



II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

ANÁLISIS DEL USO DE CURVAS DE DURACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES DISPONIBLES PARA DILUCIÓN EN CUENCAS SIN CONTROL FLUVIOMÉTRICO

IGNACIO FIERRO¹
RAIMUNDO NOVOA¹
NICOLÁS VÁSQUEZ²
XIMENA VARGAS³

RESUMEN EXTENDIDO

Actualmente las descargas de contaminantes a cuerpos de agua se encuentran regulados en el D.S.90/2000, que establece la concentración máxima de distintos contaminantes que se pueden verter en un cuerpo de agua. En el caso de los ríos, la concentración del contaminante a verter (C_i) se puede incrementar respecto al límite máximo permitido (Tl_i) considerando una “tasa de dilución” (d):

$$C_i = Tl_i \cdot (1 + d) \quad (1)$$

Donde d se entiende como la razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor (Q_d) y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos. La norma establece que la estimación de Q_d recae en la Dirección General de Aguas (DGA) que, a través de una minuta, establece el procedimiento para distintos casos: ríos con y sin caudal ecológico y cuencas sin control fluviométrico (DGA, 2004). El análisis de este último caso corresponde a la motivación de este estudio.

El procedimiento vigente para determinar el valor de Q_d en una cuenca sin control fluviométrico considera una curva de duración regional y la medición de caudales en los meses de estiaje para verificar si el valor estimado es apropiado. Según DGA (2004), el valor de Q_d se obtiene como el mínimo del intervalo de confianza para el caudal medio en 30 días consecutivos con una probabilidad de excedencia de 95%, $\min[Q_{30}(95\%)]$, que se calcula según la precipitación media (mm), el área nival (km^2) y factores de frecuencia establecidos para distintas zonas homogéneas.

¹ Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Mail: igna159@gmail.com – novoaraimundo@gmail.com

² Ingeniero Civil, MSc., Universidad de Chile. Mail: nvasquez.plac@gmail.com

³ Profesora Asociada en Universidad de Chile, División Recursos y Medio Ambiente.



Como mejora a la alternativa DGA (1995) se propone (1) un cambio en la selección de cuencas similares, (2) traspaso de información desde cuencas con información, (3) estimación de curvas de duración regionales adimensionales e (4) incorporar la incertidumbre mediante el aprovechamiento de la variabilidad inter-anual de la escorrentía. El contraste (simplificado) entre la metodología DGA y la propuesta en este estudio se muestra en la **Figura 1**.

