016 se sucedieron dos frentes asociados a una borrasca en el Golfo de Cádiz con aire frío en altura (depresión dinámica con frentes asociados: DL+F) y, durante los primeros días (3 y 4) con viento de SE, para pasar al tercer día a viento de E. Los primeros dos días se generalizaron en la Serranía de Ronda, registrándose con lluvias superiores a 100 mm en diecinueve de las cincuenta y cuatro estaciones disponibles en 2016. Fue el evento más generalizado hasta la fecha (luego superado por el de 2018, antes comentado) (figura 14).

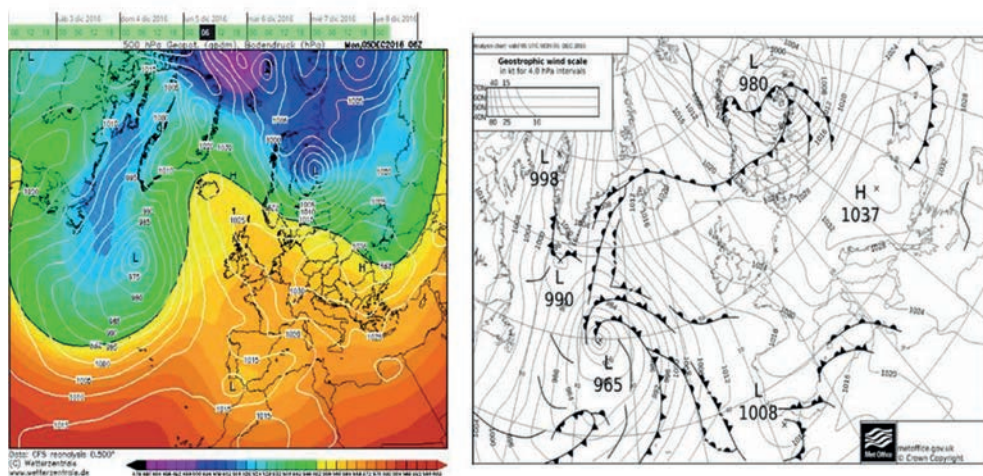


Figura 14. Situación sinóptica de superficie y altura, así como frentes asociados en 5/XII/2016.

Fuente: wetterzentrale.de y meteooffice.gov.uk

Los datos más significativos de este evento fueron:

- Promedio de precipitación en veinticuatro horas en las estaciones con >100 mm:
 - 145,1 mm/24 horas (3-4/XII) y 123,9 (5/XII).
 - 64,3 mm/3 horas (3-4-/XII) y 58,8 (5/XII).
 - 40,6 mm/1 hora (3-4/XII) y 31,1 (5/XII).
 - 32,6 mm/10 minutos (4/XII) en Puerto Banús.
 - Inundaciones en Campo de Gibraltar, Costa del Sol, Guadalhorce y Málaga.
- Un muerto en La Línea y otro en Estepona.

5.3. UN FRENTE OCLUIDO DE GRAN ACTIVIDAD. 28-IX-2012

El día 27 de septiembre se presentó con gran inestabilidad, con una depresión dinámica en superficie y aire frío en altura asociada a sistemas frontales y viento del SE. Sin embargo, al día siguiente, el sistema frontal se ocluyó y los vientos rolaron a SW (figura 15). Fue en este cambio cuando se produjo la máxima actividad en la Serranía de Ronda, especialmente en Pte. Jubrique, Ronda, Pujerra, El Torcal y Paredones (El Chorro). Seis de las cincuenta y cinco estaciones disponibles en aquel momento registraron volúmenes superiores a 100 mm el día 28.

El promedio de precipitación en veinticuatro horas en las estaciones con >100 mm fue el siguiente:

- 136,5 mm/24 horas.
- 101,9 mm/3 horas.
- 45,4 mm/1 hora.
- 18,1 mm/10 minutos en Pujerra; 18,2 mm/10 minutos en Álora.

Este día fue fatídico para el bajo Guadalhorce, produciéndose un muerto en Álora (figura 16). La depresión continuó su actividad hacia el este, reactivándose en Almería y Murcia; la autovía del Mediterráneo a su paso por el municipio de Sorbas sufrió el derrumbamiento de un puente.

