

Ecuaciones regionales de caudales de Sinaloa, México

Domínguez, R.^{a1}, Arganis, M.^{a2}, Carrizosa, E.^{a3} y Esquivel, G.^{a4}

^a Universidad Nacional Autónoma de México, ^{a1,a2,a3,a4} Instituto de Ingeniería y ^{a2} Facultad de Ingeniería Av Universidad 3000 Col. Copilco C.P. 04510 Cdmx, México. E-mail: ^{a1}rdm@pumas.iingen.unam.mx., ^{a2}MArganisJ@iingen.unam.mx, ^{a3}ecae@pumas.iingen.unam.mx, ^{a4}GESquivelG@iingen.unam.mx

Línea temática B | Hidrología, usos y gestión del agua. Riegos. Energía hidroeléctrica.

RESUMEN

En México la información climatológica es considerablemente mayor que la hidrométrica que en algunos sitios no es suficiente para hacer un análisis hidrológico. El proceso de regionalización agrupa sitios con un comportamiento hidrológico estadísticamente similar, para posteriormente construir registros amplios y obtener una función de distribución de probabilidades regional más confiable, esto permite deducir los datos en zonas con escasa información. En este trabajo se realizó un proceso de regionalización de los caudales máximos instantáneos de hidrométricas de la región hidrológica 10 Sinaloa, en México; en una primera etapa se obtuvo la función de distribución regional de los gastos máximos instantáneos normalizados calculando factores regionales de diseño y en una segunda etapa se determinaron ecuaciones regionales para estimar la media de los gastos máximos instantáneos en función de características fisiográficas y de datos de precipitación.

Palabras clave | Gasto máximo instantáneo; Regionalización; Región hidrológica 10; Coeficiente de variación.

INTRODUCCIÓN

El problema de la obtención de caudales de diseño de obras hidráulicas en sitios con escasa o nula información ha sido motivo de diversos estudios; una alternativa es un análisis de precipitaciones en el sitio y su transformación a escurrimiento; otra alternativa es el uso de técnicas de regionalización (Domínguez et al., 2016). En varias partes del mundo se han llevado a cabo estudios de regionalización que utilizan diversas técnicas para agrupar cuencas, tomando en cuenta datos conocidos (características fisiográficas) o fáciles de medir, datos de uso de suelo y datos climatológicos; entre ellos se encuentran los trabajos de Domínguez (1983), quien propuso modificaciones a las ecuaciones de estimación del gasto a partir de características fisiográficas del Flood Studies Report (Cunnane y Lynn, 1975), documento valorado también por Hosking et al. (1985); por otra parte Gottschalk (1985) y Nathan y McMahon (1990), realizaron una identificación de cuencas regionalmente homogéneas en Suecia y Australia, respectivamente a partir del análisis de los escurrimientos, usando análisis de componentes principales y regresiones no lineales múltiples. Gómez, 2014 planteó dos metodologías (algoritmos genéticos y regresión lineal usando los logaritmos naturales de los datos) para relacionar los variables conocidas de un grupo de cuencas, con la media del gasto máximo instantáneo correspondiente, con ayuda de ecuaciones de tipo ecuación potencial.

Otros modelos de regionalización basados en técnicas estadísticas y relaciones de tipo potencial, análisis multivariado y manejos de sistemas de información geográfica, así como validación de metodologías de regionalización son los de Domínguez (1981), Carrizosa (1997), Allasia y Avruch (2000), Erazo (2004), Cabrera et al. (2004), Azevedo et al. (2008), Zamanillo (2008), Isik y Singh (2008), Ganancias (2010), Olguín et al. (2011), Luna y Domínguez (2013) y Byzedi et al. (2014).

En este trabajo se realizó un proceso de regionalización de los caudales máximos instantáneos de la Región Hidrológica (RH) No. 10 Sinaloa, en México (Figura 1), la cual se encuentra clasificada como “Sinaloa” por estar ubicada prácticamente en su totalidad en este estado, aunque algunos territorios de los estados de Chihuahua y de Durango también integran esta región (Figura 1). En la clasificación hidrológico administrativa forma parte de la región 3, denominada Pacífico Norte; la extensión de esta región es de 103 483 km² y cuenta con 23 cuencas hidrológicas.

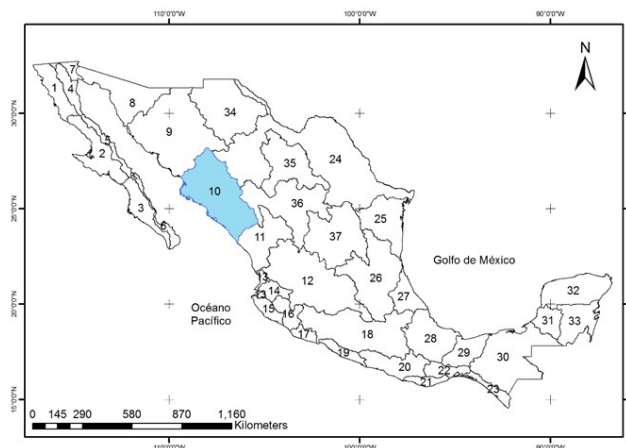


Figura 1 | Región hidrológica No 10, Sinaloa, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Recopilación y análisis de la información