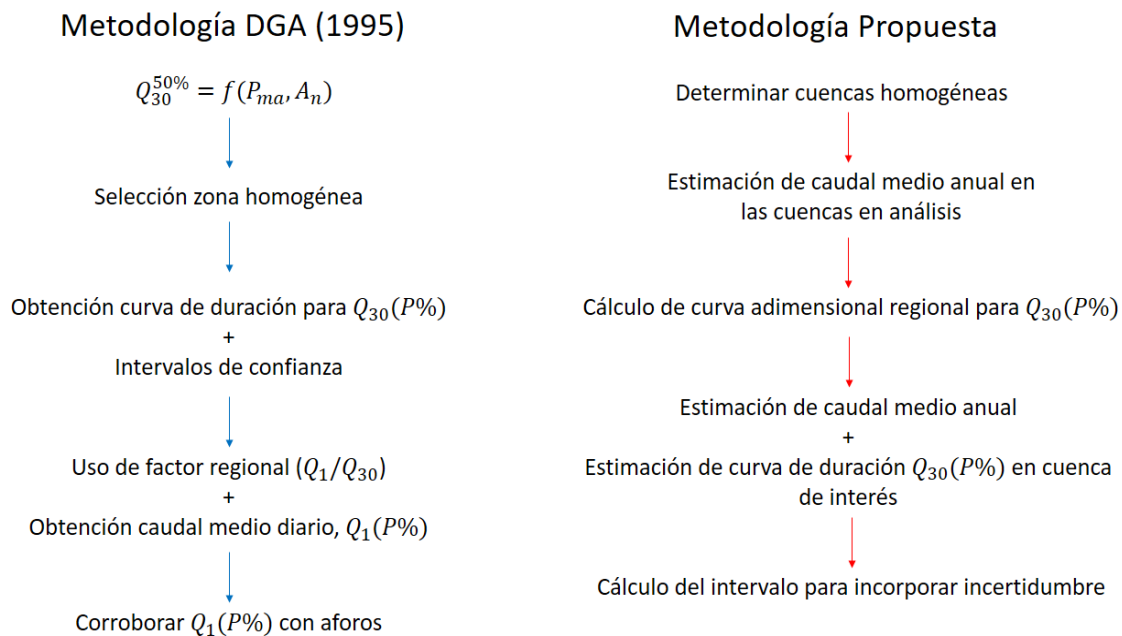


Figura 1: Comparación entre la metodología DGA (1995) y la propuesta. Válido **sólo** para cuencas sin información fluviométrica.

La aplicación de esta metodología se ha realizado en cuencas de los ríos Elqui, Aconcagua, Maipo, Ñuble y Biobío, como se aprecia en la **Figura 2**, panel derecho. El panel izquierdo muestra la estimación del Q_a para dos cuencas. La línea negra representa el valor $Q_{30}(95\%)$ según las observaciones, el área gris los valores observados de $Q_{30}(95\%)$ para distintos años hidrológicos, el punto rojo y los bigotes representan la estimación y la incertidumbre de $Q_{30}(95\%)$ respectivamente, considerando dos estimaciones según DGA y con variaciones para la estimación del caudal medio anual promedio según la propuesta de este trabajo. Con estos resultados se concluye que (1) la metodología DGA subestima fuertemente Q_a , (2) la metodología propuesta es cercana a los valores observados y (3) robustece el concepto de similitud hidrológica e incertidumbre.

