

**SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**  
**XXV CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**ESTIMACIÓN DE CRECIDAS PLUVIALES EN CUENCAS DEL NORTE  
GRANDE DE CHILE**

**ANDRÉS BURBOA<sup>1</sup>**  
**CONSTANZA MENDOZA<sup>2</sup>**  
**ALEJANDRO PRIETO<sup>3</sup>**  
**NICOLÁS CORTÉS<sup>4</sup>**

**RESUMEN**

Se presenta un método simplificado para la estimación de crecidas pluviales en cuencas ubicadas entre las Regiones de Tarapacá y Antofagasta. El método permite calcular caudales máximos instantáneos para periodos de retorno de 2 a 200 años y es válido para cuencas cuya superficie varía entre los 100 y 10 000 km<sup>2</sup>. Para su desarrollo, se generó una base de datos de parámetros geomorfológicos pertenecientes a ocho cuencas controladas dentro de la zona de estudio, recopilando además un registro de precipitaciones máximas diarias y caudales máximos instantáneos para el periodo comprendido entre los años 1992 a 2019. La base de datos fue dividida en dos partes, un 75% para calibrar y un 25% para validar el método, obteniendo un coeficiente de determinación de 0.95 durante la calibración y de 0.96 para la validación. Los resultados indican que el método es una buena alternativa para la estimación de crecidas pluviales, ofreciendo una primera aproximación al problema y un valor de referencia para cálculos más sofisticados.

---

<sup>1</sup> Gerente técnico, Baqua Ingeniería

<sup>2</sup> Ingeniera de proyectos, Baqua Ingeniería

<sup>3</sup> Estudiante de ingeniería civil, Universidad de Chile

<sup>4</sup> Ingeniero de proyectos, Baqua Ingeniería

– andres.burboa@baqua.cl

– constanza.mendoza@baqua.cl

– alejandro.prieto@ug.uchile.cl

– nicolas.cortes@baqua.cl

## **1. INTRODUCCIÓN**

El cálculo de crecidas pluviales en el norte de Chile plantea un problema significativo para la hidrología y el diseño ingenieril, ya que esta zona posee una densidad de estaciones fluviométricas menor a la del centro-sur del país y, además, no existen suficientes métodos válidos que permitan la estimación de caudales en cuencas sin control fluviométrico.

En general, la hidrología nacional ha generado distintas relaciones del tipo precipitación-escorrentía que son aplicables a esta clase de situaciones, los que son descritos en la literatura técnica de la disciplina (DGA, 1995; MOP, 2020) y se han transformado en una consulta prácticamente obligatoria para cualquier ingeniero hidráulico.

Entre los métodos más conocidos se destaca el método racional, el método DGA-AC (DGA, 1995) y el método de Verni y King, ya sea en su versión original (Verni & King, 1977) o bien en su versión modificada (DGA, 1995). Sin embargo, la mayoría de estos métodos no son válidos para la zona norte del país, ya que no fueron desarrollados para dicho territorio.

Considerando todo lo anterior, en este trabajo se plantea el desarrollo de un método simplificado para la estimación caudales máximos instantáneos en el norte grande del país (regiones de Tarapacá y Antofagasta), que se basa en el análisis de parámetros geomorfológicos de cuencas y su precipitación máxima diaria.

## **2. ZONA DE ESTUDIO**

Para el desarrollo del método se analizaron cuencas ubicadas entre las Regiones de Tarapacá y Antofagasta. Una parte de las cuencas se encuentran al norte de la Pampa del Tamarugal y al sur de la zona altiplánica del país, en lo que se denominará sector norte de la zona de estudio (Tarapacá), mientras que las demás cuencas se sitúan dentro de la cuenca del Río Loa, en lo que se llamará sector sur de la zona de estudio (Antofagasta).

La zona se caracteriza por un clima desértico, con eventos de precipitación esporádicos que ocurren principalmente en la época estival, en la temporada de precipitaciones conocida comúnmente como invierno altiplánico, resultando en una precipitación anual que, en promedio, no supera los 40 mm. A nivel de media mensual, la humedad relativa fluctúa entre un mínimo de 26% en los meses de junio a agosto y un máximo de 42% en los meses de diciembre a febrero, mientras que la temperatura varía entre un máximo de 20°C en enero y un mínimo de 0°C en julio (Santibáñez Q. et al., 2017).

Los eventos de precipitación predominantes durante el invierno altiplánico son tormentas convectivas, las que se caracterizan por provocar altas tasas de escorrentía y erosión intensa (Cantón et al., 2011). La escorrentía en estos ambientes es de tipo terrestre hortoniano (Lavee et al., 1990), el cual tiende a generarse en áreas con suelos impermeables y precipitaciones intensas.

La Figura 1 presenta la ubicación de las cuencas y los sectores norte y sur.

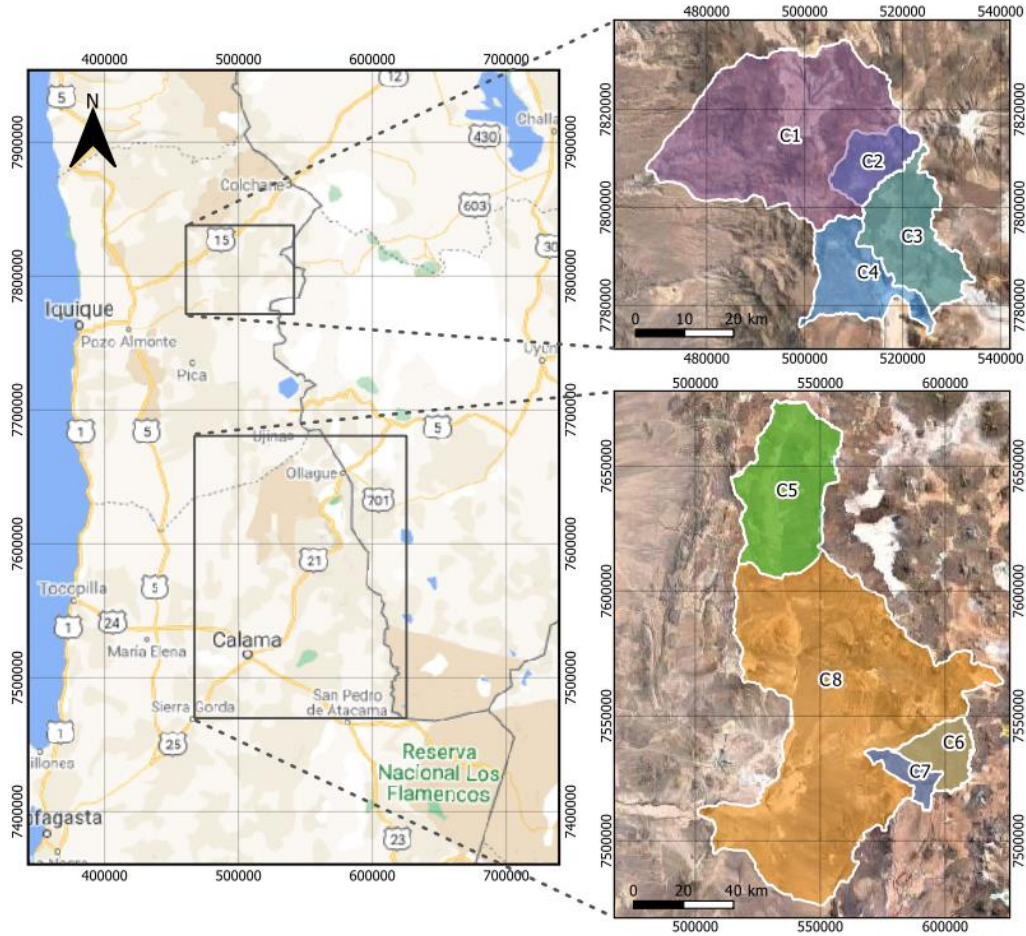


Figura 1. Mapa de ubicación de las cuencas del sector norte (arriba) y sur (abajo), incluyendo un identificador asociado a cada cuenca (Tabla 2).

### 3. DATOS

Se seleccionaron ocho cuencas controladas para la calibración y validación del método. Para ello, se utilizó los datos de caudales instantáneos de nueve estaciones fluviométricas y la información de precipitación diaria de 35 estaciones meteorológicas, todas pertenecientes a la Dirección General de Aguas (DGA).

En general, se consideró como criterio de selección (i) el tamaño del registro histórico y (ii) la cantidad de días con información en cada año. Las estaciones fluviométricas contaron con un mínimo de 26 años de datos y las estaciones meteorológicas contaron con un mínimo de 20 años, con un máximo de 28 años para ambos casos. A su vez, se consideró un mínimo de dos tercios de días con registro para considerar como válido cada año.

Además, en las estaciones meteorológicas se tomó en cuenta otro criterio: que su ubicación permitiera interpolar espacialmente los datos extendiéndose sobre la superficie de las cuencas seleccionadas. La ubicación de las estaciones fluviométricas y meteorológicas se presenta en la Figura 2, incluyendo un identificador alfanumérico para cada una, mientras que en las Tabla 1 y Tabla 2 se detallan los nombres de las estaciones y su identificador respectivo.

