

ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE CAUDALES PICO PARA LA ESTACION EL HUMO, CUENCA REVENTAZON-PARISMINA, COSTA RICA

Rolando Mora Chinchilla

Escuela Centroamericana de Geología, Apartado 35, 2060
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

ABSTRACT: This study uses the time serie of El Humo streamflow - gaging station to analyze its extreme events, approaching theoretic distributions in order to calculate magnitudes and return periods of high flows. The used distrubutions are Gumbel and Log Pearson type III. For each one it has been made the fitting and calculated the magnitud for events with return periods of 10; 20; 25; 50 and 100 years. At the same time, it has been performed a comparison between obtained results with both metodologies and observed values.

RESUMEN: En el presente estudio se utiliza la serie temporal de la estación fluvigráfica El Humo para analizar sus eventos pico, aproximándole distribuciones teóricas de valores extremos para calcular magnitudes y períodos de recurrencia. Las distribuciones empleadas son : Gumbel y Log Pearson tipo III. Para cada una de ellas se realiza el ajuste y se calcula la magnitud de eventos con períodos de recurrencia de 10; 20; 25; 50 y 100 años. A la vez, se realiza una comparación de los resultados obtenidos con ambas metodologías y también con los valores observados en la estación.

INTRODUCCION

La estación fluvigráfica El Humo cuenta con una serie temporal de registros de caudales ininterrumpida desde el año hidrológico 1954-55 hasta el año hidrológico 1985-86, lo que significa 32 años de registro y esto a su vez la vuelve utilizable para el ajuste de distribuciones teóricas de eventos extremos, con el objetivo de calcular sus magnitudes y períodos de retorno. Según Linsley et al. (1986) para análisis de frecuencias no se deben usar series de datos de menos de 20 años de registro.

La utilización de los análisis probabilísticos para estudiar eventos futuros cuyo período de recurrencia o magnitud no pueden predecirse, tienen

una importancia muy significativa en la planeación y el diseño de obras de infraestructura civil, como puentes, carreteras, represas, así mismo en la mitigación de amenazas naturales como inundaciones, socavamiento de las márgenes de los ríos, deslizamientos etc.

Este estudio tiene como objetivo comparar dos métodos utilizados para estimar períodos de retorno de eventos extremos, en nuestro caso caudales pico anuales, basándose en la serie temporal de la estación fluvigráfica El Humo.

La estación estudiada se ubica en el río Pejibaye, en la cuenca Reventazón - Parismina, en las coordenadas 09° 53'00'' N y 83° 38'50'' W, y cuenta con una área de drenaje de 136,5 km² (Fig. 1).

