

Actividad Integradora 1 - Precipitaciones máximas mensuales para el diseño de obras hidráulicas

Introducción

El análisis de las precipitaciones máximas mensuales es esencial para el diseño de infraestructuras hidráulicas, tales como presas, sistemas de drenaje y puentes, que deben ser capaces de manejar eventos climáticos extremos. Para garantizar la seguridad y funcionalidad de estas obras, se utilizan conceptos como la probabilidad de excedencia y el periodo de retorno. Según Ward (2013), el periodo de retorno representa el intervalo promedio entre eventos de cierta magnitud. Las distribuciones probabilísticas, como la distribución normal, log-normal, gamma, y Weibull, son fundamentales para modelar estos fenómenos, permitiendo predecir el comportamiento de eventos futuros.

En este reporte se analiza un conjunto de datos de precipitaciones máximas mensuales en el estado de **Jalisco**, con el objetivo de estimar las precipitaciones más extremas basándonos en periodos de retorno y ajustar los datos a diferentes distribuciones probabilísticas.

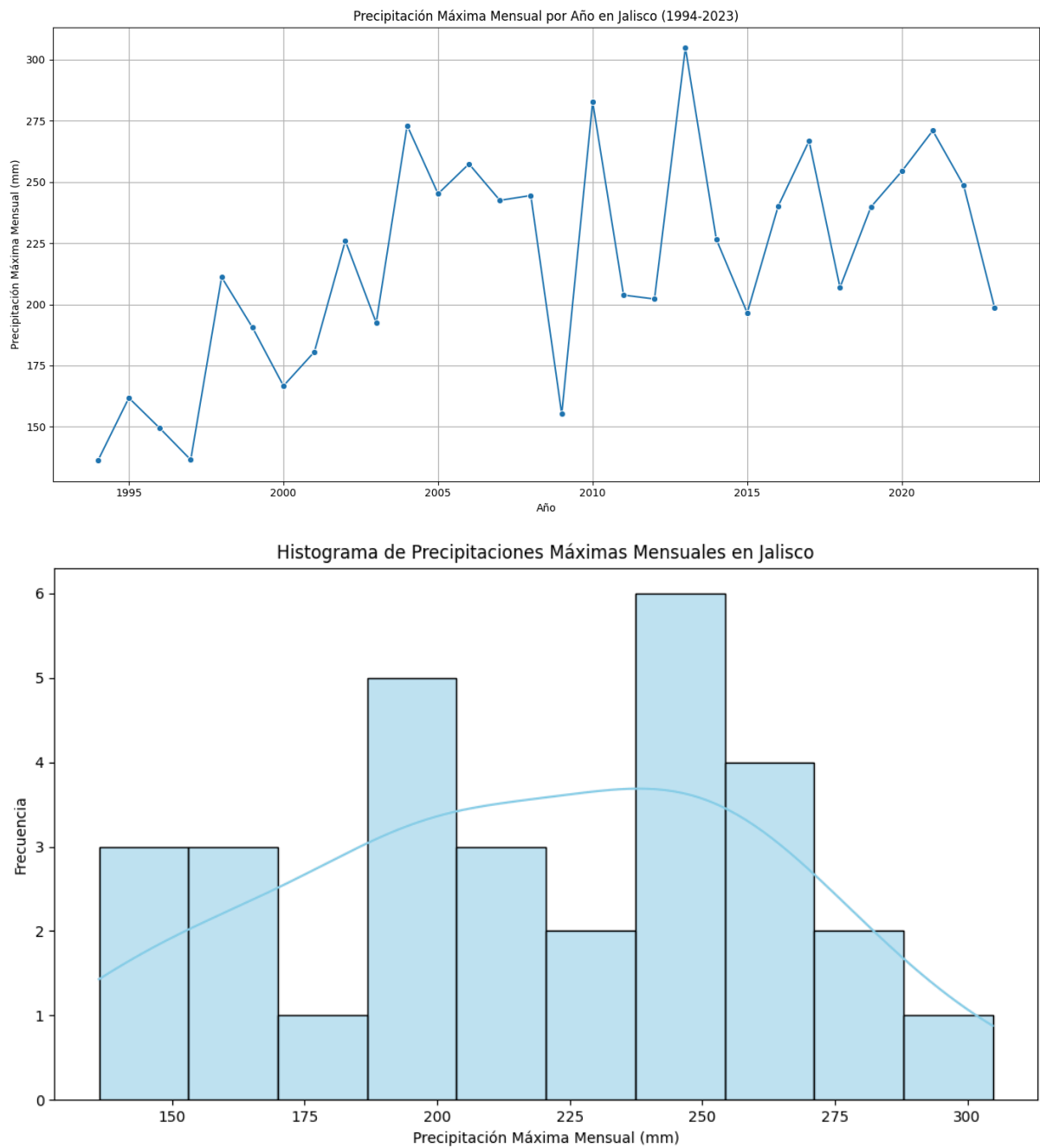
Metodología

El análisis realizado incluyó varios pasos clave:

- **Análisis Exploratorio de Datos:** Se generaron gráficos de histograma, boxplots y QQ-plots para explorar la distribución de los datos y detectar posibles asimetrías o desviaciones de la normalidad.
- **Pruebas de Bondad de Ajuste:** Se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov para evaluar si los datos siguen una distribución normal. Ambos test arrojaron p-valores altos (0.6157 y 0.6505 respectivamente), lo que nos indica que no se rechaza la hipótesis de normalidad.