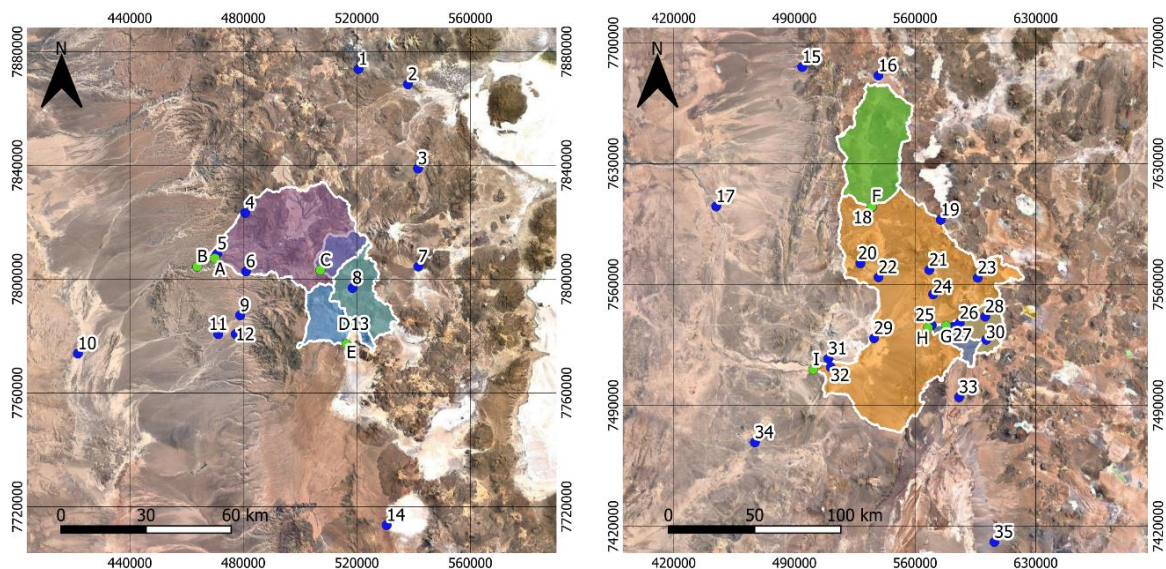


Figura 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas (azul) y fluvimétricas (verde)

Tabla 1. Identificación y nombre de las estaciones meteorológicas

ID	Nombre	ID	Nombre	ID	Nombre
1	Enquelca	13	Coyacagua	25	Ayquina
2	Colchane	14	Coposa	26	Toconce
3	Huaytani	15	Guatacondo	27	Salado Embalse
4	Chuzmiza	16	Ujina	28	Linzor
5	Mocha	17	Quillagua	29	Chiu-Chiu
6	Poroma	18	Lequena	30	Tatio
7	Cancosa	19	Ascotan	31	Calama
8	Lagunillas	20	Conchi Viejo	32	El Loa - Calama
9	Parca	21	Ojos San Pedro	33	Río Grande
10	Huara en Fuerte Baq.	22	Conchi Embalse	34	Sierra Gorda
11	Cerro Colorado	23	Inacaliri	35	Camar
12	Mamiña	24	Cupo		

Tabla 2. Identificación y nombre de las estaciones fluvimétricas

ID	Cuenca	Nombre
A	C1	Río Tarapacá en mina San Juan
B	C1	Q. Tarapacá en Laosana
C	C2	Río Coscaya en Saitoco
D	C3	Río Piga en Collacagua
E	C4	Río Collacagua en Peñablanca
F	C5	Río Loa antes represa Lequena
G	C6	Río Salado A. J. Curti
H	C7	Río Salado en sifon Ayquina
I	C8	Río Loa en Finca

En particular, las estaciones A y B se encuentran a unos pocos kilómetros de distancia y sus periodos de información son complementarios (de 1992 a 2002 para la cuenca A y de 2003 a 2019 para la cuenca B). Siendo así, se consideró a estas dos estaciones como una única serie de datos fluvimétricos para la cuenca C1.

## 4. MÉTODO

### Parámetros geomorfológicos

Las cuencas se delimitan empleando herramientas de Sistema de Información Geográfica (GIS, en inglés). Para ello, se utiliza un Modelo de Elevación Digital (DEM, en inglés) proveniente del producto SRTM (Farr et al., 2007), cuya resolución espacial es de 1 arco-segundo (equivalente a 30 m, aprox.).

Con el DEM se determinan los principales parámetros morfométricos de cada cuenca, tales como su superficie, longitud del cauce principal, cota máxima, cota mínima, diferencia de cotas y pendiente media, entre otros.

### Análisis de frecuencia

En primer lugar, se realiza un análisis de eventos extremos para las series de precipitación y caudal. Las series de máximos se generan siguiendo un enfoque de duración parcial, también llamado de máximos sobre umbral (*peaks over threshold* o POT), registrando todos los máximos de cada estación y seleccionando luego los valores más altos.

En este caso, se seleccionan máximos hasta tener una cantidad igual a la cantidad de años de registro, lo que se conoce como una serie de excedencias anuales (Chow et al., 1988). Al seleccionar las precipitaciones se consideró un criterio de independencia entre tormentas de un día, descartando el segundo mayor evento en días consecutivos y evitando así la mezcla de eventos dependientes entre sí (análogo para los caudales). Se probaron cambios a dicho criterio, aumentando la cantidad de días, pero las diferencias fueron prácticamente nulas debido a la baja pluviosidad de la zona.