Para efectos de este estudio se seleccionaron estaciones hidrométricas con 20 o más años de registro y que no estuvieran afectadas por obras importantes aguas arriba. Se realizó una revisión de los registros de los gastos máximos instantáneos anuales reportados en el BANDAS, CONAGUA, contrastando los datos que aparecen en el DA (donde se indica el resumen de gastos máximos instantáneos anuales) y los DM (que reportan los gastos mensuales de donde se obtienen los gastos máximos instantáneos anuales). Adicionalmente se realizaron las pruebas de homogeneidad e independencia y se verificaron datos que parecen dudosos al compararlos con la media histórica de los gastos máximos instantáneos en la estación, analizando los eventos registrados en las otras estaciones en la misma fecha; adicionalmente se hizo una revisión de la ocurrencia de un fenómeno hidrometeorológico (tormenta tropical, huracán, lluvia extrema de invierno) que pudo haber generado algún dato que sobresaliera respecto a los demás en un sitio en particular. Una vez verificados los valores registrados, se obtuvieron los estadísticos media, desviación estándar, coeficiente de asimetría y coeficiente de variación.

Estimación regional de gastos máximos instantáneos de diseño

El procedimiento propuesto para la estimación de gastos máximos de diseño consta de dos partes fundamentales:

1: Cálculo de factores de diseño regionales y 2: Determinación de ecuaciones para obtener la media de los gastos máximos instantáneos en función de características fisiográficas y de la precipitación de la cuenca correspondiente. A continuación describen los pasos a seguir en cada uno de ellos.

1 Cálculo de factores de diseño regionales

En la primera fase se definen cuencas con comportamiento hidrológico cualitativamente similar, con base en las características estadísticas de las series de gastos máximos anuales, en las características del relieve de las cuencas y en la forma de exposición a los fenómenos meteorológicos extremos (huracanes y lluvias extraordinarias de invierno, principalmente), dando como resultado grupos hidrológicamente homogéneos, a los que se les aplica un análisis estadístico para determinar la función de distribución y los factores de diseño regionales, de la siguiente manera (Martínez, 2017):

1.1. Valoración de las estaciones hidrométricas de la región hidrológica para el estudio para verificar que no existan alteraciones antropogénicas significativas en la serie de gastos máximos anuales.

- 1.2. Determinación, para la serie de gastos máximos de cada cuenca, de los parámetros estadísticos más importantes: coeficiente de variación, media de los gastos máximos instantáneos (QMI) anuales, desviación estándar, máximo y mínimo.
- 1.3. Se hace la definición de grupos de cuencas hidrológicamente similares.
- 1.4. Los gastos máximos anuales registrados en cada estación hidrométrica se dividen entre su respectiva media para formar series moduladas (todas ellas con media igual a 1 y desviación estándar igual al coeficiente de variación).
- 1.5. Las series moduladas de cada grupo homogéneo se juntan para formar una muestra ampliada cuyo tamaño es igual a la suma del de las series individuales
- 1.6. Para las muestras ampliadas de cada grupo, se realiza el ajuste de la función de distribución de probabilidades más adecuada.
- 1.7. Se verifica la hipótesis de homogeneidad
- 1.8. Para cada grupo se estiman factores que permiten pasar de la media de los gastos máximos anuales de cada estación a los gastos máximos asociados a distintos periodos de retorno. Dichos factores corresponden a los valores extrapolados con la función de distribución de probabilidades obtenida en el paso 6.

Es conveniente comentar que al utilizar a la media de los gastos máximos instantáneos para modular las series individuales se tiene la ventaja de apoyarse en un índice estable (poco susceptible a variaciones por el tamaño de la muestra, sobre todo si este tamaño es de más de 20 años), que además se puede relacionar con las características fisiográficas y de precipitación para estimarlo en sitios con escasa o nula información.

2 Cálculo de ecuaciones regionales de la media de los gastos máximos instantáneos en función de características fisiográficas y de precipitación

En la segunda parte se determinan ecuaciones potenciales que relacionan la media de los gastos máximos instantáneos (QMI) de cada cuenca, con indicadores de las características fisiográficas y de precipitación correspondientes.

En esta etapa del estudio, para obtener las ecuaciones regionales que permiten estimar el gasto máximo instantáneo, se consideraron diferentes características fisiográficas: área de la cuenca (A), promedio en la cuenca de las precipitaciones máximas anuales (hp), volumen llovido (V), obtenido con el producto del área de la cuenca y la precipitación), pendiente media de la cuenca (Smc), número de curva (NC), tiempo de concentración (Tc), espesor del suelo (S), longitud del cauce principal (L), velocidad de tránsito (VT) (estimada con el cociente de la longitud del cauce principal entre el tiempo de concentración y transformado a m/s).

Es importante destacar que la media de los máximos anuales se considera un parámetro estable y que se utilizan las características como indicadores: A y pe de la cantidad de lluvia, NC o S de la producción de escurrimiento directo, y tc o Smc o VT o L, del proceso de tránsito de la lluvia efectiva hasta la salida de la cuenca, y por ello, de la forma de los hidrogramas.

Los parámetros de las ecuaciones se determinaron con el algoritmo de optimización GRG no lineal de la aplicación Solver© de Excel© y con el uso de un algoritmo genético simple (SGA) codificado en Matlab por el Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas en Sistemas.