- **Ajuste de Distribuciones:** Se ajustaron diferentes distribuciones (Normal, Log-Normal, Weibull, Gamma, Gumbel) a los datos y se compararon mediante gráficos de distribución acumulada (CDF) y densidad (PDF). Se evaluaron las bondades de ajuste visualmente y se seleccionaron las mejores distribuciones basadas en su cercanía a los datos empíricos.
- **Estimación del Periodo de Retorno:** Se calculó la precipitación máxima esperada para un periodo de retorno de 100 años, utilizando la distribución de Gumbel y comparando la probabilidad de excedencia empírica y teórica.

Resultados e Interpretación

1.- Análisis estadístico descriptivo de las precipitaciones históricas máximas mensuales de un estado



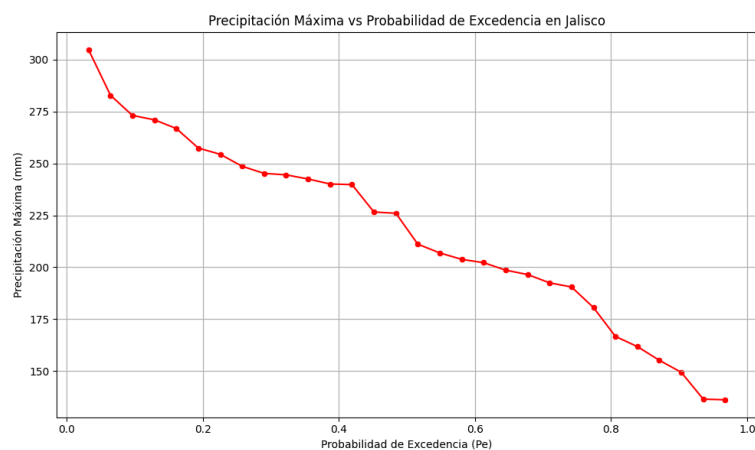
Descripción de los datos:

- Centralización: En el histograma, se puede observar que los valores más frecuentes se encuentran en un rango entre 200 y 250 mm. En el boxplot se muestra que la mediana de la precipitación máxima mensual está cercana a los 225 mm.
- Sesgo: El histograma indica una ligera asimetría hacia la derecha (sesgo positivo), ya que hay una menor cantidad de datos en el extremo superior, es decir, en valores más altos de precipitación (por encima de los 275 mm).
- Variación: El histograma también muestra una dispersión de datos significativa, con precipitaciones que varían entre aproximadamente 140 mm y 300 mm.
- Presencia de Outliers: No se observan valores atípicos claros en el boxplot, ya que no hay puntos fuera de los bigotes.