A cada una de las series se ajusta las distribuciones de probabilidad Normal, Log-normal, Gamma, Gumbel, Generalizada de Valores Extremos y Generalizada de Pareto. Es importante señalar que, de todas ellas, la Generalizada de Pareto posee una mayor afinidad con el enfoque de duración parcial (Koutsoyiannis, 2004; Stedinger et al., 1993).

Para terminar, se evalúa la bondad de ajuste de cada distribución comparando los estadísticos de Kolmogórov-Smirnov y Cramér-von Mises. Luego, se selecciona la distribución con mejor ajuste y se calcula la precipitación máxima diaria y el caudal máximo instantáneo para periodos de retorno de 2 a 200 años, que son de uso frecuente en diseño de ingeniería.

### Variabilidad geoespacial

En el caso de la precipitación, se interpolan espacialmente los resultados del análisis de frecuencia para ofrecer una mejor representación de su variabilidad. La interpolación se realiza mediante un método de *spline* bilineal, ya que su aplicación es simple y está disponible en herramientas de sistema de información geográfica de libre acceso, facilitando así el uso del método propuesto. De esta forma, se obtiene un archivo ráster para cada periodo de retorno y se calcula con éste la precipitación asociada a las cuencas.

## Fórmula de ajuste

Se propone un ajuste potencial multivariable para la estimación del caudal máximo instantáneo, definido según:

$$Q' = k_0 \cdot X_1^{k_1} \cdot \dots \cdot X_n^{k_n} \cdot \dots \cdot X_N^{k_N} \quad (1)$$

Donde  $Q'$  es el caudal calculado con el método,  $k_0$  es el primer coeficiente de ajuste y  $k_n$  es el coeficiente asociado al parámetro  $X_n$ , con  $n = 1, \dots, N$  parámetros.

El parámetro  $X_1$  corresponde a la precipitación máxima diaria con periodo de retorno  $T$  años y  $X_2$  a  $X_N$  corresponden a los parámetros geomorfológicos de la cuenca. Así, el caudal  $Q'$  es función del periodo de retorno  $T$  a través de su relación con la precipitación máxima diaria.

## Calibración y validación

Se construye una base de datos a partir de la información geomorfológica obtenida, caudales y precipitaciones extremas. La base de datos se divide en dos partes: una para calibrar el método, con un 75% de los periodos de retorno seleccionados de forma aleatoria, y otra para validarlo, con el 25% de datos restante.

En la calibración se obtiene el valor de los coeficientes  $k_n$  para cada parámetro. En este caso se opta por resolver un problema de optimización para obtener dichos coeficientes, eligiendo como función objetivo el coeficiente de Nash–Sutcliffe (Nash & Sutcliffe, 1970):

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{m=1}^M (Q'_m - Q_m)^2}{\sum_{m=1}^M (Q_m - \bar{Q})^2} \quad (2)$$

Donde  $NSE$  es el coeficiente de Nash–Sutcliffe,  $Q'_m$  y  $Q_m$  son los caudales calculados con el método y los obtenidos en la estación fluviométrica, con  $m = 1, \dots, M$  elementos en la primera parte de la base de datos, y  $\bar{Q}$  es el promedio de  $Q$ .

Por otro lado, para la validación se aplicó la ecuación (1) con los parámetros obtenidos en la calibración, calculando medidas como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), además de medidas de error básicas como el error absoluto medio (MAE, en inglés) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE, en inglés), que entregarán una estimación sobre la diferencia entre  $Q$  y  $Q'$  en unidades de caudal.

## Comparación métodos DGA

En las ocho cuencas se aplicó los métodos DGA-AC, Verni & King Modificado y Método Racional, tal como se describen en el Manual de Cálculo de Crecidas de la DGA (1995), con el fin de compararlos con los resultados del método propuesto, a pesar de que se encuentran fuera de su rango de validez debido a la ubicación de las cuencas (fuera de la IIIª a IXª región) y a su superficie (menor a 20 km<sup>2</sup>).

## 5. RESULTADOS

### Parámetros geomorfológicos

Se delimitaron las ocho cuencas hidrográficas a partir de la ubicación de las estaciones pluviométricas y se estimaron sus principales parámetros morfométricos, los cuales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros geomorfológicos de las cuencas

Parámetro	Unidad	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Superficie	km <sup>2</sup>	1329	172	391	678	2057	527	805	10716
Longitud cauce	km	71.4	24.0	34.3	42.4	95.5	40.2	52.8	238.0
Longitud al centroide	km	36.7	13.1	14.6	17.0	41.9	28.1	34.5	107.1
Pendiente media	m/m	0.284	0.211	0.157	0.152	0.144	0.252	0.222	0.137
Cota máxima	msnm	5779	5779	5169	5237	6177	5626	5626	6177
Cota mínima	msnm	2051	3968	3979	3978	3314	3083	2970	2089
Cota media	msnm	3939	4401	4294	4295	4103	4308	4096	3635
Desnivel máximo	m	3728	1810	1190	1259	2863	2543	2656	4088
Desnivel medio	m	1888	433	315	318	789	1225	1126	1546

### Análisis de frecuencia

Se ajustaron las distribuciones antes mencionadas a las series de excedencia de la precipitación máxima diaria y del caudal máximo instantáneo, seleccionando la distribución con mejor ajuste en base a los resultados de los estadísticos de Kolmogórov-Smirnov y Cramér-von Mises.

