

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Campus Monterrey



**Tecnológico
de Monterrey**

TC3007.C

Actividad Integradora 1 Modulo 5 Estadística Avanzada

Integrante/s:

Lautaro Gabriel Coteja

A01571214

28/10/2024

Índice

Índice	1
Introducción	2
Metodología	2
Respuesta a las preguntas e Interpretación de Resultados	2
Discusiones y Conclusiones	4
Referencias	4

Introducción

El diseño de infraestructuras hidráulicas, como presas, canales y sistemas de drenaje, es crucial para mitigar riesgos asociados con eventos climáticos extremos, especialmente en un contexto de cambio climático y variabilidad atmosférica. Para lograr estructuras resilientes, es fundamental realizar estimaciones precisas de precipitaciones extremas, utilizando distribuciones estadísticas que permitan predecir la frecuencia y magnitud de estos eventos. Las distribuciones comúnmente empleadas para este tipo de análisis incluyen Gumbel, Weibull y Gamma, que ayudan a calcular los periodos de retorno o intervalos esperados entre eventos extremos, optimizando así la planificación y el diseño de obras hidráulicas (Organización Meteorológica Mundial, 2021; Smith et al., 2019).

En este reporte se presentan los resultados de un análisis de las precipitaciones máximas mensuales en el estado de Nuevo León, México, para identificar la distribución que mejor modela los eventos extremos y calcular la precipitación de diseño para diferentes periodos de retorno.

Metodología

Para realizar el análisis de precipitaciones máximas mensuales en el estado de Nuevo León, se utilizaron datos históricos de 1994 a 2023. Este análisis se enfocó en identificar patrones extremos en las precipitaciones y determinar la distribución estadística que mejor modela estos eventos para el diseño de obras hidráulicas. A continuación, se describe el proceso de cada paso realizado en el análisis (Se añadirán imágenes que se consideren esenciales para mostrar).

Selección de Datos y Procesamiento Inicial

Se seleccionaron únicamente los registros de precipitación máxima mensual correspondientes al estado de Nuevo León. Los datos se reorganizaron para obtener el valor máximo de precipitación en cada año, generando así un conjunto de datos de precipitación máxima anual para el análisis. Se calcularon estadísticas descriptivas que incluyen la media (50.80 mm),

mediana (31.05 mm), desviación estándar (58.08 mm), así como los valores mínimo (0 mm) y máximo (352.7 mm), reflejando una alta variabilidad y la presencia de eventos extremos.

Análisis de Distribuciones Estadísticas

Se exploraron distintas distribuciones estadísticas para modelar los eventos de precipitación extrema: Normal, Log-normal, Exponencial, Gamma, Weibull y Gumbel. Para evaluar el ajuste de cada distribución, se realizaron análisis gráficos y pruebas de bondad de ajuste, con el objetivo de identificar la distribución que mejor representa los datos de precipitación máxima.

Distribución Normal: La distribución normal se ajustó a los datos para observar su alineación con la tendencia central de la precipitación máxima anual. Sin embargo, el histograma y el Q-Q plot mostraron que los datos presentan una asimetría y valores extremos que no son capturados adecuadamente por la simetría de la distribución normal, lo cual fue corroborado por la prueba de Shapiro-Wilk ($p\text{-valor} = 0.02235$, menor a 0.05), indicando que los datos no siguen una distribución normal.

Distribución Log-normal: Se evaluó la distribución log-normal aplicando una transformación logarítmica a los datos. La curva log-normal mostró un mejor ajuste visual en el histograma, capturando la asimetría hacia valores altos de precipitación. El gráfico de la función de distribución acumulada (CDF) de la log-normal también presentó un buen ajuste a los datos empíricos, reflejando la tendencia de eventos extremos en el extremo superior de los datos.

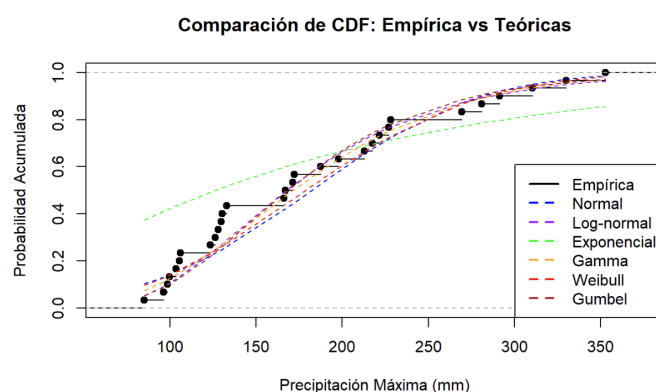
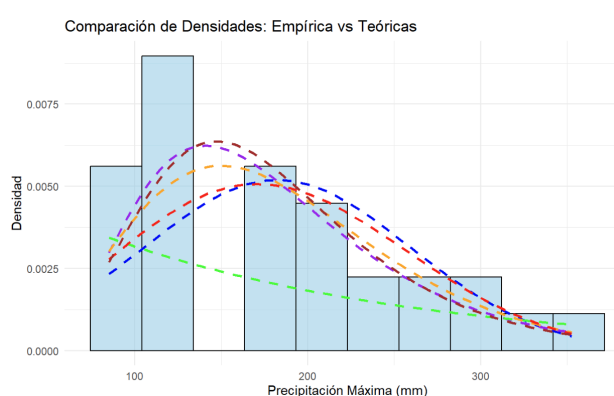
Distribución Exponencial: Aunque la distribución exponencial puede representar la cola larga de eventos de precipitación extrema, mostró una desviación considerable en los valores bajos y altos de precipitación en comparación con los datos empíricos. La prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) arrojó un $p\text{-valor}$ de 0.0002474 (mucho menor a 0.05), indicando que los datos de precipitación no se ajustan adecuadamente a una distribución exponencial.