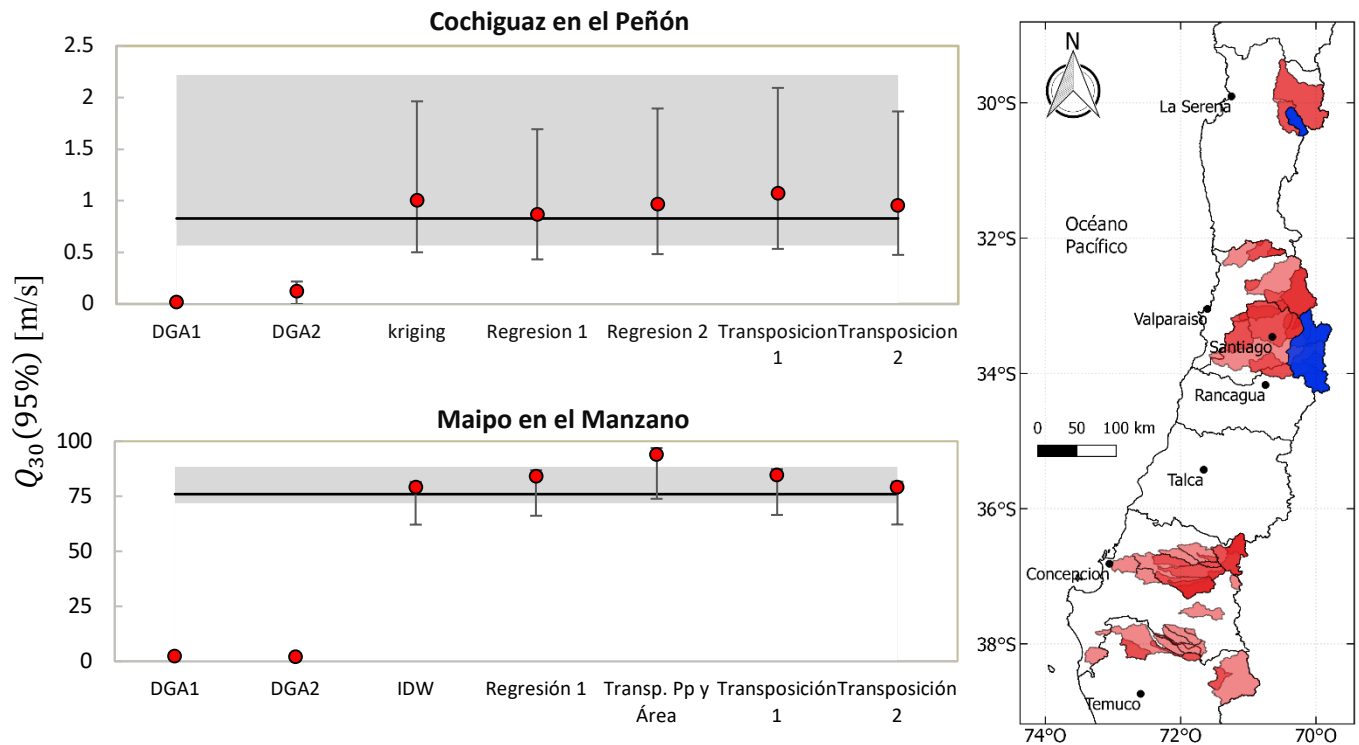


Figura 2: Bloque izquierdo, Caudales de dilución según DGA y métodos propuestos. Área sombreada: valores máximos y mínimos entre años húmedo y seco observados. Línea continua: Valor observado de $Q_{30}(95\%)$. Bigotes: Estimación del intervalo posible según la metodología propuesta. Las distintas columnas de cada gráfico corresponden a distintas metodologías para estimar el caudal medio anual promedio. **Bloque derecho,** en rojo: cuencas consideradas en este estudio. En azul: cuencas graficadas en el panel izquierdo.

Referencias

Ambiente, C. N. (2002). Decreto Supremo N°90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Recuperado el 3 de 10 de 2017. http://www.sinia.cl/1292/articles-29082_Manual90.pdf.

Dunne, T., Blöschl, G., Sivapalan, M., Wagener, T., Viglione, A., & Savenije, H. (2013). *Runoff Prediction in Ungauged Basins*. Cambridge University Press.

Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S. B., Hersbach, H., Hólm, E. V., Isaksen, L., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A. P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N. and Vitart, F. (2011),



- The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 137: 553–597. doi:10.1002/qj.828
- DGA-MOP. (1995). Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica. Departamento de Estudios y Planificación, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile.
- DGA-MOP. (2004). Criterios para la determinación de caudales disponibles para la dilución en cuerpos receptores superficiales. Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, S.D.T. N° 191, Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile.
- Escobar, & Vidal. (1992). Experiencia Sobre la Determinación de la Línea de Nieves en Cuencas de Chile Central. *Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería*, Vol. 7(2).
- Escobar y Vidal, (1992). Experiencia sobre la Determinación de la Línea de Nieves en Cuencas de Chile Central. *Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica*, Vol 7, N°2.
- Fierro, I. (2018). Determinación de zonas homogéneas en la región del Biobío, Chile, para estimar caudales disponibles para dilución en cuencas sin control fluviométrico. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile.
- Novoa, R. (2017). Propuesta de actualización de la determinación de caudales disponibles para dilución en cuencas sin control fluviométrico. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile.
- Mu, Q., Heinsch, F. A., Zhao, M., & Running, S. W., (2007). Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. *Remote Sensing of Environment*, 111(4), 519-536.
- Mu, Q., Zhao, M. and Running, S.W., (2011). Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. *Remote Sensing of Environment*, 115(8), pp.1781-1800.
- Vásquez, N., Vargas X., y Cepeda J. (2017). Análisis del uso de curvas de duración para la determinación de caudales disponibles para dilución en cuencas sin control fluviométrico. XXIII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica.