



## **TENDENCIAS DE LOS DÍAS CON PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DE SÓLLER (MALLORCA, ESPAÑA)**

*Joan Rosselló Geli<sup>1</sup>*

(Manuscrito recibido el 30 de diciembre de 2020, en versión final 30 de mayo de 2021)

### **Para citar este documento**

Rosselló Geli, J. (2021). Tendencias de los días con precipitación en la cuenca de Sóller (Mallorca, España). *Boletín geográfico*, 43(1), 33-45.

### **Resumen**

A partir de los datos diarios de lluvia en dos estaciones de una cuenca de 50km<sup>2</sup> en la isla de Mallorca se ha estudiado la distribución anual de estas jornadas, así como su reparto estacional en las décadas finales del siglo XX. Además, se ha analizado la tendencia del número de días lluviosos durante el periodo entre 1960 y 2000. Los resultados confirman la elevada variabilidad interanual de la precipitación en el clima mediterráneo, así como las diferencias entre sectores por factores como la cercanía al mar. A nivel de tendencias, se constata cómo aumentan los días lluviosos anuales en ambas estaciones durante los 40 años observados.

**Palabras clave:** lluvia, series temporales, Islas Baleares, Mediterráneo Occidental

## **TRENDS OF RAINFALL DAYS IN SÓLLER CATCHMENT (MALLORCA, SPAIN)**

### **Abstract**

Daily rainfall data observed in two rain gauges located on a 50 km<sup>2</sup> catchment in Mallorca have been studied to observe the annual distribution of rainy days and its

---

<sup>1</sup>Grup de Climatologia, Hidrologia, Riscs Naturals i Paisatge. Universitat de les Illes Balears. Campus UIB 07122 Palma de Mallorca. E-mail: joan.rossellogeli@uib.es

seasonal distribution for the final decades of the 20<sup>th</sup> century. Furthermore, the rainy days trends have been analyzed for the period 1960-2000. Results confirm the high inter-annual variability of the Mediterranean climate and the contrast between areas because of factors like the sea closeness. Regarding trends, there is an increase of the yearly rainy days in both gauges during the observed period.

**Keywords:** rainfall, temporal series, Balearic Islands, Western Mediterranean

## **Introducción**

Un resultado de la conferencia Open Science del World Climate Research Programme fue el anuncio acerca de la necesidad de una ciencia que produzca un conocimiento y una información que den lugar a soluciones prácticas (Asrar, Busalacchi & Hurrell, 2012). Estudios enfocados en las tendencias climáticas a nivel continental o regional son muy comunes, analizando variables como la temperatura o la precipitación, siendo esta última considerada una de las variables climáticas clave, ya que afecta a factores como la disponibilidad del recurso hídrico, así como a riesgos de ocurrencia de sequías o inundaciones.

La evolución de la lluvia muestra, a nivel global, un incremento de la precipitación total sobre zonas terrestres entre 1901 y 2019 (Blunden & Arndt, 2020) pero en las regiones de climas cálidos se aprecia una disminución de los totales absolutos (Nguyen, Thorstensen, Sooroshian & otros, 2018), todo ello ligado al cambio climático. Ahora bien, si se observan regiones concretas, como el Mediterráneo, las tendencias anteriormente citadas no quedan claras ya que existen zonas con una elevada variabilidad (Alpert, et al, 2002; Brunetti, Maugeri & Nanni, 2001), destacando en esta zona geográfica un descenso de los totales de precipitación acompañado de un incremento de las jornadas con lluvias intensas (Oria, 2020; Tramblay, et al., 2021).

En la costa mediterránea de la Península Ibérica las tendencias anuales no son significativas (Llasat & Quintas, 2004; Altava-Ortíz, Llasat, Ferrari, Atencia & Sirangelo, 2010) o bien muestran de nuevo una gran variabilidad, ligada a cambios en los patrones de circulación atmosférica (Guijarro, 2002).