Una vez realizado el procedimiento anterior se procede a comparar el gasto calculado con el gasto medio (QMI) medido para cada una de las ecuaciones formuladas. El criterio de selección de las mejores ecuaciones fue mediante el coeficiente de determinación (R^2), que para funciones no lineales se obtiene con (ecuación 1):

$$R^2 = \frac{\sigma^2_{MQmi} - \sigma^2_{error}}{\sigma^2_{MQmi}} \quad (1)$$

Para cada ecuación se analiza R^2 y la pertinencia de los exponentes asociados a cada característica, para finalmente presentar los modelos matemáticos recomendados para cada grupo.

Con los mejores modelos es posible estimar, en un sitio no aforado o con escasa información, valores de la media de los gastos máximos instantáneos a partir de la fisiografía de un sitio y de sus datos de precipitación; posteriormente esa media se multiplica por el factor regional asociado al periodo de retorno de diseño para el sitio de interés y con ellos se determina el gasto máximo instantáneo de diseño.

RESULTADOS

Factores regionales de diseño

En la Tabla 1 se presentan los grupos de estaciones de las regiones RH10, de acuerdo con su coeficiente de variación (Figura 2). En primera instancia se tomaron dos grupos.

Tabla 1 | Grupos de estaciones hidrométricas de la RH 10 considerando el CV.

Clave	Estación	CV	GRUPOS
10079	Badiraguato	1.582	Grupo 1
10111	Piaxtla	1.184	Grupo 1
10036	Jaina	1.133	Grupo 1
10070	Acatitan	1.081	Grupo 1
10063	Batopilas	1.040	Grupo 1
10037	Huites	0.994	Grupo 1
10027	El Bledal	0.907	Grupo 1
10083	El Quelite	0.906	Grupo 1
10066	Choix	0.882	Grupo 1
10112	Guatenipa II	0.811	Grupo 1
10120	Guasave Puente Carretera	0.744	Grupo 1
10087	Tamazula	0.648	Grupo 2
10086	Pericos	0.626	Grupo 2
10113	La Huerta	0.623	Grupo 2
10110	Toahayana	0.622	Grupo 2
10053	Alamos	0.618	Grupo 2
10064	Chinipas	0.613	Grupo 2
10100	Urique Ii	0.475	Grupo 2

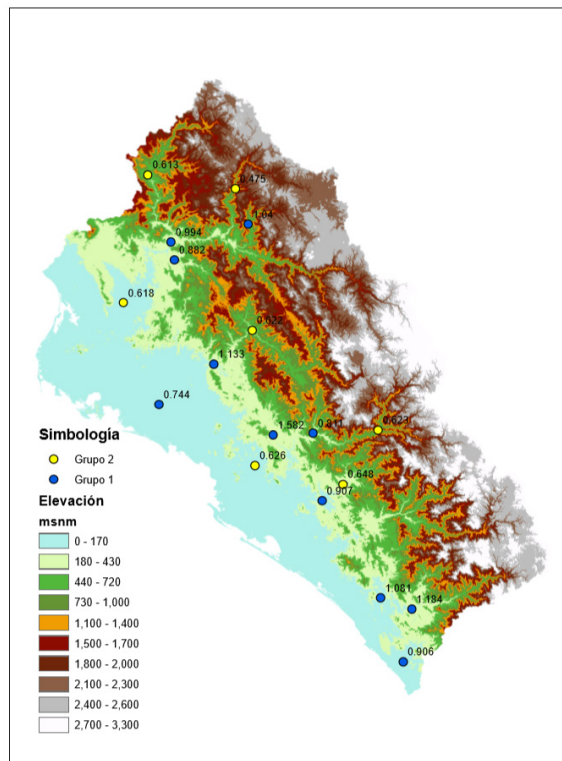


Figura 2 | Elevaciones de Región Hidrológica 10 y estaciones con CV.

Se hizo un primer análisis estadístico tomando en cuenta por separado las estaciones para el grupo 1 y para el grupo 2. Las mejores funciones de distribución fueron de tipo Doble Gumbel para el grupo 1 y Gumbel para el grupo 2 (Figuras 3 y 4). Posteriormente se removió la estación 10120 del grupo 1 que se vio que tiene un comportamiento distinto al resto de las estaciones del grupo 1 como se aprecia en el mapa Topográfico (Figura 2). Sin embargo, al realizar nuevamente el análisis estadístico prácticamente no se tuvieron variaciones en la función de distribución regional (Figura 5).