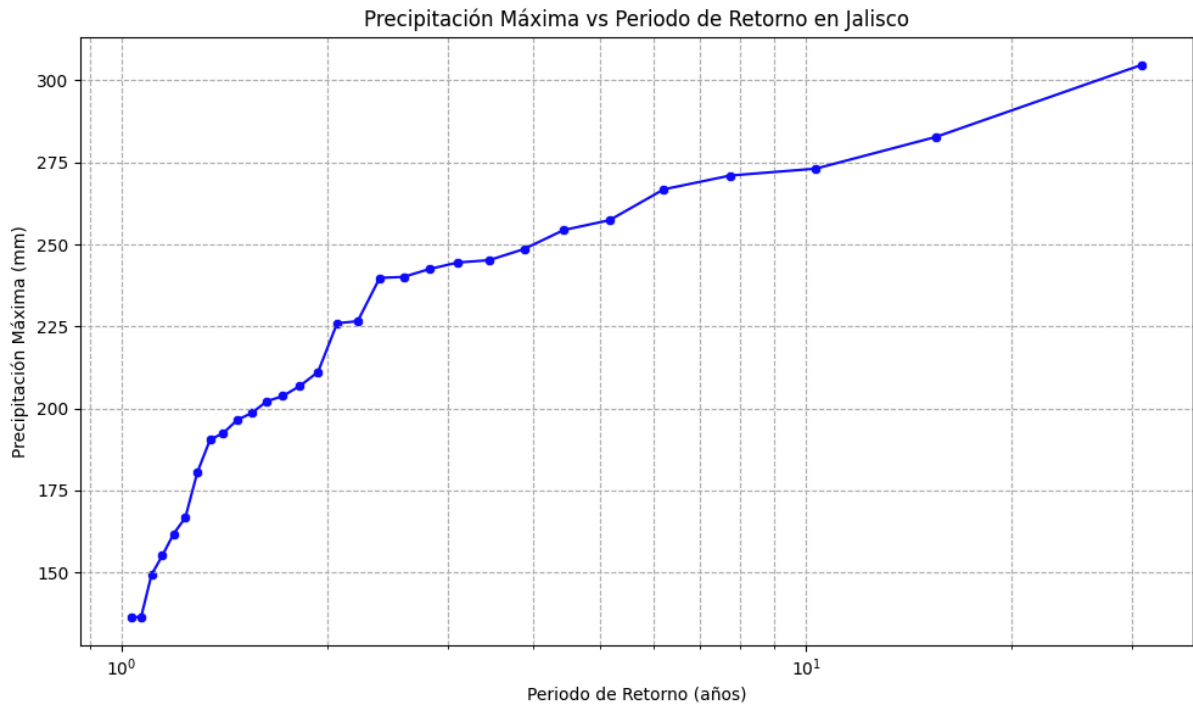
¿Qué puedes concluir observando la gráfica de los máximos mensuales anuales para tu Estado?

- ¿Observas alguna tendencia? No se observa una tendencia clara aunque sí un leve crecimiento de la precipitación máxima mensual en los últimos años a comparación de los primeros años.
- ¿Puedes concluir que cada determinado número de años la cantidad de precipitación sube o baja? Aunque se observan fluctuaciones, no parece haber un patrón cíclico fijo en el que, por ejemplo, cada cierto número de años la precipitación suba o baje de manera predecible.
- ¿Para qué nos sirve analizar este tipo de gráficas? Nos permiten visualizar el comportamiento histórico de las precipitaciones máximas en la región y detectar posibles patrones o anomalías.

2.- Análisis de Frecuencias Método Gráfico



Las precipitaciones más altas tienen una menor probabilidad de ocurrir.

