

# ¿Más Intensidad o Más Sequía? Un Análisis de la Dinámica de las Precipitaciones en Barcelona

## Resumen (máximo 250 palabras):

Este estudio se centra en analizar la evolución de las precipitaciones anuales en Barcelona y cómo estos datos se relacionan con el cambio climático, específicamente con los patrones de sequía y la incidencia de lluvias intensas. Se revisan tres hipótesis: (1) una posible disminución de la precipitación total anual a lo largo del tiempo, (2) el aumento de los días con lluvias intensas, y (3) una relación negativa entre las precipitaciones y las temperaturas máximas anuales. Para ello, se emplean métodos de análisis estadístico descriptivo (EDA) y análisis no paramétricos debido a la no normalidad de los datos. A través de la visualización y el análisis estadístico, se examinan las precipitaciones anuales, la frecuencia de los episodios de lluvia fuerte, y la influencia de la temperatura sobre las precipitaciones. Los resultados sugieren una ligera disminución de las precipitaciones a lo largo del tiempo influenciado por las bajas precipitaciones de los últimos años, refutan la hipótesis de lluvias más concentradas en episodios extremos y confirman una correlación moderada entre temperaturas más altas y precipitaciones menores.

## Introducción:

Según el informe de seguimiento de la sequía del Ministerio para la Transición Ecológica, respaldado por numerosas instituciones, la península ibérica está atravesando un periodo de sequía significativo, consecuencia del cambio climático que afecta a todo el planeta. Esta escasez de agua representa un desafío tanto para cumplir con los caudales ecológicos normativos como para satisfacer las demandas de abastecimiento de la población. Esta situación es evidente en los niveles de los embalses, frecuentemente mostrados en los medios de comunicación.

A largo plazo, esta problemática puede impactar los niveles naturales de las cuencas hidrológicas y dificultar la recarga de aguas subterráneas, con efectos negativos en todo el ciclo hidrológico. Además, este escenario se ve agravado por eventos catastróficos recientes, como las inundaciones que afectaron amplias zonas del este de la península tras precipitaciones extremadamente intensas. Estas noticias, sumadas a las proyecciones de que estos episodios serán cada vez más frecuentes, plantean la necesidad de un análisis detallado.

El propósito de este estudio es analizar la evolución de las precipitaciones a nivel local para entender cómo afectan a este periodo de sequía. En particular, se busca determinar si ha habido una disminución significativa en la cantidad de agua en forma de lluvia o si, en cambio, se está observando un aumento en la frecuencia de lluvias intensas, separadas por largos periodos de sequía. Asimismo, se considera el posible efecto que la temperatura podría estar teniendo en este fenómeno.

En este caso, Barcelona será el área de estudio debido a la disponibilidad de datos históricos de lluvias diarias desde 1950, y porque, históricamente, la ciudad ha sufrido importantes episodios de inundaciones.

## Metodología:

En este proyecto se va a hacer un EDA(**análisis estadístico descriptivo**) de la variable central objeto de estudio, la precipitación diaria histórica de Barcelona. Y además se van a hacer algunas pruebas de análisis no paramétrico para realizar un **análisis estadístico inferencial** y tratar de averiguar las relaciones existentes entre diferentes parámetros, entre ellos la temperatura máxima diaria registrada.

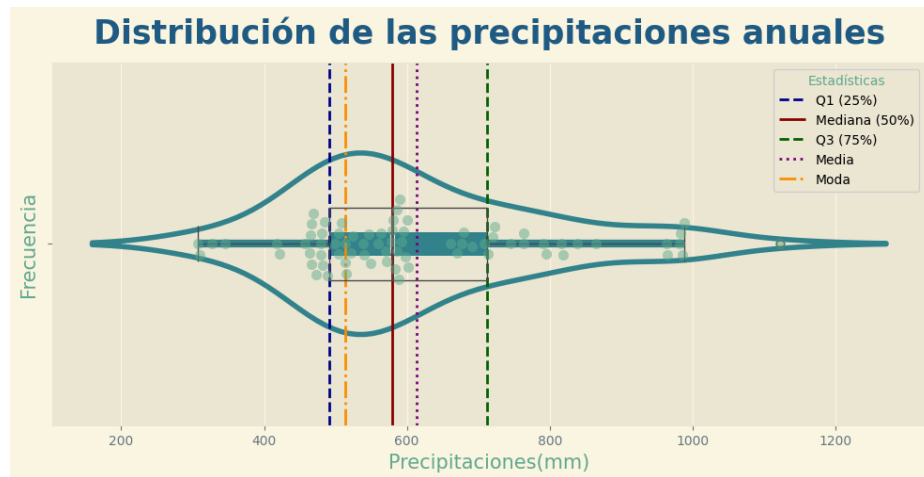
Los datos disponibles proceden de la estación meteorológica ubicada en el Observatori Fabra en la zona alta de la ciudad de Barcelona, en la montaña del Tibidabo a 415 metros sobre el nivel del mar. La base de datos recogida por el Servei Metereològic de Catalunya, contiene datos adicionales de temperaturas máximas y mínimas, así como de horas de insolación. La base de datos estaba muy completa, no había casi valores nulos, excepto en algunos años la serie de horas de insolación. Al no estar incluida en el estudio, no se llevó a cabo más que un cambio de valores -99.99 por *Nan*, que eran los registros que no tenían datos para este campo. Sí que fue necesario añadir una columna con la fecha completa para poder visualizar la precipitaciones diarias en una gráfica.