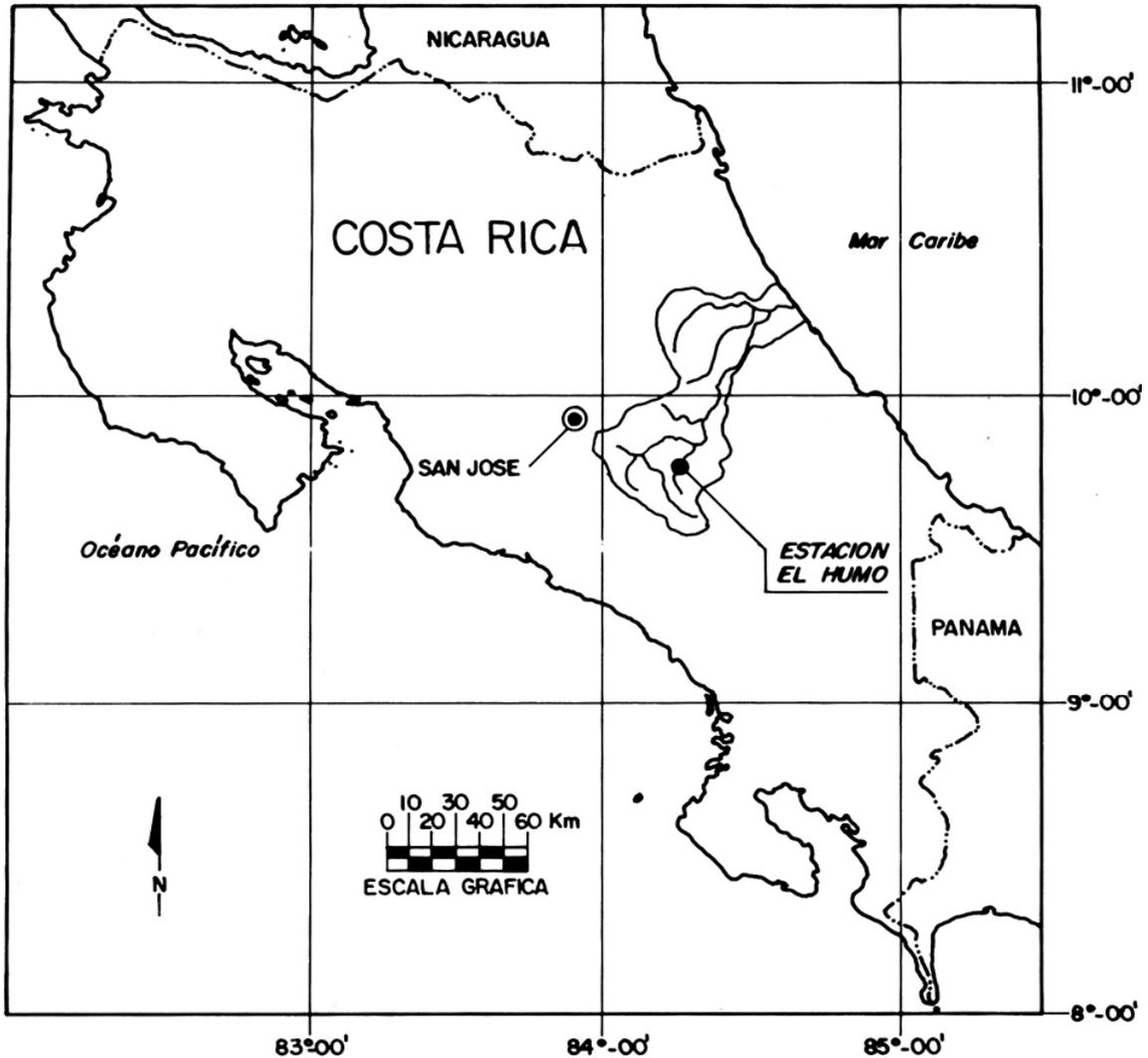


Fig. 1: Ubicación de la cuenca Reventazón-Prismina y de la estación fluvigráfica El Humo.

SERIE TEMPORAL DE LA ESTACION EL HUMO

La serie temporal de registros ha sido suministrada por el Departamento de Estudios Básicos del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Se cuenta con los registros de máximos instantáneos mensuales para los 32 años de observación, y de éstos se han seleccionado los máximos para cada año hidrológico.

La mayor frecuencia de caudales pico se ha registrado entre los meses de junio y octubre, en correspondencia con la temporada lluviosa de nuestro país; también se presentan casos esporádicos en otros meses del año debidos a situaciones meteorológicas anómalas (Fig. 2). Junio presenta la frecuencia máxima con 8 casos, pero en general la distribución es bastante homogénea durante la temporada lluviosa. La serie temporal utilizada se observa en la figura 3.

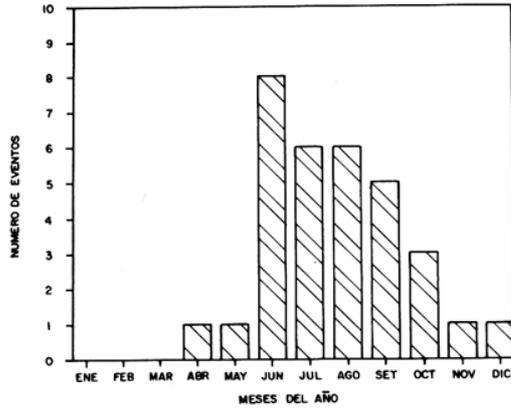


Fig. 2: Distribución mensual de caudales máximos anuales registrados por la estación El Humo (1954-1986).

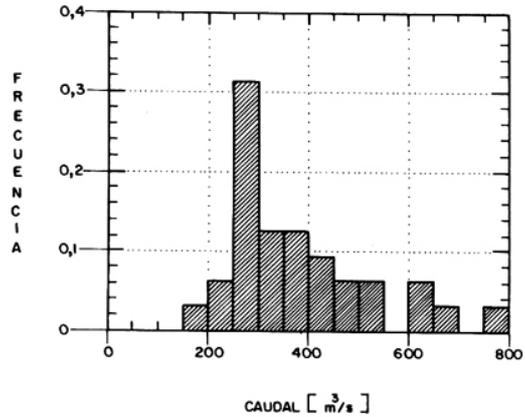


Fig. 4: Histograma de frecuencia de caudales máximos anuales, estación El Humo.

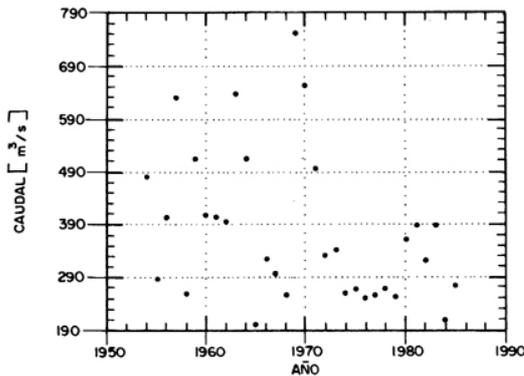


Fig. 3: Serie temporal de caudales máximos anuales, estación El Humo.

