

# Automatización de la estimación del tiempo de concentración en inundaciones para la reducción del riesgo de desastres

**Keywords:** tiempo de retardo, tiempo de concentración, hidrología urbana, inteligencia artificial

## Abstract

La estimación de eventos de inundación de diseño es necesario para el planeamiento, operación y diseño de estructuras hidráulicas que mitiguen el impacto de estos eventos hidrológicos extremos. En ese sentido, conocer el tiempo de respuesta de las cuencas, es indispensable para estimar la distribución temporal en el hidrograma del evento de inundación en el diseño de la estructura hidráulica. Sin embargo, este análisis hidrológico requiere de información de alta resolución temporal de precipitación-escorrentía en las cuencas de estudio, requerimientos que son escasos en muchas cuencas urbanas de Sudamérica.

Generalmente, el tiempo de respuesta de las cuencas se puede representar mediante el tiempo de concentración ( $T_c$ ) y el tiempo de retardo ( $T_l$ ), ambos métodos relacionan los parámetros morfológicos de la cuenca con la distribución temporal del hidrograma mediante ecuaciones empíricas. En este caso, el package `HydroUrban` brinda diversas funciones como `TIMELAG` para la estimación del  $T_l$  y  $T_c$ , a partir de diversas ecuaciones empíricas que requieren de parámetros morfológicos de la cuenca, como el área, perímetro, desnivel altitudinal, pendiente media y la pendiente de la red principal de drenaje. Por otro lado, para reducir la incertidumbre en la estimación del  $T_c$ , debido a que se asumen los parámetros hidrológicos de cuencas estandarizadas, el uso de las redes neuronales artificiales (ANN) ha sido empleado en las cuencas urbanas, demostrando un buen desempeño.

En este estudio se presenta la función `GXXMH`, el cual provee herramientas para el desarrollo de un modelo semi virtual de cuenca, fundamentado en el método racional de precipitación-escorrentía. `GXXMH` provee un conjunto de herramientas para la estimación del hidrograma de salida a partir de operaciones matriciales entre una serie de precipitación de entrada y parámetros hidrológicos como el  $T_c$  y coeficientes de escorrentía ( $C$ ). Estos parámetros son obtenidos a partir del entrenamiento de una ANN a partir de una muestra de precipitación-escorrentía de un evento de inundación, relacionados mediante el enfoque de la onda cinemática.

Los resultados de `GXXMH` muestran automáticamente los siguientes gráficos. i) Evaluación del desempeño de la ANN mediante la relación del parámetro estadístico RMSE y el  $T_c$ , y ii) el hidrograma de la escorrentía simulada con el  $T_c$  y  $C$  de mejor desempeño. Además, estos resultados se exportan en archivos tabulares para una inspección con mayor detalle del hidrograma de diseño.

Este package se encuentra disponible públicamente en el repositorio de Github, para poder ser usado en el entorno de R sin necesidad de la instalación de otros packages dependientes. `HydroUrban` ya ha sido empleado en el análisis hidrológico de diversos proyectos académicos y de ingeniería aplicada relacionada a la hidrología urbana, en subcuencas de la zona árida de la costa sur del Pacífico, que frecuentemente se ven afectadas por el impacto de eventos extremos como el ENSO.