Distribución Gamma: La distribución Gamma se ajustó a los datos mediante el método de momentos. En el histograma, esta distribución mostró un ajuste razonable en los valores bajos y medios de precipitación, capturando de forma aceptable la dispersión y asimetría de

los datos. La CDF empírica frente a la teórica mostró una coincidencia cercana, lo que respalda la viabilidad de la distribución Gamma para modelar estos datos.

Distribución Weibull: La distribución Weibull, conocida por su flexibilidad en datos asimétricos, se ajustó a los datos de precipitación máxima mensual y presentó una coincidencia razonable en el histograma, especialmente en los rangos bajos y medios de precipitación. La prueba de KS arrojó un p-valor de 0.3909, lo cual sugiere que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen esta distribución.

Distribución Gumbel: La distribución Gumbel, ampliamente utilizada en la modelación de eventos extremos, mostró el mejor ajuste a los datos en términos de proximidad visual en el histograma y la CDF, así como en la prueba de KS (p-valor = 0.4144). Los valores de probabilidad de excedencia obtenidos con la Gumbel reflejaron adecuadamente la frecuencia de eventos extremos, lo cual respalda su idoneidad para modelar precipitaciones máximas en el contexto de este análisis.



Cálculo del Periodo de Retorno y Probabilidad de Excedencia

Para determinar la precipitación de diseño, se seleccionó un periodo de retorno de 50 años. La probabilidad de excedencia asociada se calculó como $P(X > x) = 1 - (1/T)$, resultando en un valor de 0.02. Usando la distribución Gumbel y los parámetros estimados, se calculó una precipitación de diseño de 372.64 mm para este periodo de retorno, lo cual permite estimar la magnitud de un evento extremo con una probabilidad baja de ocurrencia anual, esencial para la planificación de infraestructuras resistentes.

Respuesta a las preguntas e Interpretación de Resultados

Distribución óptima

La distribución que mejor ajusta los datos de precipitaciones máximas en Nuevo León es la distribución Gumbel. Esto se determinó a partir de la comparación de gráficos y pruebas de ajuste. La curva de Gumbel sigue de cerca el comportamiento observado en el histograma de precipitaciones y presenta un valor de p mayor a 0.05 en la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS), lo cual indica un buen ajuste para modelar estos eventos extremos.

Periodo de retorno y cálculo de precipitación de diseño

Para calcular la precipitación de diseño en función del periodo de retorno, se seleccionó un retorno de 50 años, con una probabilidad de excedencia de 0.02. Utilizando la distribución Gumbel, se estimó que la precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años es de aproximadamente 372.64 mm, lo cual es representativo de un evento de alta magnitud que se espera una vez cada medio siglo.

Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Excedencia	Precipitación Máxima Estimada (mm)
50	0.02	372.64

Interpretación de los gráficos

Histograma y Boxplot: El histograma de las precipitaciones muestra una alta concentración de valores en rangos bajos de precipitación, con algunos valores extremos que generan asimetría. El boxplot refuerza esta interpretación, destacando la presencia de valores atípicos asociados con eventos de precipitación extrema.

Q-Q plot: El gráfico Q-Q compara los cuantiles de los datos con los de una distribución normal. La desviación de los puntos de la línea de referencia indica que los datos no siguen una distribución normal, especialmente en las colas, sugiriendo que una distribución con mejor manejo de los valores extremos, como Gumbel, es más adecuada.

Gráfico de probabilidad de excedencia: Este gráfico demuestra cómo la distribución Gumbel sigue de cerca la probabilidad empírica de excedencia, confirmando su idoneidad para modelar precipitaciones extremas en este contexto.

Discusiones y Conclusiones

Este análisis confirma que la distribución Gumbel es la opción más adecuada para modelar eventos extremos de precipitación en Nuevo León. La capacidad de esta distribución para capturar tanto la asimetría como los valores extremos garantiza estimaciones precisas, lo cual es fundamental en el diseño de infraestructuras hidráulicas. La estimación de la precipitación de diseño para periodos de retorno prolongados permite a los ingenieros diseñar estructuras seguras, capaces de resistir eventos climáticos raros pero de alto impacto, equilibrando los costos y los riesgos en función de la magnitud esperada de los eventos de precipitación.

El uso de distribuciones adecuadas permite a los planificadores de infraestructuras anticiparse a futuros escenarios climáticos extremos, mejorando la resiliencia y optimización de los recursos empleados en la construcción de estas obras. Este enfoque es esencial en un contexto de cambio climático, donde la frecuencia e intensidad de los eventos extremos tiende a aumentar, poniendo en riesgo infraestructuras críticas.

Referencias

United States Water Resources Council. (1981). Guidelines for determining flood flow frequency (Bulletin No. 17B, pp. 15-19).

Servicio Meteorológico Nacional. (n.d.). Inicio. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/>

San Diego State University. (n.d.). Periodos de retorno CNA. Programa de Oportunidad Nacional (PON). Recuperado de https://pon.sdsu.edu/periodos_de_retorno_cna.html