Todo el proceso de análisis del estudio se ha realizado con el lenguaje de programación **Python**, principalmente se ha hecho uso de sus librerías enfocadas al análisis de datos (**pandas**, **numpy**), a la visualización (**matplotlib**, **seaborn**) y al análisis estadístico (**scipy-stats**). Para la creación final del dashboard se ha utilizado la herramienta de *business intelligence* desarrollada por Microsoft: **PowerBI**.

## Resultados:

### 0. Descripción de la variable principal: PRECIPITACIÓN

Para este proyecto he decidido trabajar con la variable de precipitaciones. Es una variable numérica de tipo continuo, puesto que puede tomar cualquier valor entre 0 e infinito. En este caso estoy tratando datos de precipitaciones en mm ( 1 litro de agua por m<sup>2</sup> de superficie). Además, al observar la media, mediana y moda de la variable precipitación, podemos ver que no coinciden. La media (**613.78**), la mediana (**579**) y la moda (**513**) están bastante alejadas. Es una prueba de que estoy ante una serie de datos que no presentan una distribución normal.

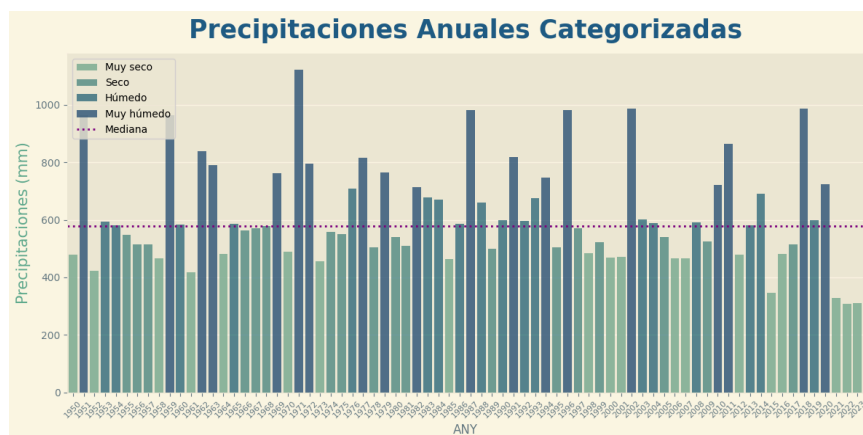


Para realizar una última comprobación, utilizo el **Shapiro Test** que es un test destinado a comprobar la normalidad de la distribución para muestras de datos pequeñas y medianas. Obtengo un valor **p\_value** mucho menor que 0.05 (**0.000376**), y un valor de **stat** relativamente cerca a 1 (**0.92**), por tanto, aunque el estadístico *stat* no es bajo y sugiere que los datos podrían ser relativamente cercanos a una distribución normal, el *p\_value* tan pequeño indica una evidencia en contra de una normalidad fuerte. Por lo tanto, me encuentro ante una muestra de datos que **NO se distribuyen normalmente**.

## 1. Evolución de las precipitaciones anuales a largo plazo

**Hipótesis 1:** *Ha disminuido la precipitación anual a lo largo del tiempo en el área de estudio*

Con este objetivo en mente, visualizo con un gráfico de barras las precipitaciones anuales desde 1951 para evaluar si la tendencia general es hacia acumular menos lluvias cada año. Visualmente no se ve una tendencia marcada, excepto en los últimos tres años en los que se aprecia un claro descenso de la lluvia acumulada anualmente. Estos tres años según la categorización realizada, serían 3 años seguidos muy secos.