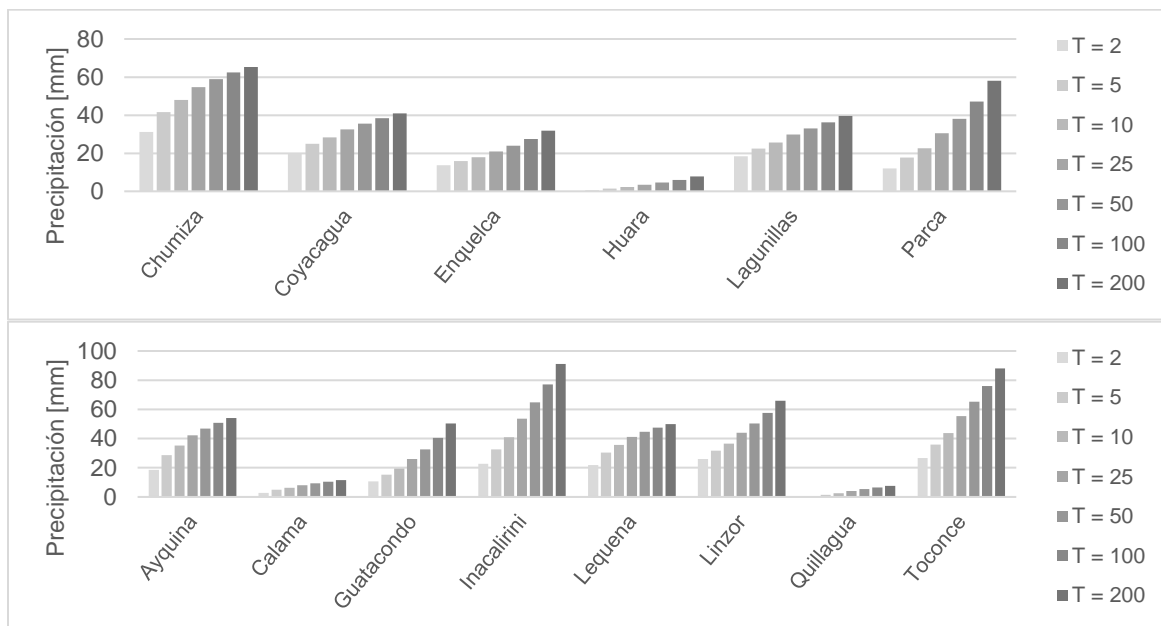


Figura 3. Precipitación máxima diaria para una muestra de las estaciones meteorológicas del sector norte (arriba) y del sector sur (abajo).

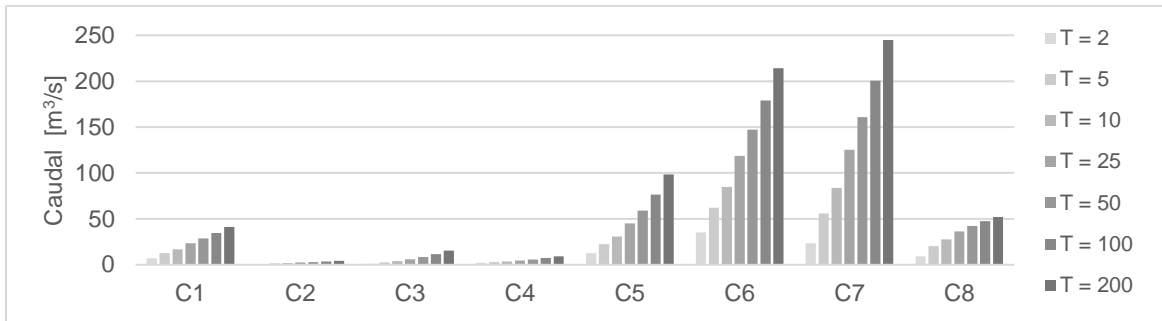


Figura 4. Caudal máximo instantáneo para las estaciones fluviométricas.