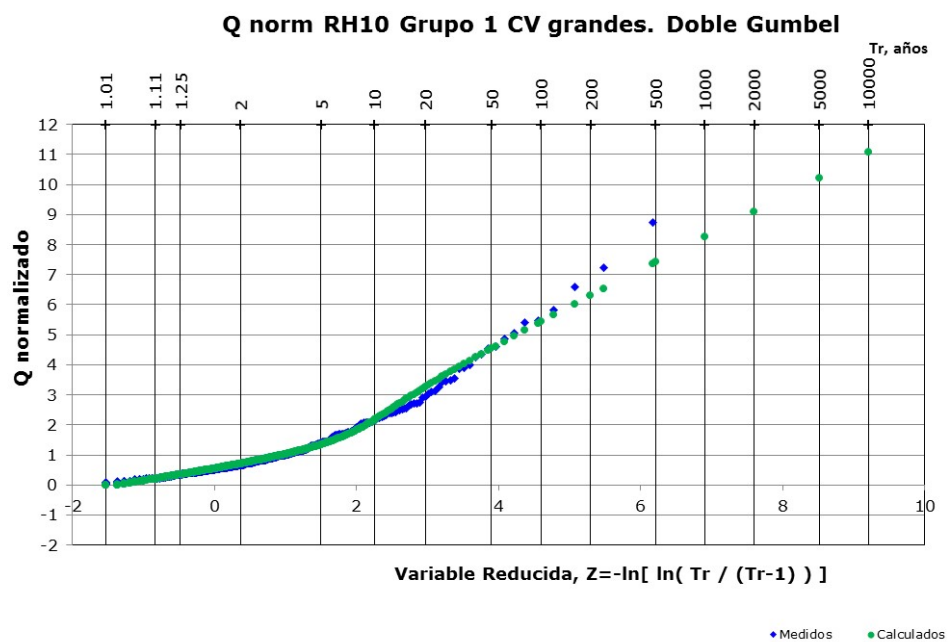


Figura 3 | Ajuste regional con la función de distribución Doble Gumbel. Grupo 1.

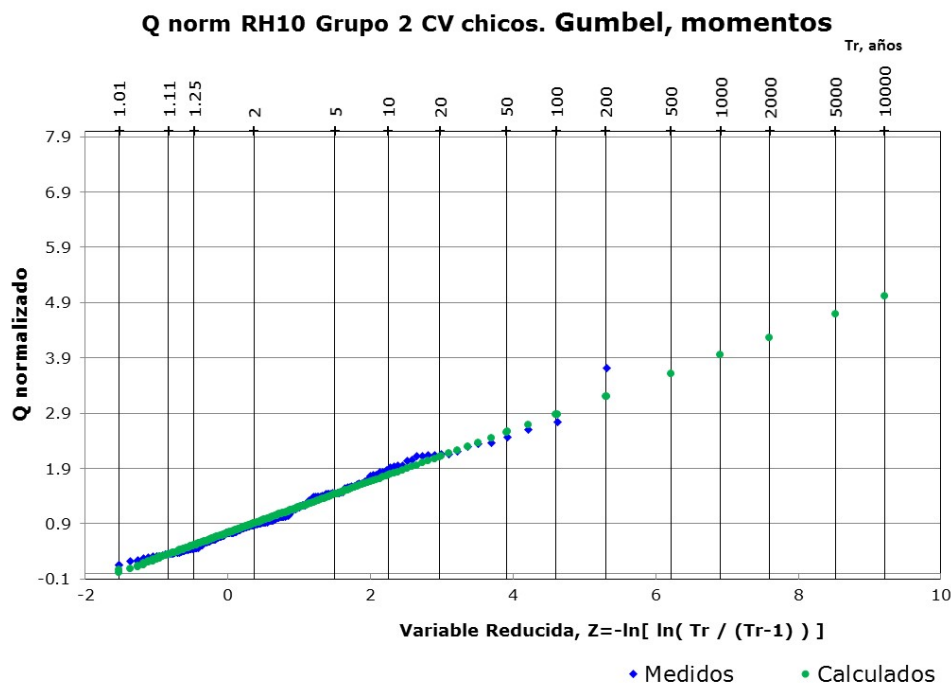


Figura 4 | Ajuste regional con la función de distribución Gumbel. Grupo 2.

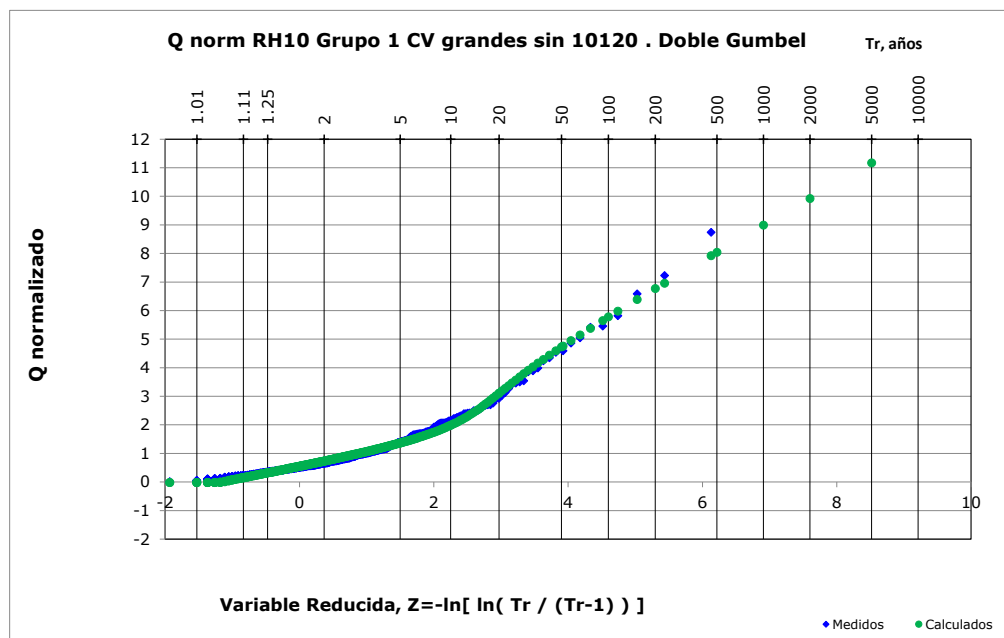


Figura 5 | Ajuste regional con la función de distribución Doble Gumbel. RH 10 Sin estación 10120. Grupo 1

Al revisar el mayor de los gastos máximos en Badiraguato (EH 10079), de 9245 m³/s, en 1981, que causa el CV de 1.582 se encontró que en la estación cercana, Guatenipa II (10112) se registró, en la misma fecha también su valor máximo, pero de 3854; la correlación entre estas estaciones (ver Figura 6) indicaría un gasto para Badiraguato de apenas unos 2200 m³/s (las áreas de Badiraguato y Guatenipa son de 1018 y 8252 km², respectivamente y corresponden a cuencas cercanas).