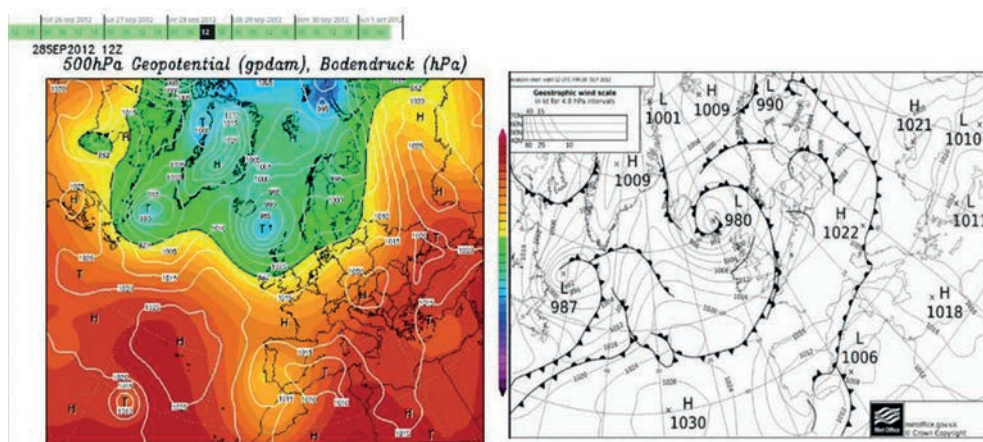


Figura 15. Situación sinóptica de superficie y altura, así como frentes asociados en 28/IX/2012.
Fuente: wetterzentrale.de y meteooffice.gov.uk



Figura 16. Imagen de la inundación del Guadalorce a su paso por la Estación de Álora en 28/IX/2012.
Fuente: youtube.com

6. CONCLUSIONES/RESUMEN

CARACTERÍSTICAS DE LAS PRECIPITACIONES DE LA SERRANÍA DE RONDA:

- Alto volumen y frecuencia de precipitaciones.
- Reducción de la frecuencia al alejarse del Atlántico.
- Incremento del volumen e intensidad en la zona de sotavento de barreras orográficas.
- Disminución de la intensidad hacia los bordes del sistema montañoso.
- Alta variabilidad interna.
- Ausencia de correlación con la altura.
- Ausencia de correlación entre volumen y frecuencia de precipitación.
- Ausencia de correlación entre intensidad media e intensidad máxima diaria u horaria.
- Volumen anual determinado por la intensidad media de las precipitaciones.

RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO:

- Volúmenes invernales mayores en estaciones de pluviometría más alta.
- Volúmenes de lluvias otoñales en las estaciones más orientales.
- Mayor frecuencia general de lluvias invernales.
- Marcada mediterraneidad: valores estivales <10% del volumen y de la frecuencia de precipitación.

TENDENCIAS:

- Ningún resultado significativo estadísticamente en la tendencia del volumen de precipitaciones, aunque los valores negativos son generalizados.
- Resultados negativos significativos en algunas estaciones en cuanto a la frecuencia; tendencia negativa mayoritaria, pero con algunos casos positivos y uno significativo estadísticamente.
- Marcada tendencia al descenso del volumen de precipitación al analizar series de más de cincuenta años.

DISTRIBUCIÓN DE LAS INTENSIDADES:

- Área central de la serranía con menor % de lluvias <10 mm/24 h y mayor % de lluvias >30 mm/24 h.
- Alta intensidad y frecuencia de lluvias >30 mm/24 horas.
- Generalización de aguaceros de >100 mm/24 h con periodo de retorno <6 años en las estaciones centrales y centro-occidentales de la Serranía.

AGUACEROS DE > 100 MM:

- La mayor parte de los eventos (55,7%) son aislados y de volúmenes <150 mm.
- Los eventos generalizados, poco frecuentes (8,1% ≥ 10 estaciones) suelen presentar elevado volumen medio.
- La recurrencia de los eventos generalizados (≥ 10 estaciones), uno cada cinco años, se está acortando: uno cada dos años.
- Tendencia creciente del volumen de eventos de >100 mm/24 h: +2,9 mm/década.
- Frecuencia en incremento: +0,48 casos/década; 0,5 casos/año en 1948 *vs* 4 casos/año en 2022.