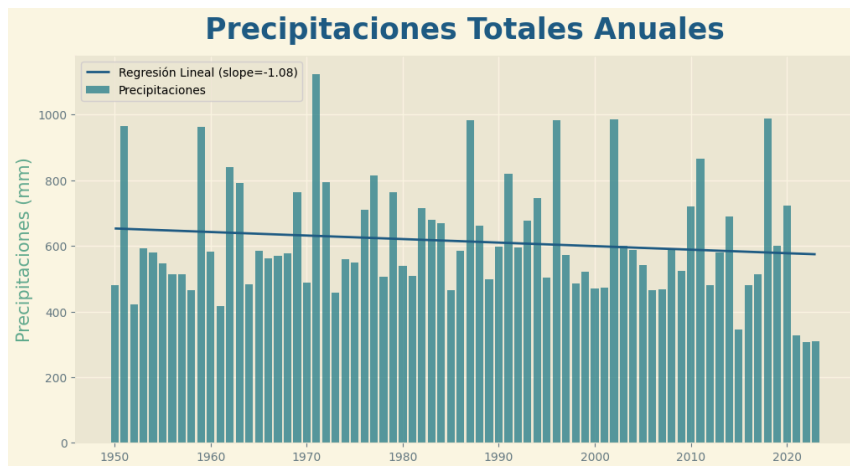


Para poder constatar si hay una disminución en el tiempo de las precipitaciones, me interesa calcular la regresión lineal de los datos, para ello voy a usar la función de *scipy.stats*, **linregress()**. Esta función me ayuda a calcular los parámetros que definen la recta de

tendencia, como son la pendiente (**-1.08 mm/año**), que indica una ligera bajada en las precipitaciones en el tiempo, junto al punto de intercepción con el eje y para el valor igual a 0.

Además, calcula el **Coeficiente de Correlación R2 (r\_value)** que mide la fuerza y la dirección de la relación lineal entre las variables. Un valor de -1 nos indicaría una relación negativa perfecta. En este caso **R2** es de **-0.13**, lo cual indica una ligera relación negativa entre la precipitación y los años pero muy débil porque el valor está más cerca de 0 que de 1.

Por último, nos devuelve el **Valor P (p\_value)** que muestra la significancia en la relación. Si el p\_value es menor que 0.05 se puede afirmar que la pendiente es significativamente diferente de cero. En el caso de estudio el p\_value de **0.262** es mucho mayor que este valor de referencia y por lo tanto la tendencia **NO es estadísticamente representativa**.