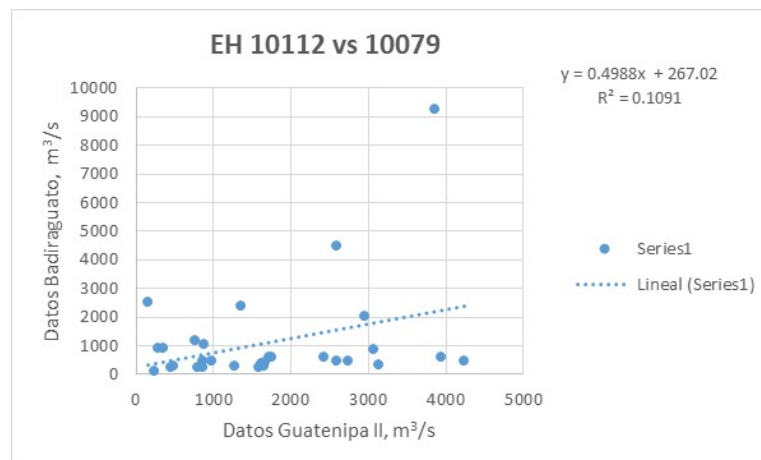


Figura 6 | Correlación entre el periodo común (1970-1999) de las estaciones 10079 Badiraguato y 10112 Guatenipa II.

Adicionalmente, otra cuenca cercana es la de la EH 10086 (Pericos), con área de 270 km², que en la misma fecha registró apenas 353 m³/s. En resumen, si el gasto en Badiraguato fuera de unos 3000 m³/s, el CV pasaría a ser de 1.1740.

Por este motivo se optó por proponer un valor del gasto de 3000 m³/s en el año 1981 para la estación 10079 Badiraguato y por otro lado al analizar a la estación 10100 Urique II (con coeficiente de variación CV más bajo de 0.4748), que tiene un comportamiento muy uniforme (posible regulación), se optó por eliminarla del análisis y por ello se hizo un nuevo ajuste con la modificación a la EH 10079 Badiraguato y quitando la estación 10100 Urique II, además de la estación 10120 Guasave Puente Carretera, que no pasó la prueba de homogeneidad y manejando todas las hidrométricas como un solo grupo (RH 10 mod). La función de distribución regional calculada con esta última determinación fue de tipo Doble Gumbel y corresponde a la Figura 7.

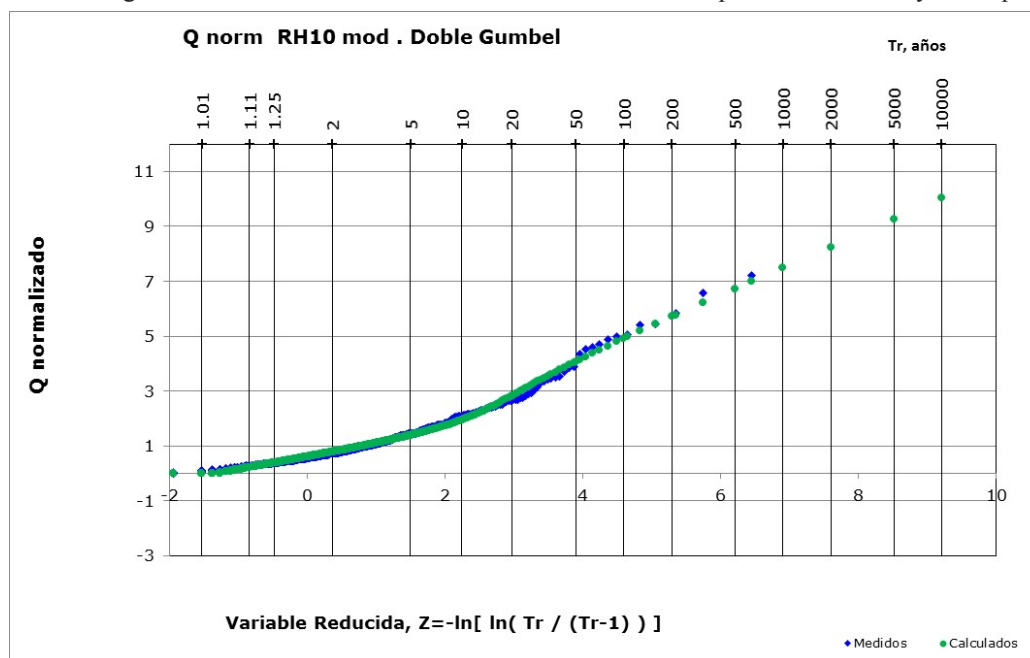


Figura 7 | Ajuste regional con la función de distribución Doble Gumbel. RH 10 mod. Un solo grupo.

Los parámetros de la función Doble Gumbel al considerar un solo grupo (RH 10 mod) se indican en la Tabla 2 y los factores regionales al considerar todas las hidrométrica como un grupo para la RH10 mod aparecen en la Tabla 3.

Tabla 2 | Parámetros de la función de distribución Doble Gumbel. RH 10 mod. Un solo grupo

p	α_1	β_1	α_2	β_2	EEA
0.915	2.368828	0.522	0.872243	2.9055	0.078

Tabla 3 | Factores regionales. RH 10 mod. Un solo grupo.

Tr	años	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
Factor	[1]	0.73	1.36	2.04	3.12	4.42	5.29	6.12	7.19	7.99	8.79	9.86	10.6

Ecuaciones regionales

La media de los gastos máximos instantáneos se puso en función de distintas características fisiográficas previamente obtenidas con ayuda de Arcmap© (Tabla 4).

Tabla 4 | Características fisiográficas RH 10.

Estación	Nombre	Área km ²	hp mm	Volumen millones m ³	S cm	Smc grados	NC 1	tc h	Longitud Km	VT m/s	Media QMI m ³ /s
10079	Badiraguato	1005.9	95.9	96.5	10.26	17.8	71.2	13.1	88.6	1.8798	898.04
10111	Piaxtla	5279.2	78.1	412.2	14.13	22.4	64.3	26.1	216.4	2.3070	1315.93
10036	Jaina	8179.2	78.8	644.8	10.84	20.8	70.1	59.3	374.2	1.7541	967.13
10070	Acatitan	1902.0	97.8	186.0	12.76	19.4	66.6	21.3	146.7	1.9128	849.20
10063	Batopilas	1993.0	56.5	112.5	13.88	19.1	64.7	14.9	129.2	2.4160	546.14
10037	Huites	26054.2	60.7	1581.4	11.96	20.3	68.0	60.8	424.3	1.9367	3304.44
10027	El Bledal	369.3	91.0	33.6	10.13	11.5	71.5	12.5	50.6	1.1232	288.88
10083	El Quelite	829.6	97.0	80.5	9.42	12.4	73.0	18.5	82.8	1.2460	451.63
10066	Choix	1378.5	73.5	101.3	12.86	18.4	66.4	15.5	104.5	1.8769	336.52
10112	Guatenipa Ii	8172.9	75.9	620.5	10.70	21.7	70.4	29.9	244.7	2.2712	1530.80
10087	Tamazula	2243.8	92.7	208.0	13.24	23.9	65.7	14.1	103.7	2.0494	615.02
10086	Pericos	270.9	94.8	25.7	4.66	8.1	84.5	8.9	43.2	1.3472	250.72
10113	La Huerta	6072.0	72.2	438.4	10.16	20.2	71.4	17.4	153.3	2.4455	903.52
10110	Toahayana	5260.7	74.6	392.6	11.02	21.5	69.7	34.1	237.1	1.9331	1090.09
10053	Alamos	2267.6	76.4	173.2	6.62	8.9	79.3	36.6	170.5	1.2929	284.52
10064	Chinipas	5106.5	59.2	302.4	13.76	21.4	64.9	27.9	227.7	2.2628	981.05

Se propusieron funciones potenciales para darle forma a estas ecuaciones regionales utilizando dos procedimientos, en el primero, los parámetros de las funciones potenciales se determinaron con el algoritmo de optimización GRG no lineal de la aplicación Solver© de Excel©, en el segundo, se hizo el uso del algoritmo genético simple (SGA) codificado en Matlab por el Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), de la UNAM.

Se realizaron combinaciones para una y dos, tres o cuatro variables, sin embargo los mejores resultados fueron para dos variables: área (A) y tiempo de concentración (tc).

El criterio para seleccionar una variable independiente fue tomar en cuenta primero una característica que influye en la cantidad de lluvia que recibe la cuenca (por ejemplo el área o el volumen llovido). A continuación se consideró una característica adicional que considera la rapidez de respuesta de la cuenca a la precipitación o las pérdidas por infiltración (por ejemplo el tiempo de concentración o el número de curva); posteriormente se tomaron en cuenta tres variables independientes

que consideraran la cantidad de lluvia, la velocidad de respuesta y la capacidad de la infiltración de la cuenca (por ejemplo Volumen, tiempo de concentración y número de curva). Cuando el número de cuencas analizadas es grande (por ejemplo mayor que 10) se exploró también el beneficio que se obtiene (en términos del coeficiente de determinación) al considerar en lugar del volumen de lluvia como una sola característica al área de la cuenca y la precipitación por separado.

A continuación se presentan las ecuaciones con mejor coeficiente de determinación (Tablas 5 y 6).

Tabla 5 | Ecuaciones potenciales Rh 10 para 1 variable.

Ecuación	R ²	Método de optimización
$M_{Qmi} = 3.2484 * A^{0.6766}$	0.8873	AG

Tabla 6 | Ecuaciones potenciales Rh 10 para 2 variables.

Ecuación	R ²	Método de optimización
$M_{Qmi} = 2.9011 * A^{0.7562} * tc^{-0.1694}$	0.8932	AG

En las Figuras 8 y 9 se presenta la comparación de los Qmi (MQmi) medidos contra los calculados para los distintos modelos.