AGUACEROS DE > 100 MM. INTENSIDAD EN 3 HORAS:

- Volumen medio respecto a aguacero de >100 mm: 54,2 mm (39,4% respecto al valor promedio de los aguaceros de >100 mm -137,7 mm-).

AGUACEROS DE > 100 MM. INTENSIDAD EN 1 HORA:

- Volumen medio respecto a aguacero de >100 mm: 27,05 mm (19,64% del valor promedio de aguaceros de >100 mm, y 49,89% de la intensidad registrada en tres horas durante esos aguaceros)

OTRAS CARACTERÍSTICAS:

- Mapa de precipitaciones máximas de España deficitario en las previsiones del área más oriental de la Serranía
- Cambio de la mayor frecuencia de aguaceros de >100 mm en el mes de octubre entre 1948 y 1972 hasta el mes de diciembre entre 1998 y 2022 (aumento de la frecuencia invernal)
- Predominio de las lluvias >100 mm/24 h ligadas a depresiones dinámicas asociadas a frentes (DL+F). El viento dominante en estas situaciones es S, aunque el más relacionados con eventos de >100 mm/24 h es el SE.
- El segundo tipo de tiempo más ligado a lluvias de >100 mm/24 h son las DANAA (CD), en incremento en los últimos años.
- Las mayores intensidades de lluvias de tres y una hora durante eventos de >100 mm/24 h se relacionan también con las DANAA (CD), si bien al relacionar con los vientos dominantes la casuística es más diversa.
- Algo semejante sucede con las intensidades diezminutales.

BIBLIOGRAFÍA

- AEMET (s/f), <https://www.aemet.es/es/datos_abiertos/AEMET_OpenData>
- ALEXANDERSSON, H. (1986), "A homogeneity test applied to precipitation data", *Journal of Climate*, 6, pp. 661-675.
- CAZATORMENTAS (s/f), <<https://cazatormentas.com/foro/search/>>.
- GOOGLE EARTH (s/f), <<https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>>.
- HIDROSUR (s/f), <<http://www.redhidrosurmedioambiente.es/saih/datos/a/la/carta>>.
- IFAPA (s/f), <<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/>>.
- IPCC (2021), *Cambio climático 2021. Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas*, OMM-PNUMA, 40 pp., <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf>.

- KENDALL, M. y J. D. GIBBONS (1990), *Rank Correlation Methods*, 5th ed., «Charles Griffin Book Series», Oxford, Oxford University Press.
- LAOPINION (2018), <<https://www.laopiniondemalaga.es/videos/malaga/2018/10/21/inundaciones-ronda-27452477.html>>.
- LASEXTA.COM (2018), <<https://www.lasexta.com/noticias/el-tiempo/>>.
- METOFFICE (s/f), <<https://www.metoffice.gov.uk/research/library-and-archive/archive/collections>>.
- MILLACERO (2018), <<https://www.millacero.es/articulo/actualidad/inundaciones-malaga-retransmision-redes/20181022130734001972.html>>.
- MINISTERIO DE FOMENTO (1999), *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*, «Serie Monografías».
- REDIAM (s/f), <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/servtc5/WebClima/?lr=lang_es>.
- RODRIGO, J., J. M.^a SENCIALES, E. TEROL, G. MORA-NAVARRO, Y. GYASI-AGYEI, A. CERDÀ (2020), “Impacts of Weather Types on Soil Erosion Rates in Vineyards at ‘Celler Del Roure’ Experimental Research in Eastern Spain”, *Atmosphere*, 2020, 11 (6), p. 551.
- SENCIALES, J. M.^a, y J. D. RUIZ SINOGA (2021), “Features of weather types involving heavy rainfall along the southern Spanish Mediterranean”, *Cuadernos de Investigación Geográfica*, n.º 47, pp. 221-242.
- WETTERZENTRALE (s/f), <<https://www.wetterzentrale.de/es/reanalysis.php?model=cfsr>>.
- YOUTUBE (2012), <https://www.youtube.com/watch?v=KZocXIEgwS8&ab_channel=AntonioViudez>.
- YOUTUBE (2018), <<https://www.youtube.com/shorts/tNjw7MVZouI>>.

