

Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas diarias en el departamento de Nariño

Nathalia Carolina Eraso Reuter

Catalina Gilon Leitón

Stalin Mateo Pabón Mena

Estudiantes de Ingeniería Ambiental
Universidad Mariana

Francisco Mafla Chamorro

Profesor de Ingeniería Ambiental
Universidad Mariana

En el departamento de Nariño, las fluctuaciones climáticas tienen un impacto considerable en las precipitaciones diarias, causando eventos adversos como inundaciones y deslizamientos que afectan tanto a la población como a la economía local. La frecuencia e intensidad de estas precipitaciones extremas han aumentado notablemente, debido a la variabilidad climática, lo que representa un desafío significativo para la gestión del agua y la planificación de infraestructuras adecuadas en la región.

El análisis de la frecuencia de las precipitaciones máximas diarias emerge como una herramienta crucial para entender y anticipar estos fenómenos extremos. Este análisis no solo permite predecir eventos extremos con mayor precisión, sino que facilita la creación de modelos predictivos que son fundamentales para mejorar la respuesta ante emergencias y, fortalecer la planificación urbana y rural de manera sostenible.

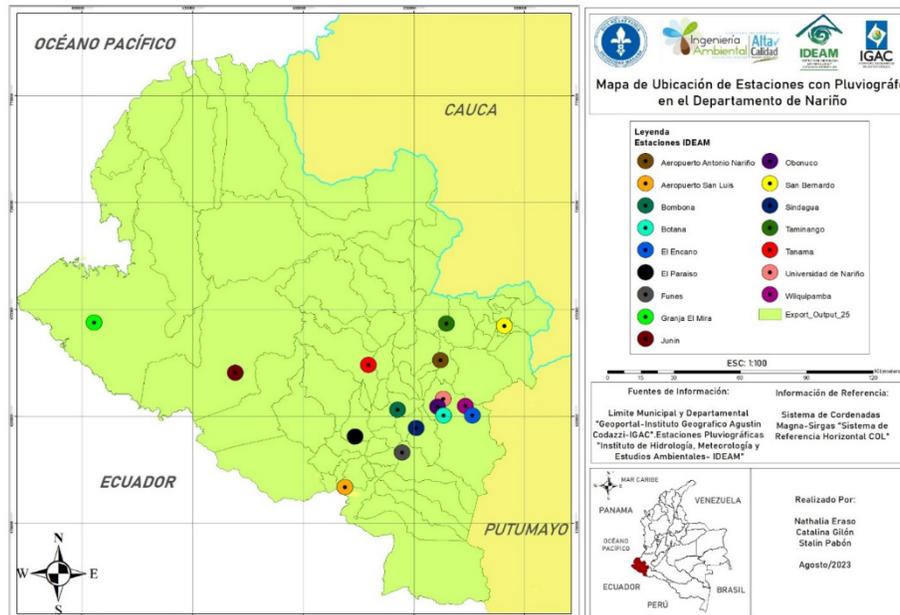
En este contexto se plantea como pregunta fundamental: ¿Cuál es la distribución de probabilidad más adecuada para modelar las precipitaciones máximas diarias en Nariño? La hipótesis de trabajo sugiere que la distribución de Gumbel ofrece un ajuste efectivo para este propósito; esta es reconocida por su capacidad para modelar eventos extremos gracias a su cola de distribución que permite capturar valores máximos con mayor precisión.

El objetivo general de esta investigación es seleccionar el modelo de frecuencia que mejor se adapte a las precipitaciones máximas diarias en el departamento de Nariño. Para alcanzarlo, se planteó unos objetivos específicos que incluyen la identificación del porcentaje de datos faltantes en las series de precipitaciones máximas por año, el análisis estadístico de estas series y, la comparación de diferentes modelos de frecuencia de lluvias máximas.