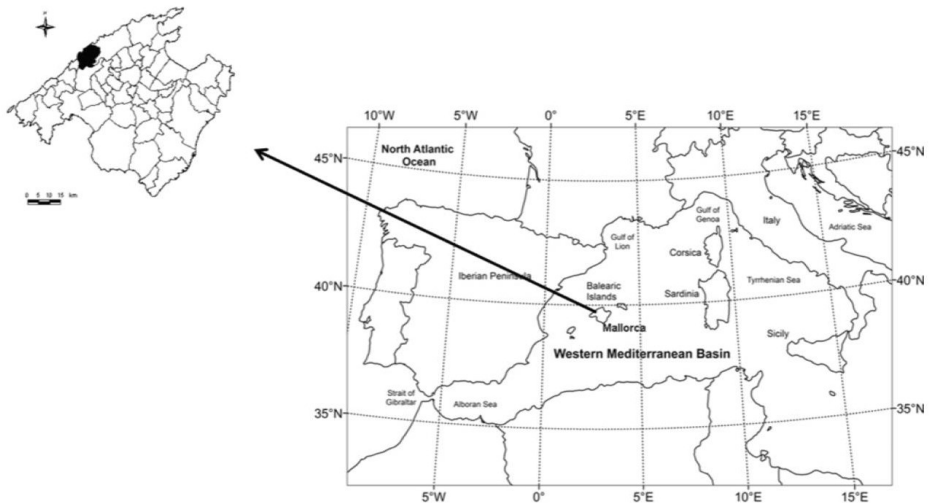
Dicha variabilidad pluviométrica se incrementa cuando se observan los valores diarios. Diferentes estudios muestran como hay zonas en la Península Ibérica que experimentan un descenso en los valores diarios, pero con un incremento en los días con lluvias ligeras (Rodrigo, 2010). En otras zonas desciende el número de días lluviosos (López-Moreno, Vicente-Serrano, Angulo-Martínez, Beguería & Kenawy, 2010). Las Islas Baleares muestran un comportamiento similar, con una media anual de lluvias que ha disminuido en un 16% a inicios del siglo XXI con respecto al periodo central del siglo XX, pero con un aumento de los días de lluvia débil (de 1 a 16 mm) y de lluvias fuertes (más de 64 mm) mientras que disminuye el número de días con registros entre 16 y 64 mm (Homar, Ramis, Romero & Alonso, 2010).

A pesar de todo, las investigaciones a escala regional y/o continental no analizan la variabilidad local en relación a tendencias e impactos, por lo que pueden ser consideradas como no prácticas. Por ello, aparece la necesidad de un análisis a nivel local, ya que es importante alcanzar conocimientos de la evolución climática a dicha escala (Kumar, Murumkar & Arya, 2014), al ser allí dónde se encuentran los impactos más importantes, tanto a nivel social como económico para la población, así como en el medio natural.

El estudio que se presenta analiza las tendencias de la lluvia diaria en una cuenca torrencial situada en el Noroeste de la isla de Mallorca con el objetivo de descubrir si existieron cambios significativos entre 1960 y 2000. Su motivación parte de la necesidad de lograr un conocimiento del comportamiento de la lluvia en un área geográfica limitada, dónde se prevé un incremento de las necesidades de la población residente, así como de la demanda del creciente sector turístico. Así mismo, la vulnerabilidad de ecosistemas naturales ligada a la variabilidad de la precipitación provoca que sea necesario investigar dicha variabilidad para poder implementar medidas de prevención y mitigación de los efectos ligados al cambio climático

## Área de estudio

El valle de Sóller se encuentra situado en la costa noroeste de la isla de Mallorca, la mayor del archipiélago balear (Figura 1). Se trata de una cuenca de 50 km<sup>2</sup> de superficie en el centro de la sierra de Tramuntana, la zona montañosa de mayor extensión de la isla.



**Figura 1.** Localización de la zona de estudio en Mallorca y de las Baleares en el Mediterráneo. Fuente: elaboración propia a partir de Grimalt & otros (2013).

Las características geográficas del área de estudio están marcadas por su localización, con unos límites formados por sierras y montañas por encima de los 1000 metros sobre el nivel del mar (Figura 2). Este aislamiento provoca un clima adaptado a la variedad mediterránea, con veranos secos y calurosos, inviernos templados y un máximo pluviométrico muy marcado en otoño. Aun así, aparecen notorias diferencias dentro de esta zona, motivadas por factores como la altura o la cercanía al mar, situación muy habitual en Mallorca (Jansà, 2014). La pluviometría muestra una media superior a la de la isla de Mallorca, pero con diferencias entre la costa (600 mm anuales) y la zona montañosa, que alcanza los 912 mm, mientras que el fondo del valle recoge unos 779 mm/año.