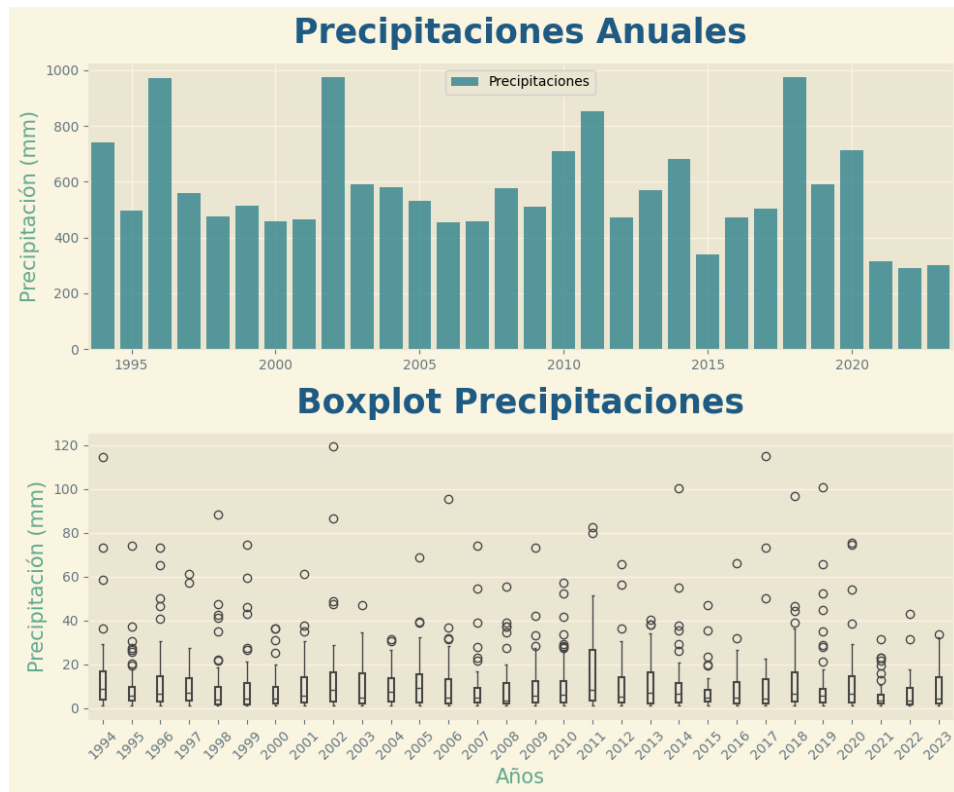


## 2. Frecuencia y Magnitud de Episodios de Lluvia Fuerte

**Hipótesis 2:** *Aumento de los días con eventos de lluvias intensas.*

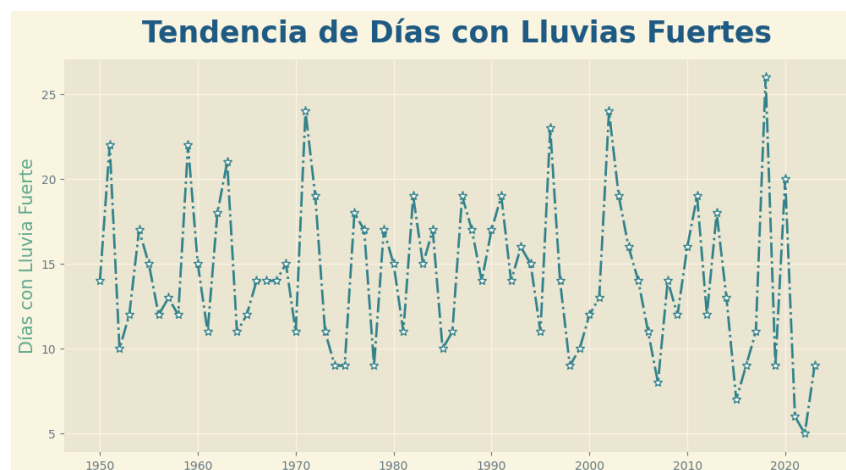
Para verificar esta hipótesis voy a intentar responder a la pregunta ¿Se observa un aumento en la intensidad de los episodios de lluvia, con precipitaciones más fuertes concentradas en eventos puntuales? Para ello me voy a centrar en analizar cómo se distribuyen las lluvias, verificando si ha cambiado el patrón hacia eventos más intensos con diferentes gráficos.

**0. Relación precipitación anual con boxplot anuales:** Visualizo boxplot de las precipitaciones diarias para cada año, con la idea de tener una idea de la cantidad de outliers que se observan anualmente, considerándolos episodios de lluvias intensas fuera de las precipitaciones habituales. Por motivos de claridad visual, limito el análisis a los últimos 30 años y considero únicamente los días con precipitaciones superiores a 1 mm, ya que de no ser así, los gráficos de caja (boxplot) eran difíciles de interpretar.



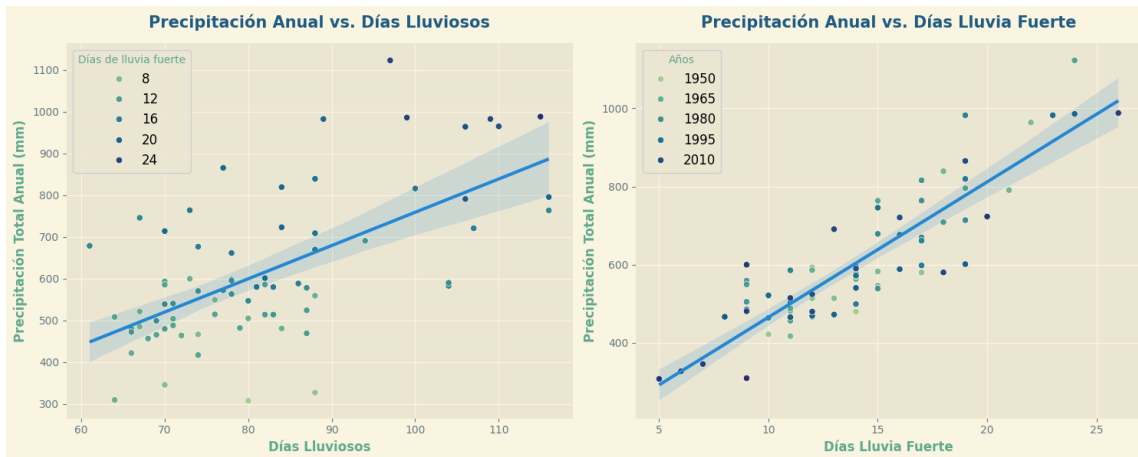
Genero gráficos de caja (boxplot) junto con un gráfico de las precipitaciones totales anuales con el objetivo de explorar una posible relación entre la cantidad de días con lluvias intensas y los años con mayores o menores precipitaciones totales. Sin embargo, no se observa una correlación evidente ni una evolución temporal clara en los datos analizados.