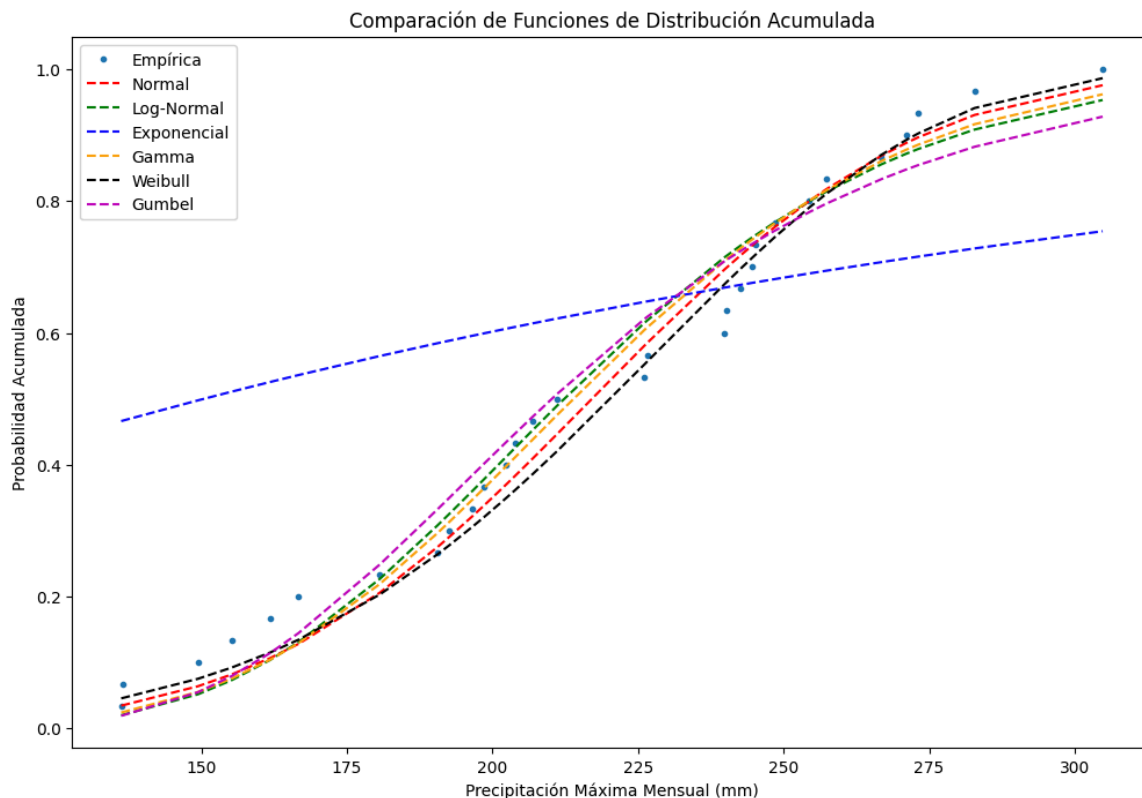


El periodo de retorno es el tiempo promedio que transcurre entre eventos de una magnitud de precipitación determinada. Las precipitaciones de menor magnitud (150 mm) tienen periodos de retorno más cortos (cerca de 1 año), mientras que las precipitaciones más extremas (300 mm) tienen periodos de retorno más largos (más de 10 años).

Describe las gráficas obtenidas.

- ¿Qué significa la probabilidad de excedencia? Es la probabilidad de que un evento, como una precipitación máxima, sea igualado o superado en un año determinado.
- ¿Qué significa el periodo de retorno? Es el intervalo promedio de tiempo entre eventos de una magnitud igual o mayor a la precipitación máxima analizada.
- ¿Por qué es importante en hidrología? Para saber qué tan probable es que un evento extremo ocurra y su frecuencia permite a los ingenieros diseñar estructuras que soporten condiciones adversas.
- ¿Qué valores son deseables en la probabilidad de excedencia para una precipitación de diseño de una obra? Para obras de diseño es deseable trabajar con baja probabilidad de excedencia (0.01 a 0.05) y altos periodos de retorno (de 50 a 100 años), para garantizar la seguridad y longevidad frente a eventos extremos.