A nivel geológico, la zona destaca por las formaciones de margas y margo calcáreas a los pies de las sierras, roca calcárea y conglomerados en las partes altas y el fondo llano del valle está formada por aluviones cuaternarios. Destaca la importante karstificación que favorece procesos de infiltración hacia el subsuelo.

La red hidrográfica se estructura en cursos efímeros, llamados *torrents* en la isla. Se trata de cursos con circulación esporádica, ligada a episodios de precipitaciones intensas de duración variable, y un marcado período seco, normalmente en primavera y verano. La principal cuenca es el *torrent Major*, que se forma por la unión de tres cursos en el centro de la ciudad de Sóller, y desemboca al mar en la zona del puerto. Es una zona afectada históricamente por procesos de inundación, con especial incidencia en la zona agrícola situada en el llano del valle y, recientemente, en la zona turística del puerto.

## Metodología

Los datos diarios de precipitación se han obtenido de las estaciones de la AEMET (Agencia Española de Meteorología) Sóller (código B061) y Far Punta Grossa (código B075). Son dos de las estaciones de la zona de estudio con mayor continuidad temporal ya que sus series de datos se inician a mediados del siglo pasado (Tabla 1).

Se han elegido por la calidad de sus series, que muestran una gran homogeneidad, y por su localización espacial, una en la zona marítima de la cuenca y la otra en la parte central, en el tránsito hacia la zona montañosa (Figura 2). Forman parte de una extensa red que se distribuye por la isla y por el valle, una red constituida por observadores voluntarios y que, en el momento de máximo apogeo, tuvo en torno a 14 estaciones funcionando de forma simultánea.

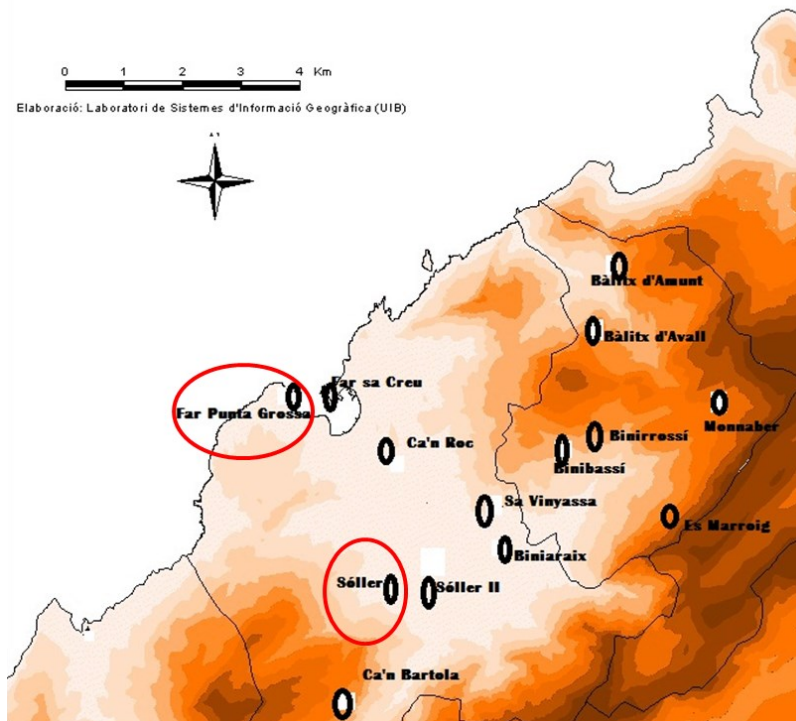
CÓDIGO/NOMBRE	AÑO ENTRADA EN FUNCIONAMIENTO	ALTURA (m. snm)	UTM X	UTM Y
B061 Sóller	1950	40	475.80	4402.00
B075Far Punta Grossa	1947	130	472.80	4405.50

**Tabla 1.** Características de las estaciones meteorológicas. Fuente: AEMET.

Para estudiar la tendencia que presenta la lluvia, se ha utilizado el método de Mann-Kendall, un test que permite detectar la existencia de tendencias significativas

en series de datos y que se usa habitualmente en estudios climáticos (Méndez, Nieves & Miranda, 2014; Ruíz, García, Martínez & Gabarrón, 2011). Este método no paramétrico detecta tendencias, crecientes o decrecientes, sin la necesidad de un elevado número de muestras. Los resultados permiten obtener una significación estadística de la presencia o no de una tendencia (Caballero, 2013). Un incremento monótono supone el aumento constante en el tiempo de la variable estudiada, aunque la tendencia podrá ser lineal o no. En el caso de un decrecimiento sucede lo mismo.

La información diaria se ha compilado en una base de datos en formato Excel. Se han usado 14965 valores para cada estación, 29930 totales. Hay que tener en cuenta que no todos los días tienen registros de lluvia y que en las dos estaciones hay lagunas, especialmente en los años 50, lo que provoca que la investigación se inicie en la década de los 60. En las ocasiones que, dentro del período de estudio, hay algún valor que falta, se ha procedido a rellenar las series mediante el uso del método de interpolación de la distancia inversa, a partir de los valores de las estaciones próximas (Antelo & Fernández, 2014; Toro, Arteaga, Vázquez & Ibáñez, 2015).

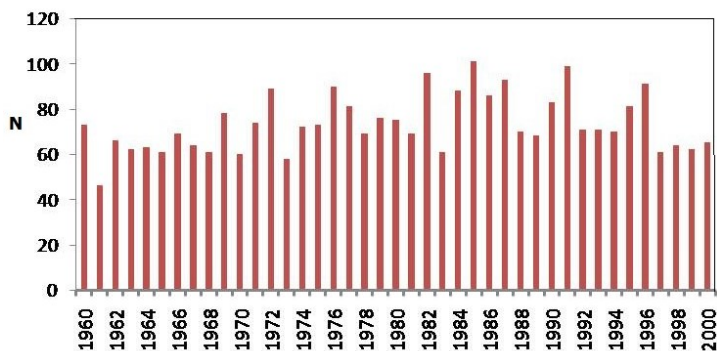


**Figura 2.** Localización de las estaciones meteorológicas en la zona de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de LSIG-UIB.

## Resultados

En los 40 años de estudio, se han registrado lluvias en 3010 días en la estación B061 Sóller y en 2366 días en la B075 Far Punta Grossa. Así, en Sóller ha llovido el 16,5% de los días de los 40 años, porcentaje que baja al 13% en el puerto de Sóller.

Si se observa la distribución de días con registros de lluvia por año, en la estación B061 (Figura 3) destacan los 101 días de 1985, lo que supone que llueve un 28% del año, seguido por los 99 días de 1992. La menor cantidad de días lluviosos se registra en 1961, sólo 46 días, lo que equivale a un 12% del año. Por detrás queda 1973, cuando llovió en 58 de los 365 días del año.

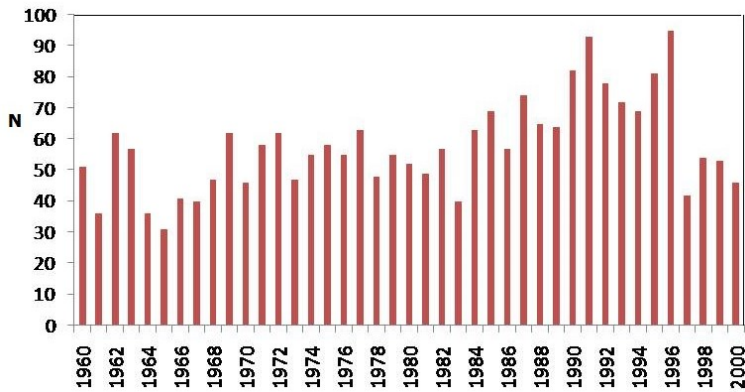


**Figura 3.** Distribución anual de los días con lluvia (N), estación Sóller (B061) entre 1960 y 2000.

Los registros diarios en la estación B075 (Figura 4) muestran como en la zona costera llueve menos que en el interior, hay 644 jornadas menos. También es menor la cantidad de días lluviosos por año ya que no se alcanzan más de 100 jornadas. Destaca el 1996, con 95 días (26% de días del año), y el 1991 con 93. Con respecto a los valores mínimos, el año 1965 tuvo solo 32 días de lluvia, mientras que en 1961 y 1964 llovió en 36 días.

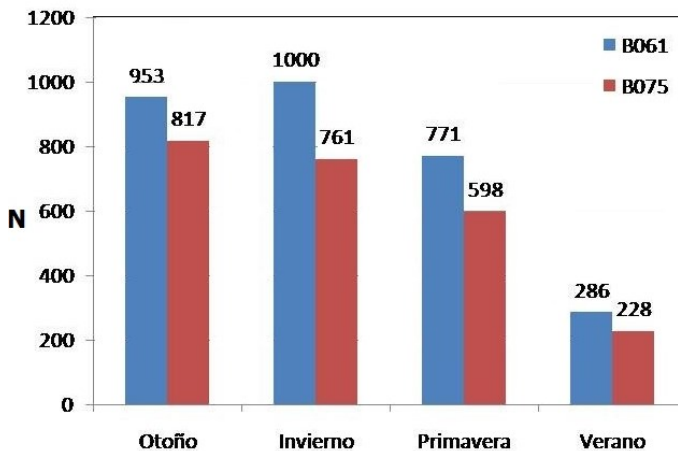
Comparando las medias de días con precipitaciones por año, queda claro que en la zona marítima su número es menor. En la estación B075 la media es de 57,7 días/año mientras que en la B061 la media es de 73,4 días. Hay casi 16 días de diferencia entre las dos cuando la distancia lineal entre ambas no supera los 5 km.

A nivel de décadas, los valores de días lluviosos permiten observar cómo los años 60 fueron relativamente pobres en cuanto al número de jornadas en las dos estaciones. En cambio, las tres décadas posteriores destacan por la variabilidad interanual que muestra cada estación, así como por las diferencias entre ellas. Así, el año con más días de lluvia en Sóller no coincide con el Far Punta Grossa ni tampoco lo hace el año con menos jornadas lluviosas registradas. Es un ejemplo de la variabilidad espacio-temporal del clima mediterráneo.



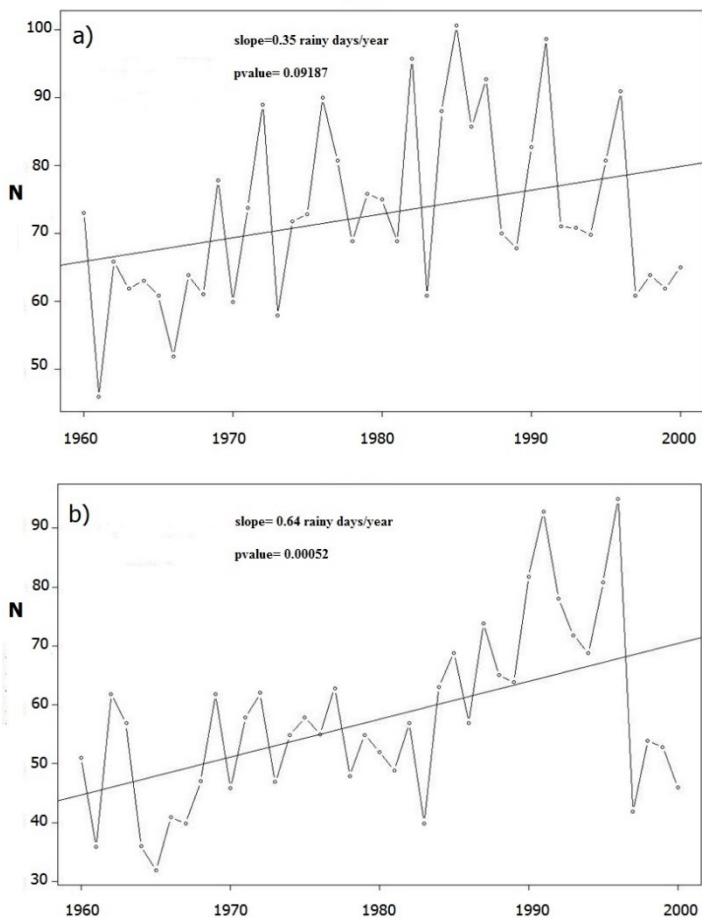
**Figura 4.** Distribución anual de los días con lluvia (N), estación Far Punta Grossa (B075) entre 1960 y 2000.

Respecto a la distribución estacional (Figura 5), en la estación B061 el mayor número de días lluviosos se da en el invierno, con 1000, seguido por el otoño, con 953. La primavera queda por detrás con 771 días. Como es habitual en el clima mediterráneo, el verano es la estación más seca y, de hecho, solo presenta lluvia en 286 días de los 40 años de estudio. Así pues, invierno y otoño concentran el 65% de las jornadas lluviosas en Sóller



**Figura 5.** Distribución estacional de los días lluviosos (N), estación Far Punta Grossa (B075) y estación Sóller (B061) entre 1960 y 2000.

En el Far Punta Grossa, el reparto estacional de los días de lluvia alcanza su máximo en el otoño, con 817 días, seguido por el invierno con 761. Los valores disminuyen en primavera (598 días) y alcanzan el mínimo en verano, cuando se registran precipitaciones en 228 ocasiones. En este caso, otoño e invierno suponen el 66% de los días lluviosos.



**Figura 6.** a) Número de días lluviosos y tendencia (mm/año) de los días lluviosos anuales, estación B061 Sóller (arriba) y b) estación B075 Far Punta Grossa (abajo).



Para finalizar con el análisis de los datos diarios, se ha procedido a aplicar el test de Mann-Kendall para observar la presencia o ausencia de tendencias significativas en el número de días con registros de lluvia.

El parámetro *pendiente* marca el grado de aumento o de disminución de la variable mientras que el parámetro *p-valor* indica la significación de la tendencia. Si el valor es inferior a 0,05 se considera que es significativa

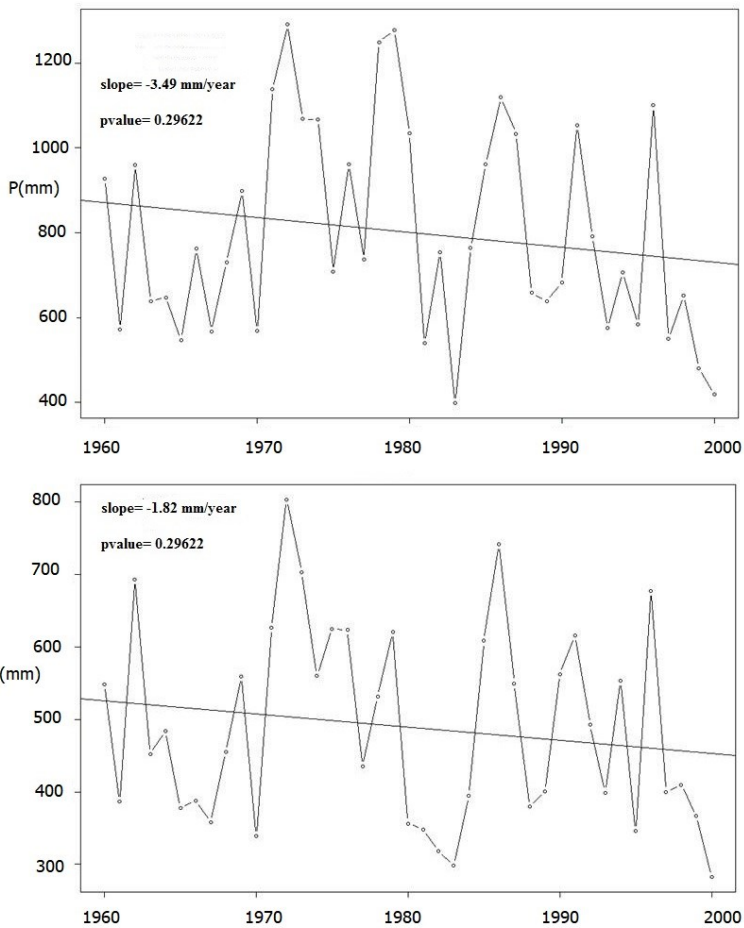
Los datos de la estación B061 Sóller (Figura 6) muestran como los días lluviosos aumentan de forma discreta, con un valor de 0,35 días por año. Aun así, la tendencia no es significativa ya que el *p-valor* es bajo, pero no inferior a 0,05.

Por lo que respecta a la estación B075 Far Punta Grossa (Figura 6) la tendencia también muestra un incremento de los días de lluvia, con un valor de 0,64 días por año. En este caso, el incremento sí que es significativo (*p-valor*<0,05).

Los resultados muestran una evolución de los días de precipitación diaria que pueden ser comparados con datos de la isla de Mallorca. Si la tendencia general para la isla es el decrecimiento de los totales anuales de lluvia (Homar, Ramis, Romero & Alonso, 2010, Ramis, Homar, Romero & Alonso, 2002) este factor no liga con un incremento de los días con registros de lluvia. Ahora bien, si se tiene en cuenta que Ramis & otros (2003) exponen que en la zona de estudio y para el conjunto de Baleares aumentan los días de lluvias débiles (menos de 16 mm en 24 horas), entonces un incremento en los días en que llueve débilmente en la cuenca de Sóller puede suponer que haya más días con precipitaciones pero que el total anual de lluvia disminuya en el tránsito hacia el siglo XXI.

En este sentido, Rosselló (2015) observó cómo hay un descenso en el valor anual total de la lluvia registrada en la estación B061 que se acentúa en la década final del siglo XX cuando también disminuye el número de episodios de carácter torrencial, aquellos que suman más de 100 mm en 24 horas, que pasan de 25 en la década de los 70 a sólo 5 entre 1991 y 2000.

Este mismo hecho puede apreciarse en la estación B075, que también muestra un descenso en la precipitación total anual, acentuado desde 1990 en adelante. En ambos casos, dicha disminución no es estadísticamente significativa (Figura 7), aunque es más destacable en B061 Sóller (3,49 mm/anuales) que en la estación B075 (1,82 mm anuales).



**Figura 7.** a) Precipitación total anual P(mm), y tendencia de la precipitación total (mm/año) estación Sóller (B061) (arriba) y b) ídem, estación Far Punta Grossa (B075) (abajo).

### Conclusiones

El análisis del número de días con ocurrencia de precipitación en dos estaciones de la cuenca de Sóller (Mallorca) permite demostrar que hay una tendencia positiva en relación al aumento de las jornadas lluviosas anuales. El mayor aumento se da en

la estación B075, situada en la zona costera, mientras que, en el interior del valle, estación B061, el incremento es ligeramente inferior. Por el contrario, en ambas estaciones se ha constatado un descenso de los valores de precipitación anual total.

En los 40 años del periodo de estudio se constata la elevada variabilidad interanual en relación a los días con lluvia. Si se considera la media para cada estación, son habituales los años con registros por debajo de dicha media, especialmente en la década de los 60 y finales de los 90, aunque hay etapas con valores por encima, incluso 5 años seguidos en la estación B061.

A nivel estacional, es el otoño la estación más proclive a concentrar días con lluvia, aunque el invierno también destaca. Los registros muestran que el verano es la estación con menor número de jornadas lluviosas, hecho coincidente en ambos puntos de estudio.

La variabilidad espacial en el reparto de las precipitaciones es destacada en la zona de estudio. Si bien es común en Mallorca, no por ello no deja de sorprender como observatorios cercanos, situados a 5 km en línea recta, puedan presentar grandes diferencias en los valores diarios. Factores como la cercanía del mar y la altura deben tenerse en cuenta para futuras proyecciones de precipitación.

La evolución positiva en el número de días con precipitación en la zona de estudio muestra cómo, en relación con procesos similares observados en otras zonas mediterráneas, la relación es poco representativa. La tendencia en el valle de Sóller no muestra los rasgos negativos que aparecen en otras áreas de las Baleares o del Mediterráneo, aunque sí existe coincidencia en la disminución de los totales anuales de precipitación. Para completar la investigación presentada se debería alargar la serie temporal con los datos de precipitación de las primeras décadas del siglo XXI, objetivo que queda pendiente para un futuro proyecto.

El conocimiento aportado por el estudio a escala local puede y debe complementar la investigación a escala regional, nacional o continental. Conocer las condiciones locales facilita la previsión de las necesidades futuras tanto para la población como para el medio natural permitiendo el desarrollo de medidas de prevención y mitigación de posibles efectos negativos relacionados con la falta o el exceso de agua precipitada.

## **Bibliografía**

- Alpert, P., Ben-Gai, T., Buharad, A., Benjamini, Y., Yecutieli, D., Colacino, M., Diodato, L., Ramis, C., Homar, V., Romero, R., Michaelides, S. & Manes, A. (2002): The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophysical Research Letters*, 29, 31-1.
- Altava-Ortiz, V., Llasat, M.C., Ferrari, E., Atencia, A. & Sirangelo, B. (2010): Monthly rainfall changes in Central and Western Mediterranean basins at the end of the 20th and beginning of the 21st centuries. *International Journal of Climatology*, 31 (13), 1943-1958.

- Antelo, M. & Fernández, M.E. (2014): Estimación de datos faltantes de precipitación diaria para las distintas ecorregiones de la República Argentina. Encuentro de Investigadores Instituto Nacional del Agua. Buenos Aires.
- Asrar, G., Busalacchi, A. & Hurrell, J. (2012): Developing plans and priorities for climate science in service to society. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 93 (12), 128
- Blunden, J. & Arndt, D.S. (eds) (2020): State of the climate 2019. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101 (8), S1-S429.
- Brunetti, M., Maugeri, M. & Nanni, T. (2001): Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in Northeastern Italy. *International Journal of Climatology*, 21, 861-871.
- Caballero, I. J. (2013): *Análisis de la homogeneidad de las series de precipitación de Guipúzcoa*. Nota Técnica de la AEMET, nº 13. Agencia Estatal de Meteorología. San Sebastian.
- Grimalt, M., Tomàs, M., Alomar, G., Martín Vide, J. & Moreno-García, M.C. (2013): Determination of the Jenkinson and Collison's weather types for the Western Mediterranean basin over the 1948-2009 period. Temporal analysis. *Atmosfera*, 26, 1, 75-94.
- Guijarro, J.A. (2002): Tendencias de la precipitación en el litoral mediterráneo español en: Guijarro, J.A., Grimalt, M., Laita, M. & Alonso, S. (Eds): *El agua y el clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 3, 237-246.
- Homar, V., Ramis, C., Romero, R. & Alonso, S. (2010): Recents trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain). *Climatic Change*, 98, 199-211.
- Jansà, A. (2014): *El clima de les Illes Balears*. Leonard Muntaner Editor. Palma de Mallorca, 94 páginas.
- Kumar Taxak, A., Murumkar, A.R. & Arya, D.S. (2014): Long term and temporal rainfall trends and homogeneity analysis in Wianganga basin, Central India. *Weather and Climate Extremes*, 4, 50-61.
- Llasat, M.C. & Quintas, L. (2004): Stationary of monthly rainfall series since the middle of the XIXth century. Application to the case of Peninsular Spain. *Natural Hazards*, 31, 613-622.
- López-Moreno, J.L., Vicente-Serrano, S.M., Angulo-Martínez, M., Beguería, S. & Kenawy, A. (2010): Trends in daily precipitation on the northeastern Iberian Peninsula, 1955-2006. *International Journal of Climatology*, 30, 1026-1041.
- Méndez-Lázaro, P.A., Nieves-Santiago, A. & Miranda-Bermúdez, J. (2014): Trends in total rainfall, heavy rain events and number of dry days in San Juan, Puerto Rico, 1955-2009. *Ecology&Society*, 19 (2), 50
- Nguyen, P., Thorstensen, A., Sooroshian, S. & otros (2018): Global precipitation trends across spatial scales using satellite observations. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99 (4), 689-697.
- Oria Iriarte, P. (2020): ¿Está aumentando la frecuencia o intensidad de las precipitaciones extremas en el Mediterráneo? En: AEMET (Ed): *Calendario meteorológico 2021*. Madrid, 321-328.

- Ramis, C., Homar, V., Romero, R. & Alonso, S. (2002): Tendències climàtiques a les Illes Balears. *Actes del Fòrum per a la Sostenibilitat de les Illes Balears*. Conselleria de Medi Ambient. Palma de Mallorca, 1-39.
- Ramis, C., Homar, V., Romero, R. & Alonso, S. (2003): Tendencias climáticas de precipitación y temperatura en las islas Baleares en la segunda mitad del siglo XX. II Congreso Cubano de Meteorología. La Habana.
- Rodrigo, F.S. (2010): Changes in the probability of extreme daily precipitation observed from 1951 to 2002 in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 30 (10), 1512-1525.
- Rosselló, J. (2015): *Precipitacions i escorrentia a les conques torrencials de Mallorca*. Tesis doctoral inédita, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, 353 pàgines.
- Ruiz Sinoga, J.D., García Marin, R., Martínez Murillo, J.F. & Gabarrón Galeote, M.A. (2011): Precipitation dynamics in southern Spain: trends and cycles. *International Journal of Climatology*, 31, 2281-2289.
- Toro Trujillo, A.M., Arteaga Ramírez, R., Vázquez Pena, M.A. & Ibáñez Castillo, L.A. (2015): Relleno de series diarias de precipitación, temperatura mínima, máxima de la región norte del Urabá Antioqueño. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 6, núm. 3, 577-588.
- Tramblay, Y., Ribes, A., Somot, S., Neppel, L., Lucas-Picher, P., Vinet, F. & Sauquet, E. (2021) : Impacts du changement climatique sur les pluies intenses et les crues en Méditerranée. *LHB : Hydroscience Journal*, 107, 1912971