Todas las series de precipitación y caudal mostraron una mejor bondad de ajuste para las distribuciones Generalizada de Valores Extremos o la Generalizada de Pareto. En las Figura 3 y Figura 4 se presentan los resultados del análisis:

### Variabilidad geoespacial

Se interpoló la precipitación para los sectores norte y sur, obteniendo un archivo ráster para cada periodo de retorno y calculando con éste la precipitación asociada a las cuencas controladas. La Figura 5 muestra el ráster de precipitación e isoyetas asociadas a un periodo de retorno de 100 años para ambos sectores.

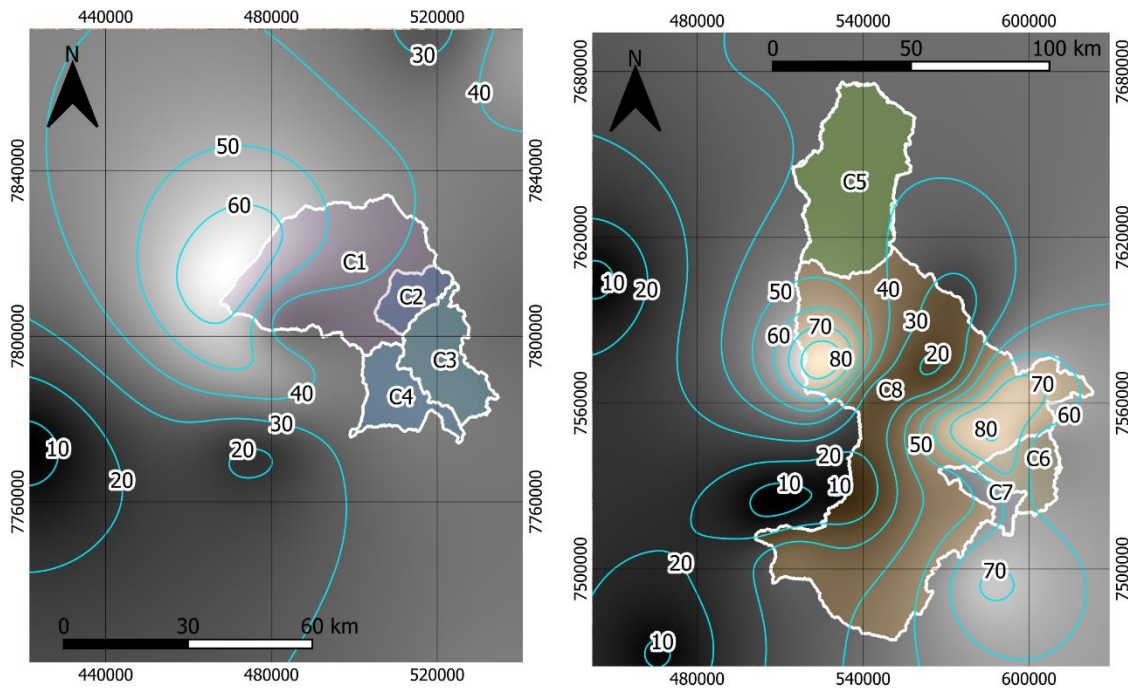


Figura 5. Ráster de precipitación (escala de gris) e isoyetas en mm (celeste) para el sector norte (izquierda) y sur (derecha). Periodo de retorno de 100 años.

Con los ráster de precipitación de cada zona, se estimó la precipitación sobre las cuencas controladas, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 4.



Tabla 4. Precipitación máxima diaria en las cuencas controladas.

T [años]	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2	22.5	20.0	19.0	19.1	18.1	25.1	23.8	16.0
5	29.1	24.8	23.1	23.7	23.7	32.1	31.1	22.1
10	33.4	28.0	26.2	26.9	27.7	37.9	37.0	26.8
25	38.2	32.0	30.3	31.0	33.0	46.5	45.5	33.5
50	41.3	34.7	33.4	34.0	37.2	53.7	52.5	39.0
100	44.0	37.2	36.4	36.8	41.7	61.7	60.1	45.1
200	46.3	39.4	39.5	39.5	46.7	70.4	68.4	52.0

### Calibración y validación

En el proceso de calibración se probaron más de 20 combinaciones distintas de parámetros geomorfológicos para la ecuación (1). Entre todas éstas, se descartaron las que entregaran un menor valor de su función objetivo. Finalmente, la fórmula de ajuste está dada por la siguiente ecuación:

$$Q'(T) = k_0 \cdot P(T)^{k_1} \cdot A^{k_2} \cdot S^{k_3} \quad (3)$$

Donde  $Q'$  es el caudal máximo instantáneo calculado con el método,  $P$  es la precipitación máxima diaria,  $A$  es la superficie de la cuenca y  $S$  la pendiente media de la cuenca. Por otra parte, los coeficientes  $k_n$  calibrados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Coeficientes calibrados para la ecuación (3).

Sector	$k_0$	$k_1$	$k_2$	$k_3$
Norte	0.110	1.802	0.049	1.233
Sur	0.520			

Con estos coeficientes se obtiene un  $NSE$  de 0.947, que es un valor bastante alto para el ajuste del método, además de un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de igual magnitud. Como se observa, los coeficientes que corresponden a exponentes son generales para toda la zona de estudio, mientras que el coeficiente  $k_0$  es distinto para el sector norte y sur.