3.- Análisis de Frecuencias Método Analítico



Define cuál es la mejor distribución que se ajusta a tus datos. Argumenta interpretando la comparación entre los gráficos y analizando las pruebas de ajuste de curva.

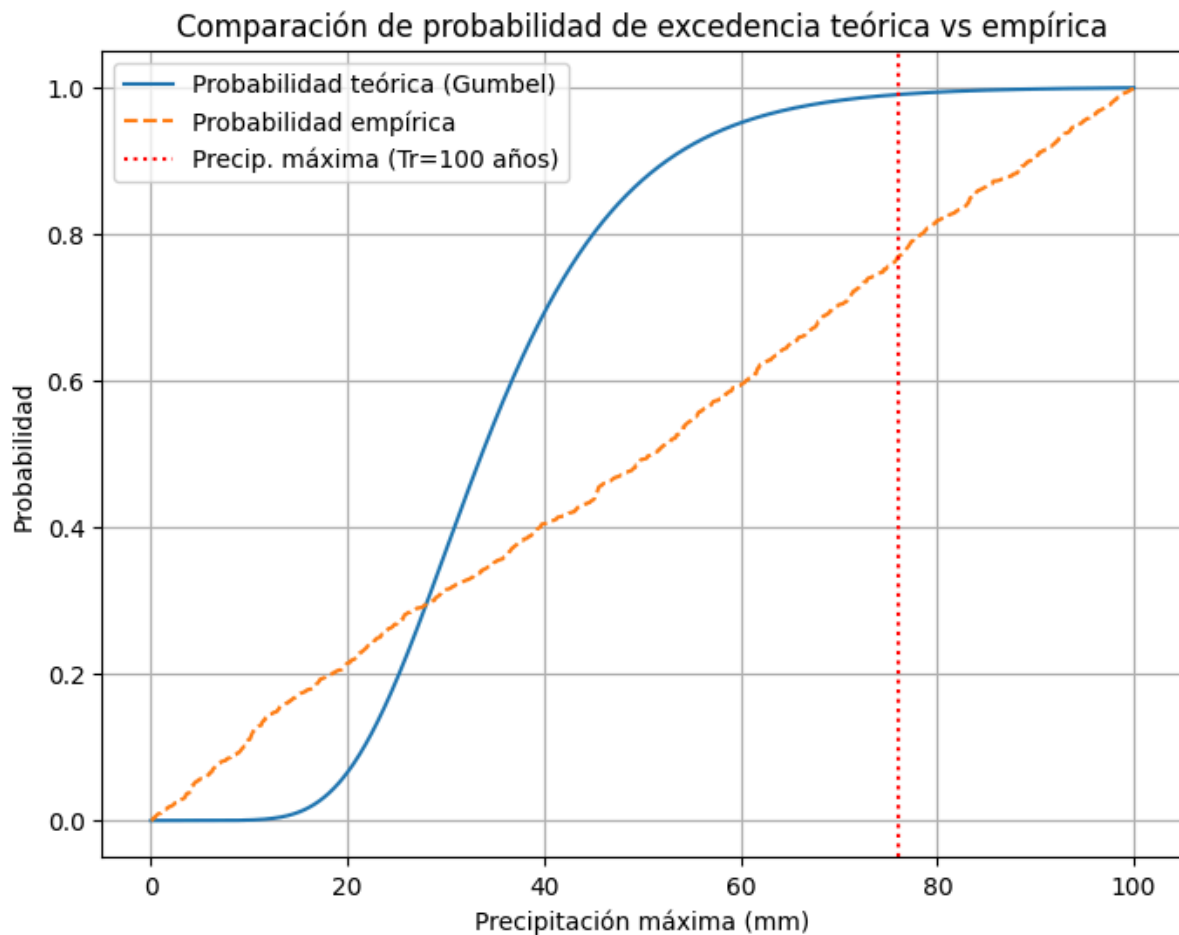
- Distribución Weibull y Distribución Gamma parecen ser las mejores opciones para ajustar los datos de precipitaciones máximas mensuales, ya que se ajustan mejor tanto en la región central como en las colas.
- La Log-Normal y la Gumbel también hacen un buen trabajo, pero muestran ligeras discrepancias con los datos empíricos en ciertas regiones.

