

Cálculo de periodos de retorno de crecidas máximas en ríos de Panamá y su aplicación con la herramienta ArcGIS

Vega, Sherlenys

Universidad Tecnológica de Panamá
Panamá, Panamá
sherlenys.vega@utp.ac.pa
<https://orcid.org/0009-0000-6004-4759>

Esquivel, Alexander

Universidad Tecnológica de Panamá
Panamá, Panamá
alexander.esquivel@utp.ac.pa

Abstract

This study presents the analysis of maximum flood return periods in Panama's rivers, applied using ArcGIS tools. The objective was to estimate design flows through the use of statistical methods such as Weibull, Weibull-Gumbel, Log-Normal, and Log-Pearson Type III. Historical hydrological data from 39 stations were analyzed, focusing on the Santa María River – Santa Fe station to determine return periods and flow behavior under extreme hydrological conditions. Results show that theoretical models effectively estimate flood risks and support decision-making in hydrological management. The integration of ArcGIS allowed spatial representation of the analyzed data, enhancing visualization and interpretation for water resource planning.

Keywords: return period, hydrology, ArcGIS, maximum instantaneous flow rate, flood análisis.

Resumen

El presente estudio analiza los periodos de retorno de crecidas máximas en ríos de Panamá, aplicando herramientas de ArcGIS. El objetivo fue estimar caudales de diseño mediante métodos estadísticos como Weibull, Weibull-Gumbel, Log-Normal y Log-Pearson Tipo III. Se emplearon datos históricos de 39 estaciones hidrológicas, enfocándose en la estación Río Santa María – Santa Fe para determinar los periodos de retorno y el comportamiento del caudal bajo condiciones hidrológicas extremas. Los resultados demuestran que los modelos teóricos permiten estimar de manera confiable los riesgos de crecida y contribuyen a la

gestión hidrológica. La integración de ArcGIS permitió representar espacialmente los datos analizados, mejorando la interpretación para la planificación de los recursos hídricos.

Palabras claves: periodo de retorno, hidrología, ArcGIS, caudal máximo instantaneo, crecidas.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de periodos de retorno es una herramienta esencial en hidrología aplicada, ya que permite estimar la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos como inundaciones. En Panamá, donde la red hidrográfica es diversa y las lluvias intensas son frecuentes, el estudio de crecidas máximas resulta vital para el diseño de infraestructuras hidráulicas y la gestión del riesgo. Este trabajo se desarrolló en el Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA), aplicando métodos estadísticos y herramientas geoespaciales de ArcGIS para analizar los caudales máximos registrados en diferentes ríos del país.

Cuando hablamos de un periodo de retorno, nos referimos al tiempo promedio que pasa entre dos eventos extremos de la igual magnitud. Por ejemplo, un evento con periodo de retorno de 100 años tiene una probabilidad del 1% de ocurrir en cualquier año, mientras que un evento de 25 años tiene una probabilidad del 4% anual[1].

Se seleccionaron 39 estaciones hidrológicas con un mínimo de 30 años de registros históricos. Para el cálculo de los caudales máximos y sus periodos de retorno se aplicaron los métodos Weibull, Weibull-Gumbel, Log-Normal y Log-Pearson Tipo III. Estos métodos permiten estimar la probabilidad de ocurrencia de caudales extremos y generar curvas de frecuencia. La información fue procesada en hojas de cálculo y posteriormente integrada en ArcGIS para la representación espacial de los resultados. Para este resumen, los resultados se presentan únicamente para la estación Río Santa María – Santa Fe.

2. MÉTODO

A. Weibull

El método de Weibull, un método teórico muy utilizado en hidrología para estimar la probabilidad de ocurrencia de crecidas máximas. Este método se basa en ordenar los datos históricos de caudales y asignarles una probabilidad de excedencia, lo que permite calcular el periodo de retorno de un evento extremo[2]. En esta investigación, el método de Weibull se utilizó como punto de partida y como referencia teórica, para luego compararlo con

otros tres métodos estadísticos más complejos.

B. Weibull – Gumbel

Consiste en aplicar la fórmula de Weibull para organizar los datos y asignar probabilidades, y luego ajustar esos resultados a la distribución Gumbel, que es una distribución matemática especializada en modelar fenómenos extremos, como lluvias intensas o crecidas máximas[3]. Es muy útil en proyectos de diseño hidráulico, represas, puentes, canales, etc.

C. Log Normal

Para que el método Log Normal sea confiable en hidrología, es importante contar con un número adecuado de datos. Generalmente, se recomienda tener al menos 20 a 30 años de datos de caudales máximos anuales para realizar una estimación confiable. Esto se debe a que un tamaño de muestra más grande permite una mejor representación de la variabilidad y las características de la distribución de los datos, lo cual es crucial para obtener estimaciones precisas de los caudales máximos con diferentes periodos de retorno[4].

D. Log Pearson Tipo III

Para que el método sea fiable, se recomienda tener al menos 10 años de datos de caudales anuales máximos. Sin embargo, la fiabilidad aumenta con la cantidad de datos disponibles. Idealmente, se deberían tener más de 20 años de datos para obtener estimaciones más precisas y reducir la incertidumbre [5].

3. RESULTADOS

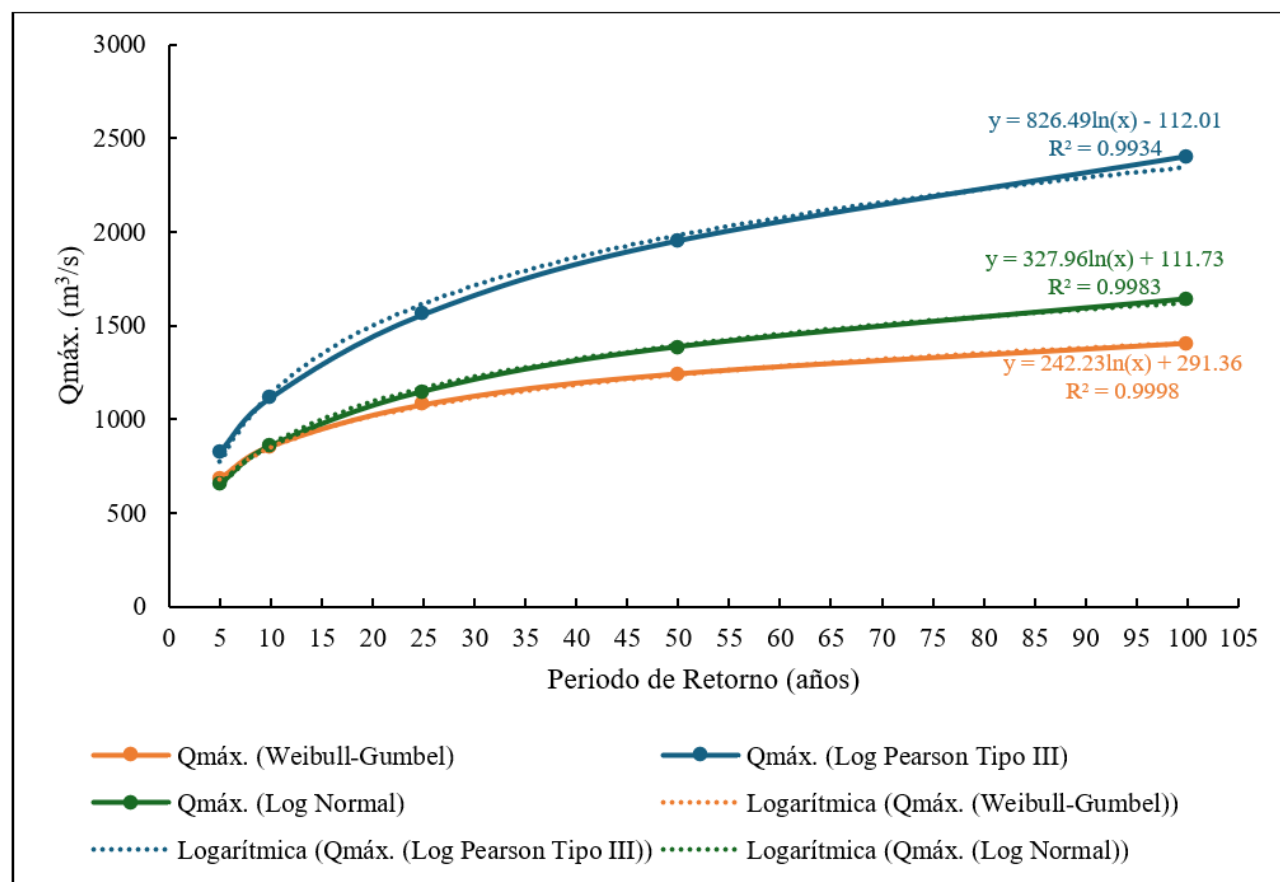
A. Periodos de Retorno de Crecidas Máximas

A partir del procesamiento estadístico de los registros hidrológicos disponibles para las estaciones, se aplicaron los cuatro modelos para estimar caudales máximos correspondientes a diferentes períodos de retorno (5, 10, 25, 50 y 100 años). Los valores estimados fueron comparados con los registros observados y se evaluaron mediante indicadores de ajuste, permitiendo determinar cuál modelo presenta mayor precisión en la estimación de eventos extremos.

Ejemplo en la estación Río Santa María - Santa Fe, se observaron diferencias significativas entre los métodos. En cuanto a la Precisión de los métodos: se evaluó el Error Cuadrático Medio (MSE) donde el modelo Weibull-Gumbel mostró el menor error, indicando mayor precisión en la estimación de caudales extremos.

Tabla 1. Período de Retorno de Caudales Máximos de la Estación 132-01-01 Río Santa María – Santa Fe.

Tr (años)	5	10	25	50	100
P (Probabilidad)	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01
Q _{máx.} (m ³ /s) (Weibull - Gumbel)	676,63	852,56	1074,84	1239,75	1403,44
Q _{máx.} (m ³ /s) (Log Pearson Tipo III)	822,41	1113,50	1559,24	1952,85	2404,22
Q _{máx.} (m ³ /s) (Log Normal)	655,29	859,95	1149,29	1385,83	1640,15



Gráfica 1. Período de Retorno de Caudales Máximos, Estación 132-01-01, Río Santa María - Santa Fe.

4. CONCLUSIONES

El estudio demuestra que la aplicación de métodos estadísticos como Weibull, Gumbel, Log-Normal y Log-Pearson Tipo III es efectiva para estimar los caudales de diseño en los ríos de Panamá. En particular, los resultados de la estación Río Santa María – Santa Fe reflejan un comportamiento hidrológico estable y predecible, validando la utilidad de estos modelos. El modelo combinado Weibull-Gumbel presentó la mayor repetición como el método más

preciso en el análisis de frecuencia de crecidas máximas en múltiples estaciones hidrológicas. Esto se debe a que su estructura híbrida permite aprovechar simultáneamente la frecuencia empírica de la distribución de Weibull y la capacidad de ajuste teórico del modelo de Gumbel. Weibull organiza los datos observados sin suponer una distribución específica, mientras que Gumbel proyecta eventos extremos no registrados mediante extrapolación matemática. Esta combinación mejora la robustez del ajuste en series sesgadas y con alta variabilidad, que son características comunes en las series hidrometeorológicas de Panamá.

Referencias

- [1] CivilGeeks, “¿Qué es el periodo de Retorno?” Consultado: el 9 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://civilgeeks.com/2023/10/23/que-es-el-periodo-de-retorno/>
- [2] Y. Ramírez Abundis, “Distribuciones exponenciadas (Weibull y Gumbel) en procesos estacionarios para mínimos”, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2020. Consultado: el 9 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000802926>
- [3] Jorge E. González Marín, Hidrología Superficial, 3a ed. Colombia, 2007.
- [4] B. P. Sangal y Asit K. Biswas, “Water resources research”, 1970.
- [5] V. P. Singh, “Log-Pearson Type III Distribution”, en Entropy-Based Parameter Estimation in Hydrology, vol. 30, 1998, pp. 252–274. doi: 10.1007/978-94-017-1431-0_15.

Autorización y Licencia CC

Los autores autorizan a APANAC XVIII a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XVIII ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.