**1. Gráfico de tendencia de días de lluvias fuertes:** Para ver si los eventos extremos están aumentando en el tiempo. Para esto creo una columna en la que voy a cuantificar el número de días que la lluvia supera el tercer cuartil (75%) de la serie de precipitaciones anuales para episodios de lluvia mayores a 1mm/día. Lo que se observa en los últimos tres años es una disminución drástica de días con lluvias fuertes, pero justo los años anteriores hubo 2 años con numerosos eventos de lluvias fuertes. En general, no sé ve ninguna tendencia a disminuir o aumentar, de todas formas lo compruebo con el cálculo de la `linregress()`, y me confirma que no hay una tendencia estadísticamente significativa.



**2. Precipitación anual vs. días lluviosos y días de lluvias fuertes:** para identificar si la cantidad total de lluvia se distribuye en menos días.

Antes de hacer la visualización de los datos, evalúo la correlación entre ellos. Como ya he mencionado anteriormente la variable **Precipitación** no sigue una distribución normal, por lo tanto, no se puede calcular en este caso el coeficiente de Pearson. Así que en este caso voy a usar la **Correlación Tau de Kendall "T"** que es una medida no paramétrica para evaluar la fuerza y la dirección de la asociación entre dos variables cuando estamos ante muestras pequeñas y que violan los supuestos del coeficiente de correlación de Pearson.



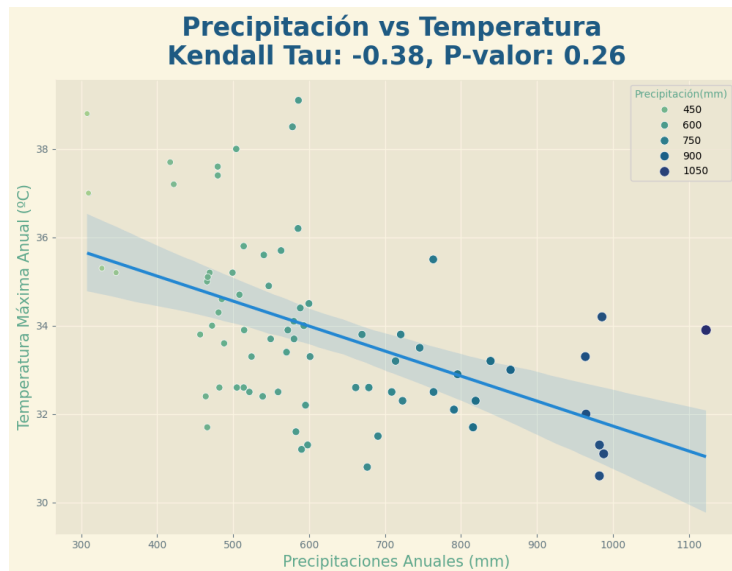
El **valor de Tau** de **0.42** indica una **correlación positiva moderada** entre las variables, para los días lluviosos en relación a la precipitación anual. Y además, el **p-value** de **1.3e-07** es muy pequeño indicando que la probabilidad de que esta correlación positiva sea producto del azar es extremadamente baja. Para los días de lluvia fuerte el **valor de Tau** es de **0.69**, se observa una **alta correlación positiva**, y un valor extremadamente bajo **p-value** de **3.2e-17**, lo cual sugiere que en años con mayor precipitación, también hay más días de lluvia y más días de lluvias fuertes. Esto sugiere una distribución más uniforme de la lluvia a lo largo del año, lo que refuta la idea de que se están concentrando precipitaciones en unos pocos días, en eventos extremos o tormentas intensas.