Resultados de pruebas:

Prueba de Bondad de Ajuste	P-valor
Shapiro-Wilk	0.6157
Kolmogorov-Smirnov	0.6505

Ambas pruebas indican que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, lo que sugiere que los datos podrían ajustarse razonablemente a una distribución normal. Sin embargo, los gráficos de densidad y distribución acumulada nos mostraron que las distribuciones **Weibull** y **Gamma** dan un mejor ajuste visual a los datos, capturando mejor los extremos y la dispersión observada en las precipitaciones máximas.

4.- Diseño de Obras Hidráulicas



- ¿Qué significa el periodo de retorno de 100 años? significa que, en promedio, una precipitación de esa magnitud (como se indica en la gráfica, alrededor de los 80 mm) ocurre una vez cada 100 años.
- ¿Qué pasa si incrementamos el periodo de retorno? significa que estamos considerando eventos más raros y más extremos. A medida que el periodo de retorno aumenta (por ejemplo, de 100 a 200 o 500 años), el valor de la precipitación máxima que podemos esperar también aumentará.
- ¿El caudal máximo para este periodo de retorno será el mismo si utilizamos datos históricos de otro estado? No, el caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años no será necesariamente el mismo en otro estado. El caudal o precipitación máxima depende de las condiciones climáticas y geográficas de cada región.
- ¿Por qué crees que las obras hidráulicas deben diseñarse en base a periodos de retorno sugeridos? para asegurar que puedan resistir eventos extremos que, aunque raros, podrían ocurrir durante la vida útil de la obra.

- ¿Por qué es importante conocer la distribución de probabilidad a la que mejor se aproximan los datos históricos? Para Modelar correctamente los eventos climáticos y sus probabilidades, Mejorar la precisión en el diseño de obras hidráulicas y Evaluar riesgos.

En cuanto a la precipitación máxima para un periodo de retorno de 100 años, se estimó alrededor de **80 mm**, basado en la distribución de Gumbel. Si incrementamos el periodo de retorno, esperaríamos precipitaciones más extremas y menos frecuentes.

Discusión y Conclusiones

El análisis hecho podemos notar que aunque los datos empíricos no se apartan significativamente de una distribución normal según las pruebas estadísticas, las distribuciones **Weibull** y **Gamma** ofrecen un mejor ajuste para modelar eventos extremos de precipitación. Esto es relevante, ya que para el diseño de obras hidráulicas, las distribuciones que mejor capturan los extremos son preferibles.

El periodo de retorno de 100 años nos permite dimensionar adecuadamente las infraestructuras para garantizar que puedan resistir eventos extremos sin fallar. Además, las diferencias en la distribución de caudales entre estados nos resalta la importancia de usar datos locales y modelos específicos para cada región.

El conocer la distribución de probabilidad a la que mejor se ajustan los datos históricos es fundamental para hacer predicciones precisas y gestionar los riesgos de manera efectiva. Especialmente en regiones con alta variabilidad climática como Jalisco.

Referencias

- Ward, P. J. (2013). *Hydrology and floodplain analysis*. Pearson.
- Stedinger, J. R., Vogel, R. M., & Foufoula-Georgiou, E. (1993). *Frequency analysis of extreme events*. Handbook of Hydrology.
- Wilks, D. S. (2011). *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Elsevier.