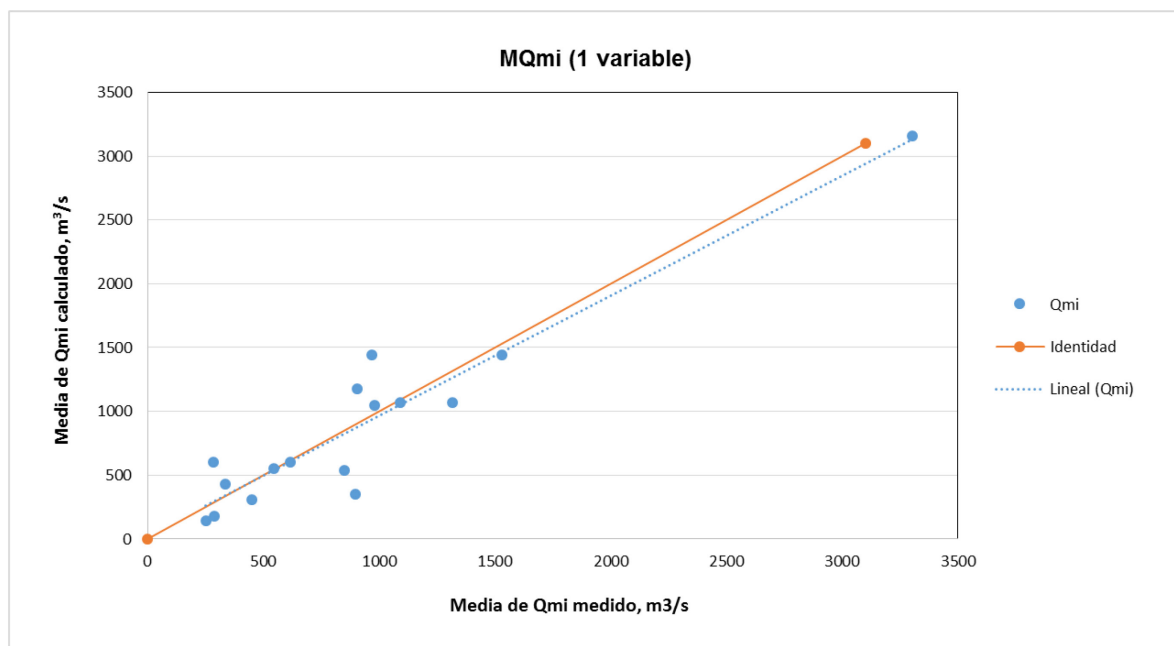


Figura 8 | Comparación de la media de los Qmi medidos y calculados para 1 variable.

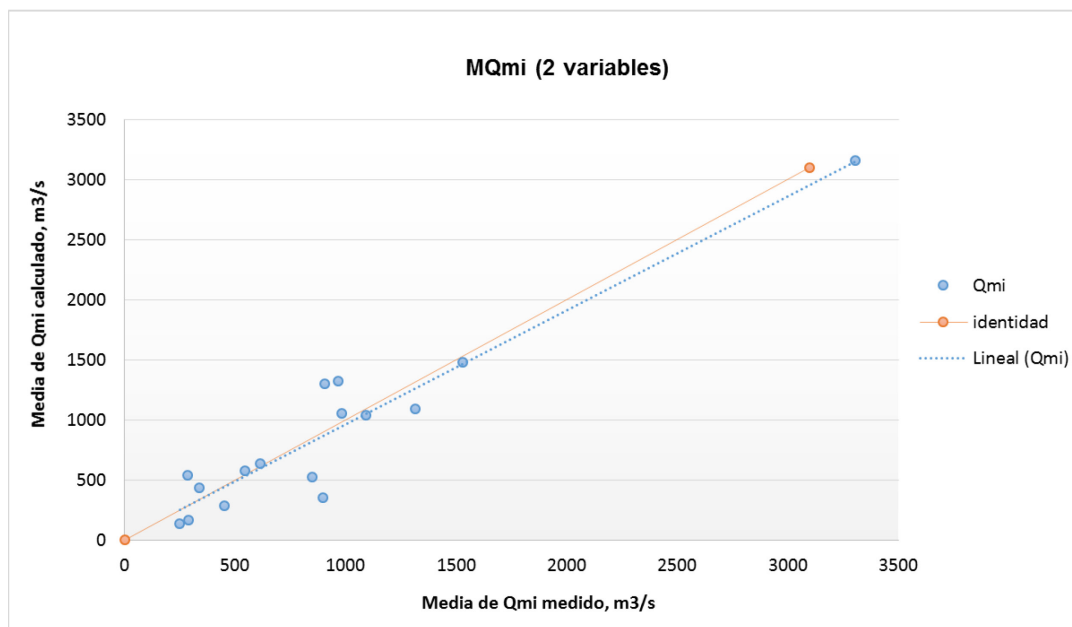


Figura 9 | Comparación de la media de los Qmi medidos y calculados para 2 variables.

DISCUSIÓN

La mejor función de distribución regional resultó de tipo Doble Gumbel para la región hidrológica 10 considerando todas las estaciones en un solo grupo y se obtuvieron factores de diseño regionales de hasta 10.6 para el periodo de retorno de 10000 años.

De acuerdo a las ecuaciones presentadas, se observa que para la región hidrológica 10, con una sola variable se obtiene un buen coeficiente de determinación. Se intentaron combinaciones con dos y tres, sin embargo el valor del coeficiente de determinación R^2 no mejoraba.