Durante el estudio se llevó a cabo un exhaustivo análisis de las estaciones pluviográficas disponibles en la región, evaluando la calidad y consistencia de los datos recopilados a lo largo de los años. En primer lugar, se identificó el porcentaje de datos faltantes por año para cada serie de precipitaciones máximas. En la Figura 1 se puede observar las 15 estaciones con registros pluviográficos desde el año más antiguo disponible. Posteriormente, se realizó un preprocesamiento para calcular el número de datos registrados en comparación con el número esperado de datos (365 días o 366 días en años bisiestos). Para este estudio se seleccionó trabajar con un margen de datos faltantes inferior al 15 %, siguiendo recomendaciones de autores como Cartaya et al. (2016) y, Luna y Domínguez (2013).

Figura 1

Mapa de ubicación de estaciones pluviográficas en el departamento de Nariño



Para proceder con el análisis de frecuencia, se realiza un análisis de estadística hidrológica según Ganancias-Martínez (2010, como se cita en Lazarte et al., s.f.), bajo dos pruebas fundamentales: la prueba de independencia y la prueba de homogeneidad. La primera verifica si la ocurrencia de valores no depende de la ocurrencia de otros, mientras que la segunda determina si los datos provienen de una misma población. Estas fueron complementadas con un análisis de Outliers, que identifica los datos que se desvían significativamente de la tendencia y, proporciona validez para iniciar el análisis de frecuencias.

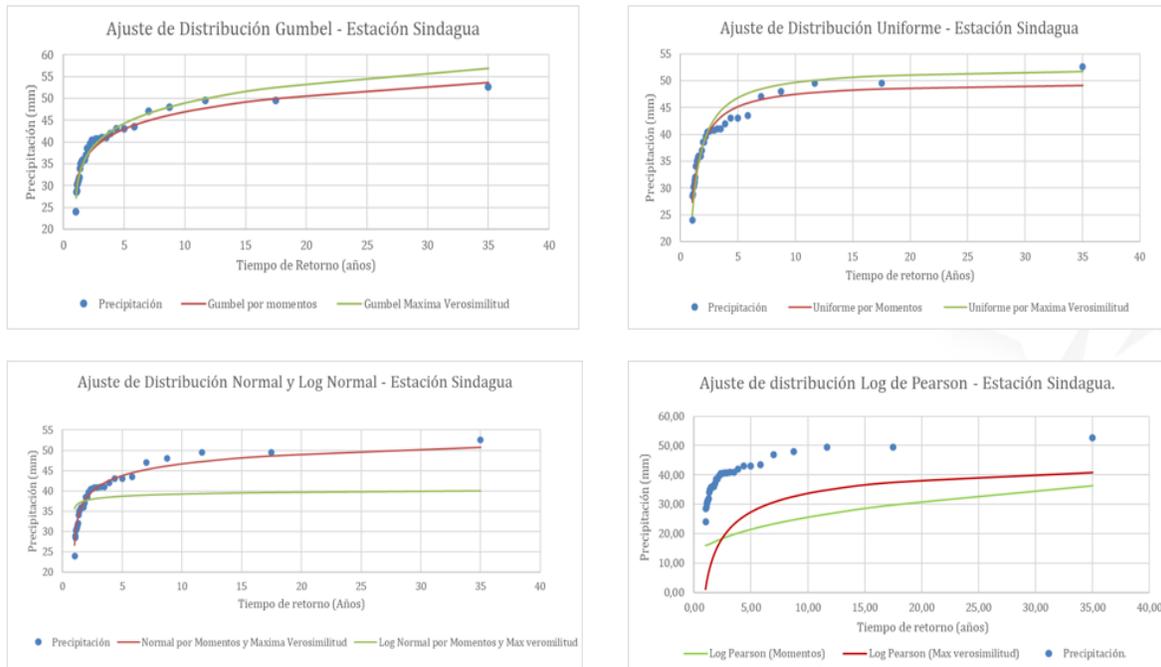
En la prueba de Outliers se detectó datos atípicos máximos en las estaciones El Paraíso y Obonuco y, datos atípicos mínimos en las estaciones Junín, Granja El Mira y Aeropuerto Antonio Nariño. Respecto a la prueba de independencia, evaluada mediante la prueba de Anderson, se concluyó que todas las estaciones son independientes. Por otro lado, para la prueba de homogeneidad se hizo tres pruebas: el test de Helmert, la prueba T de Student y el test de Cramer. Se optó por el test de Cramer para validar los resultados, dado su alto grado de confiabilidad entre las pruebas de homogeneidad. Este análisis reveló que, aunque algunas estaciones mostraron datos atípicos, la mayoría cumplía con los criterios aceptables de homogeneidad e independencia según las pruebas estadísticas aplicadas.

El paso siguiente implicó la selección y aplicación de métodos estadísticos para determinar la distribución de probabilidad más adecuada. Entre los modelos evaluados, según lo recomendado en la tesis de Ganancias-Martínez (2010, como se cita en Lazarte et al., s.f.) se encuentra la distribución Gumbel, uniforme, normal, log-normal de dos parámetros y log-Pearson de dos parámetros, tras comparar estos modelos utilizando técnicas como el método de momentos y máxima verosimilitud.

Al aplicar los métodos en comparación a los valores reales, se apreció que la distribución de Gumbel, especialmente ajustada por momentos, demostró ser la que mejor se ajusta a los datos reales de precipitaciones máximas diarias en el departamento Nariño.

Figura 2

Distribución de los métodos de probabilidad para la estación de Sindagua



Los resultados obtenidos no solo validan la elección de la distribución de Gumbel como la más adecuada para modelar las precipitaciones extremas en la región, sino que también destacan la importancia de utilizar el método gráfico y de error estándar de ajuste para confirmar esta elección. Este enfoque metodológico riguroso asegura que los modelos seleccionados no solo sean teóricamente sólidos, sino que estén respaldados por una buena correspondencia con los datos empíricos observados.

En términos de aplicabilidad práctica, la adopción de la distribución de Gumbel para la modelización de las precipitaciones máximas diarias en Nariño ofrece diversas ventajas. Su capacidad para capturar eventos extremos es crucial para la gestión del riesgo y la planificación de infraestructuras resilientes frente a condiciones climáticas cada vez más volátiles. Además, este enfoque permite desarrollar modelos predictivos más precisos que pueden ser utilizados por autoridades locales y regionales para mejorar la preparación y respuesta ante desastres naturales.

En conclusión, la investigación realizada subraya la importancia de la ciencia de datos hidrológicos y la estadística aplicada en la gestión del agua y la mitigación de riesgos climáticos en Nariño. La elección de la distribución de Gumbel como modelo preferido para las precipitaciones máximas diarias se sustenta en un análisis

exhaustivo y riguroso, garantizando así un enfoque científico robusto para abordar los desafíos climáticos actuales y futuros en la región. Este estudio sienta las bases para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas orientadas a la adaptación climática y el desarrollo sostenible en contextos similares.

Referencias

Cartaya, S., Zurita, S. y Montalvo, V. (2016). Métodos de ajuste y homogenización de datos climáticos para determinar índice de humedad de Lang en la provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica* (16), 94-106. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.voi16.540

Lazarte, R. R., Paz, H. R., Bazzano, F., Nanni, F., Aguirre, H. D., Iturre, M. N., Goñi, M. y Forciniti, F. (s.f.). Regionalización de extremos de precipitación diaria en llanura y piedemonte de la provincia de Tucumán. *IV Taller de Regionalización de precipitaciones máximas*. <https://www.facet.unt.edu.ar/lch/wp-content/uploads/sites/39/2016/05/Pag.203-276.-IV-Taller-sobre-Regionalizaci%C3%B3n-de-Precipitaciones-M%C3%A1ximas-2014.pdf>

Luna, J. A. y Domínguez, R. (2013). Un método para el análisis de frecuencia regional de lluvias máximas diarias: aplicación en los Andes bolivianos. *Ingeniare, Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 111-124. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052013000100010>