### 3. Influencia de las temperaturas en las precipitaciones anuales.

**Hipótesis 3:** *Las precipitaciones disminuyen con temperaturas más altas.*

Para verificar esta hipótesis, se han utilizado los valores de las temperaturas máximas diarias. De estos datos, se ha seleccionado como valor representativo de la temperatura anual la temperatura máxima registrada en cada año. Y voy a visualizar la relación de estas variables con un gráfico de dispersión.

Antes de hacer la visualización de los datos, evalúo la correlación entre ellos. Como ya sabemos la variable **Precipitación** no sigue una distribución normal, ni tampoco la variable **Temperatura** (*p\_value del Shapiro Test = 0.003964*), por lo tanto, una vez más voy a usar la **Correlación Tau de Kendall "T"**



El **valor de Tau** de **-0.38** indica una **correlación negativa moderada** entre las variables. Esto significa que, a medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir de manera consistente, aunque no es una relación perfecta. Y además, el **p-value** de **2.2e-06** es muy pequeño lo que indica que la probabilidad de que esta correlación negativa sea producto del azar es extremadamente baja. Esto sugiere que la relación es **estadísticamente significativa** y está respaldada por los datos.

## Discusión:

*Evolución de las precipitaciones:* Aunque se observa una ligera disminución de las precipitaciones anuales en los últimos años, este fenómeno parece estar relacionado con un período reciente de sequía, más que con una tendencia a largo plazo. **La hipótesis de una disminución generalizada de las precipitaciones a lo largo del tiempo no puede corroborar**, ya que la tendencia es casi nula si se eliminan los últimos tres años secos.

*Frecuencia de episodios de lluvias intensas:* Los análisis realizados refutan la hipótesis de que los eventos de lluvias extremas sean cada vez más frecuentes. En realidad, se observa que los años con mayores precipitaciones totales corresponden a un mayor número de días lluviosos y más episodios de lluvias intensas. Esto sugiere que la **lluvia está más distribuida a lo largo del año en lugar de concentrarse en eventos extremos**.

*Relación entre temperatura y precipitación:* Se ha hallado una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa entre las temperaturas máximas anuales y las precipitaciones, lo que respalda la hipótesis de que las **precipitaciones tienden a disminuir a medida que aumentan las temperaturas**. Este hallazgo refuerza la idea de que el cambio climático podría estar alterando los patrones de precipitación en la región.

Sugerencias de futuras investigaciones:

- La variabilidad de las precipitaciones diarias.



- El periodo de recurrencia de eventos de lluvias extremas. ¿Cuándo volverá a ocurrir una precipitación de 200 mm al día?

## Conclusiones:

En general, el estudio muestra que, aunque los últimos años han sido más secos, no hay una tendencia a largo plazo hacia menos precipitaciones, ni un aumento en los eventos de lluvias extremas. Sin embargo, la relación con las temperaturas más altas indica una influencia del cambio climático que podría afectar las precipitaciones en el futuro.

## Referencias Bibliográficas:

Coder, R. (2022, 11 octubre). *Gráfico de barras apiladas en matplotlib*. PYTHON CHARTS | Visualización de Datos Con Python.

<https://python-charts.com/es/parte-todo/grafico-barras-apiladas-matplotlib/>

De Catalunya Generalitat de Catalunya, S. M. (s. f.). *Sèries climàtiques des de 1950* | Meteocat.

<https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/dades-i-productes-climatics/series-climatiques-des-de-1950/>

*Informe mensual de seguimiento de la situación de sequía y escasez*. (2024, diciembre). Ministerio Para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

[https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/2412-Informe\\_SE\\_dic\\_2024.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/2412-Informe_SE_dic_2024.pdf)

Research, A. (2025, 7 enero). *Análisis de correlación: ¿Qué es? Definición, ejemplos* | Appinio Blog.

<https://www.appinio.com/es/blog/investigacion-de-mercados/analisis-correlacion>

Rodríguez, D. (2024, 25 julio). *Cómo crear gráficos con un eje secundario en matplotlib*. Analytics Lane.

<https://www.analyticslane.com/2024/09/16/como-crear-graficos-con-un-eje-secundario-en-matplotlib/>

Torres, A. (2023, 27 marzo). *Guía de cálculo científico en Python. Matemáticas en SciPy y NumPy explicadas con ejemplos*. freeCodeCamp.org.

<https://www.freecodecamp.org/espanol/news/funciones-en-python-introduccion/>

De Catalunya Generalitat de Catalunya, S. M. (s. f.-a). *Estat de la sequera* | Meteocat.

<https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/evolucio-observada-del-clima/estat-de-la-sequera/>