En el caso del modelo con 1 variable, la ecuación queda en términos del área, la cual se encuentra relacionada con la cantidad de agua que recibe la cuenca y en el modelo con 2 variables al incorporar el tiempo de concentración se toma en cuenta la rapidez de respuesta de la cuenca. Los valores del coeficiente de determinación son 0.8873 y 0.8932 respectivamente.

Con referencia a los exponentes, se tiene congruencia, pues aquellas características fisiográficas que son directamente proporcionales al gasto se tienen con signo positivo y con negativo cuando son inversamente proporcionales.

CONCLUSIONES

El procedimiento de regionalización presentado es relativamente sencillo en su aplicación y suficientemente general para poderse aplicar en cuencas de distintas partes del mundo. Respecto a la región analizada, si se desea obtener el gasto máximo instantáneo de diseño en una cuenca no aforada de esa región, bastaría con obtener el área de la cuenca y el tiempo de concentración para usar uno de los mejores modelos resaltados en este trabajo con el que se calcularía la media del gasto máximo instantáneo que al multiplicarse por el factor de diseño para el periodo de retorno de la obra considerada proporcionaría el gasto de pico de diseño de la obra hidráulica por construir en ese sitio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Comisión Nacional del Agua por la información existente en sus bases de datos de uso público y al Centro Nacional de Prevención de Desastres para el cual se desarrolla un proyecto de investigación que involucra los datos y metodología considerada en este trabajo.

REFERENCIAS

- Azevedo, M. F., Demetrius, D. D., Reis, C. 2008. Stream, Flows Regionalization in watersheds on the right margin of river Araguaia and left margin of the river Tocantins. *XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Brazil*.
- Allasia, D. , Avruch, G.J. 2000. *Regionalización de caudales en la región del Alto Uruguay Río Grande do Sul – Brasil*. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.
- Byzedi, M., Saghaifan, B., Mohammadi, K., Siosemarde, M. 2014. Regional analysis of streamflow drought: a case study in southwestern Iran. *Environ Earth Sci*, (71), 2955-2972, doi: 10.1007/s 12665-013-2674-7.
- Cabrera, J., Guardado, R., Peláez, R., González, N. 2004. *Regionalización hidrogeológica de la provincia Pinar del río en un SIG*. Minería y Geología, (1,2).
- Carrizosa Elizondo, E. 1997. *Regionalización de Gastos Máximos en la Cuenca de la Vertiente del Pacífico Centro de la República Mexicana*. México. Tesis M.I., Universidad Autónoma de México, Fac. de Ingeniería, Posgrado. 147pp.
- Cunnane C. , Lynn M.A. 1975. *Flood Estimation following the Flood Studies Report*. The Institution of engineers of Ireland. 39pp.
- Domínguez-Mora, R., Arganis-Juárez M. L., Guzmán-García H., Carrizosa-Elizondo E., Esquivel-Garduño G., Fuentes-Mariles G. E. Modelos regionales de Escurrimientos máximos instantáneos en la República Mexicana. (2016). *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*.
- Domínguez, R. 1983. *Design floods for mixed urban/ rural catchments*. Universidad Nacional Autónoma de México. Report No. IT 221.
- Domínguez, M. R. 1981. *Análisis Regional de tormentas y avenidas de diseño. Aplicación a la cuenca del Papaloapan*. México. Tesis M.I., Universidad Autónoma de México, Fac. de Ingeniería, Posgrado. DEPI.
- Erazo, C.A. 2004. *Regionalización de caudales máximos y medios en el Salvador*. Servicio Hidrológico Nacional del Salvador. El Salvador.
- Ganancias, M.F. 2010. *Evaluación de metodologías de regionalización hidráulica: aplicación a los caudales máximos de cuencas representadas de la región sur- oeste de la provincia de Córdoba*. Argentina. Tesis M.I., Universidad Nacional de Córdoba. 370pp.
- Gómez Aguilar, E. 2014. *Nuevos modelos para el cálculo de los escurrimientos en la República Mexicana*. México, D.F. México.
- Gottschalk I. 1985. Hydrological regionalization of Sweden. *Hydrological Sciences Journal. - des Sciences Hydrologiques*. 30 (1). 20pp
- Hosking J.R.M., Wallis J. , Wood E.1985. Flood Estimation following the Flood Studies Report. *Hydrological Sciences - Journal - des Sciences Hydrologiques*. 30 (1). Págs 26
- Isik, S. & Singh, V. 2008. Hydrologic regionalization of watersheds in Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*. (13), 824-834.

Luna, V. J. A., Dominguez, M. 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

Martínez C. A. A. *Regionalización de escurrimiento para la estimación de Avenidas de diseño en la Región Hidrológica 30*. Tesis de Maestría. UNAM, 2017.

Nathan R.J., McMahon T.A. 1990. Evaluation of Automated Techniques for Base Flow and Recession Analyses. *Water resources research*, Vol. 26, no. 7, pgs 1465-1473.

Olguín, G., Rivera, F., Salas, N. 2011. Identificación de regiones hidrológicas homogéneas mediante análisis multivariado. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 12(3).

Zamanillo, E. 2008. *Tormentas de diseño para la provincia de Entre Ríos*. Universidad Tecnológica Nacional. Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada (GIHHA), Facultad Regional Concordia Buenos Aires, Argentina.