Por otra parte, para la validación del modelo se alcanza un  $R^2$  de 0.964, un  $MAE$  de 12.90 [m<sup>3</sup>/s] y un  $RMSE$  de 20.88 [m<sup>3</sup>/s]. En la Figura 6 se presenta un gráfico de los caudales para la calibración y validación.

De la ecuación (3) y la Tabla 5 se desprende que la superficie de la cuenca no es tan relevante al momento de explicar los caudales máximos en la zona de estudio, ya que su coeficiente es el menor de todos. Lo mismo se puede inferir de la Figura 4, donde los mayores caudales no están asociados a las cuencas de mayor superficie.

Una causa probable de esta tendencia corresponde a las características de las tormentas que ocurren en la zona, que son eventos convectivos. de gran intensidad y una reducida extensión, por lo tanto, es poco probable que abarquen la superficie completa de una cuenca, en especial para las cuencas de mayor tamaño.

Así, la pendiente de la cuenca describe de mejor forma la magnitud de los caudales, ya que a mayor pendiente se concentra más rápido la escorrentía superficial, y la precipitación sobre la cuenca es el elemento principal para representar los caudales de crecida.

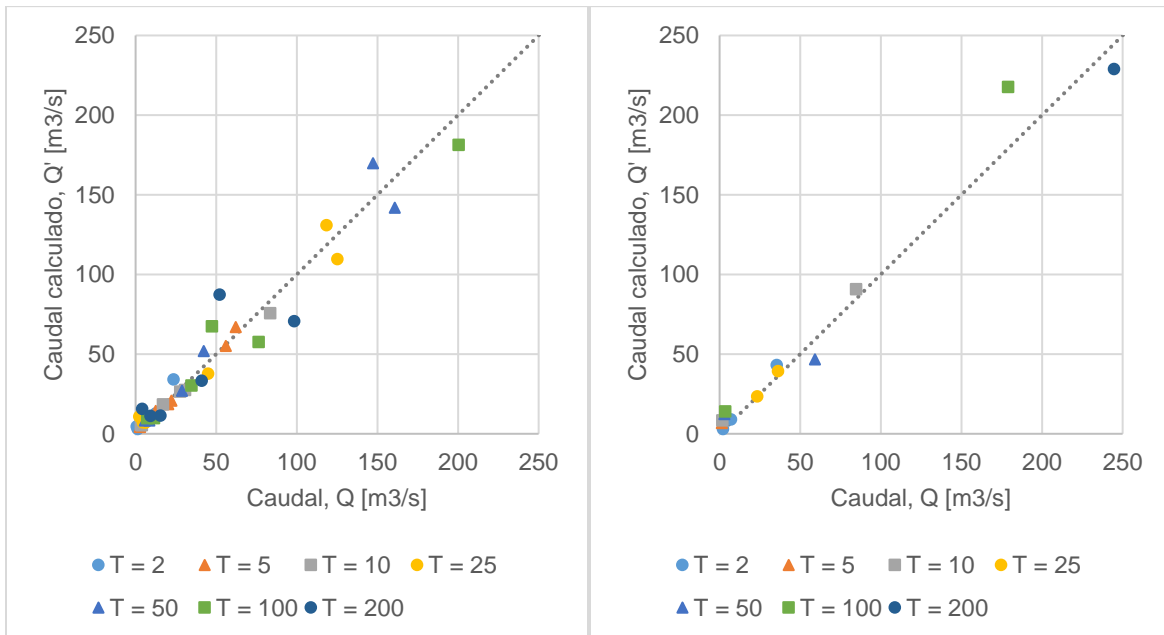


Figura 6. Caudal en las estaciones fluviométricas  $Q$  vs caudal calculado con el método  $Q'$  para los datos de calibración (izquierda) y validación (derecha).

### Comparación métodos DGA

Se calcularon los caudales máximos instantáneos a partir de los métodos, DGA-AC, Verni & King Modificado y Método Racional, obtenidos se muestran en la Figura 7:

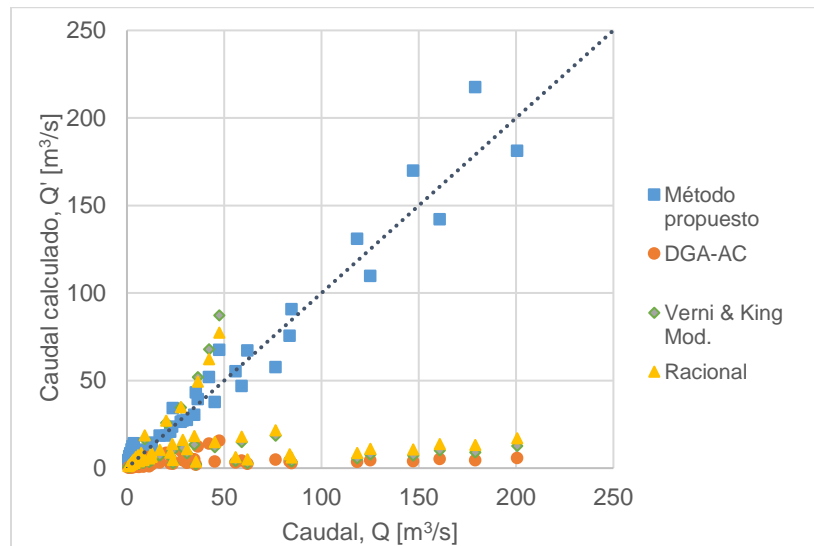


Figura 7. Caudal en estaciones fluviométricas  $Q$  vs caudal calculado  $Q'$  con los métodos del Manual de Cálculo de Crecidas incluyendo además el método propuesto

En general, se consideró los parámetros de la III<sup>a</sup> región para los tres métodos. En el caso del método DGA-AC, se consideró la zona homogénea Ep (cuencas altiplánicas) para las cuencas del sector norte y la zona Gp (río Loa) para las del sector sur.

Se observa que, en términos generales, los métodos propuestos por el manual de cálculo de crecidas subestimarían los caudales máximos instantáneos. En particular, el método racional presenta un mejor desempeño para ciertas cuencas en comparación a los demás.

## **6. CONCLUSIONES**

Se desarrolló un método simplificado para la estimación caudales máximos en el norte grande del país, basado en parámetros geomorfológicos y precipitación máxima diaria, para cuencas cuya superficie se encuentra entre los 100 y 10 000 km<sup>2</sup>

Para la elaboración del método se estudiaron ocho cuencas controladas comprendidas entre las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Se generó una base de datos de precipitaciones máximas diarias y caudales máximos instantáneos, así como de los datos geomorfológicos para las cuencas de interés. La base de datos permitió calibrar y validar el modelo, el cual obtuvo un coeficiente de determinación de 0.95 para el proceso de calibración y de 0.96 para la validación.

En función de los resultados observados, el método se presenta como una buena alternativa para la estimación de caudales máximos en la zona norte del país, donde el número de estaciones fluviométricas es pequeño y los métodos más populares no son válidos. En este sentido, se comparó el método propuesto con los del Manual de Cálculo de Crecidas (DGA, 1995) a pesar de estar fuera de su rango de validez, obteniendo que estos últimos subestimarían los caudales máximos instantáneos en la zona geográfica estudiada.

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el método es un aporte para la construcción de infraestructuras resilientes, promoviendo la industrialización inclusiva, sostenible y fomentando la innovación, ya que permite una mejor comprensión de los riesgos asociados a crecidas para las distintas obras que pueden emplazarse en la zona de estudio.

A futuro debe incorporarse actualizaciones de los registros pluviométricos y fluviométricos de la zona, así como también se debe agregar nuevas estaciones de medición al análisis. Por otra parte, el estudio de la incertidumbre asociada a los datos, método y sus resultados obtenidos agregaría confiabilidad al modelo. Dado los alcances de este estudio, la evaluación de fuentes de error no fue abordada.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a todo el equipo de Baqua Ingeniería por permitir el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Cantón, Y., Solé-Benet, A., de Vente, J., Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Asensio, C., & Puigdefábregas, J. (2011). A review of runoff generation and soil erosion across scales in semiarid south-eastern Spain. *Journal of Arid Environments*, 75(12), 1254–1261. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.03.004>
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- DGA. (1995). *Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica*.
- Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., & Alsdorf, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2005RG000183>
- Koutsoyiannis, D. (2004). Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: I. Theoretical investigation / Statistiques de valeurs extrêmes et estimation de précipitations extrêmes: I. Recherche théorique. *Hydrological Sciences Journal*, 49(4), null-590. <https://doi.org/10.1623/hysj.49.4.575.54430>
- Lavee, H., Yair, A., Wallings, D. E., Yair, A., & Berkowicz, S. (1990). *Spatial variability of overland flow in a small arid basin. January 1990*.
- MOP. (2020). *Manual de Carreteras. Vol. 3*.
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282–290. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)
- Santibáñez Q., F., Santibáñez V., P., Caroca T., C., González M., P., Perry C., P., Gajardo A., N., Sierra G., H., Franchi P., J., Huiza C., F., & Manríquez T., B. (2017). *Atlas agroclimático de Chile*. Universidad de Chile.
- Stedinger, J. R., Vogel, R. M., & Foufoula-Georgiou, E. (1993). Frequency analysis of extreme events. In *Handbook of hydrology*. McGraw-Hill.
- Verni, F., & King, H. (1977). Estimación de crecidas en cuencas no controladas. *Tercer Coloquio Nacional. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica*.