Cuadro 1 Características de la serie temporal de caudales máximos anuales, estación El Humo.

Tamaño de la muestra [años]	32
Media [m³/s]	376,97
Mediana [m³/s]	335,5
Moda [m³/s]	387,0
Media geométrica [m³/s]	354,6
Varianza	20018,7
Desviación estándar	139,26
Error estándar	25,01
Valor mínimo [m³/s]	199
Valor máximo [m³/s]	753
Coefficiente de asimetría	1,08

APLICACION DE DISTRIBUCIONES TEORICAS

Las distribuciones teóricas más utilizadas para analizar series temporales de eventos extremos son la Log- Pearson tipo III y la Gumbel. Chow(1951, en Linsley et al. 1986) indica que la mayoría de las distribuciones de frecuencias pueden ser generalizadas con la expresión siguiente :

El histograma de los eventos, con intervalos de 50 m³/s se observa en la figura 4. La clase modal está representada por los eventos con caudales entre 250 y 300 m³/s, los que representan el 32% de los casos. Les siguen en importancia las clases 300-350, 350-400, y 400-450 m³/s con el 13 %, 13 % y 9 % respectivamente. No hay eventos entre 550-600 y 700-750 m³/s. Se han registrado tres eventos de 600 a 700 m³/s y uno entre 750 y 800 m³/s. Las características de la serie se aprecian en el cuadro 1.

$$x = m + (k \cdot DS) \quad (1)$$

en donde: m es la media de la serie de caudales máximos,
DS la desviación estándar de la serie, y k un factor de frecuencias definido para cada distribución y que es función del nivel de probabilidad del evento x.

Distribución Gumbel

La distribución de frecuencia propuesta por Gumbel (1945, en Vahrson & Fallas, 1988) está dada por la siguiente fórmula :

$$p = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (2)$$

en donde: e es la base de los logaritmos neperianos,

p la probabilidad de que un evento sea igualado o excedido,

y la variable reducida, la cual se expresa como (Vahrson & Fallas, 1988)

$$y = -\ln \{ -\ln [1 - p(x)] \} \quad (3)$$

La magnitud de un evento se calcula con la siguiente expresión (Linsley et al. 1986):

$$x = m + \{ [(y - M) / DSP] \cdot DS \} \quad (4)$$

en donde: m es la media de la serie de datos, M y DSP (media poblacional y desviación estándar poblacional) son funciones de la longitud de la serie de datos.

Esta última expresión equivale a la ecuación (1), en donde el término entre paréntesis es igual a k. Los valores de M y DSP para longitudes de registro de 10 a 109 años han sido publicadas por Vahrson y Fallas (1988).

Los caudales pico esperados para la estación El Humo con períodos de retorno de 10; 20; 25; 50 y 100 años, obtenidos con el método de Gumbel, se aprecian en el cuadro 2. En la figura 5 se han graficado los resultados anteriores, así como los valores correspondientes a los caudales máximos anuales observados. El ajuste con esta distribución

es bueno para períodos de retorno mayores de 5 años. Para períodos de retorno menores, la distribución subestima los caudales.

Distribución Log- Pearson tipo III

Para utilizar esta distribución de valores extremos es necesario convertir la serie de datos a sus logaritmos y luego se calculan los siguientes parámetros (Linsley et al. 1986) :

Media:

$$m(\log x) = \text{sum}(\log x) / n. \quad (5)$$

$$\text{Desviación estándar : } DS(\log x) = \left(\frac{\text{sum}[\log x - m(\log x)]^2}{n-1} \right)^{1/2}. \quad (6)$$

Coefficiente de asimetría:

$$g = \frac{\text{sum}[\log x - m(\log x)]^3}{(n-1)(n-2)[DS(\log x)]^3}. \quad (7)$$

Luego se aplica una modificación de la ecuación (1):

$$\log x = m(\log x) + K \cdot DS(\log x). \quad (8)$$

K es un coeficiente que es función de la probabilidad de excedencia del evento y del valor del coeficiente de asimetría, sus valores se obtienen de los cuadros publicadas por Linsley et al. (1986) Para la estación El Humo se obtuvieron los siguientes resultados:

$$m(\log x) = 2,5497$$

$$DS(\log x) = 0,1488$$

$$g = 1,1$$

Los caudales pico esperados para períodos de retorno de 10; 20; 25; 50 y 100 años se aprecian en el cuadro 2. La figura 6 muestra estos resultados y a la vez los valores correspondientes a los máximos anuales observados. Como se nota, el ajuste es muy bueno aún para períodos de retorno menores de 5 años

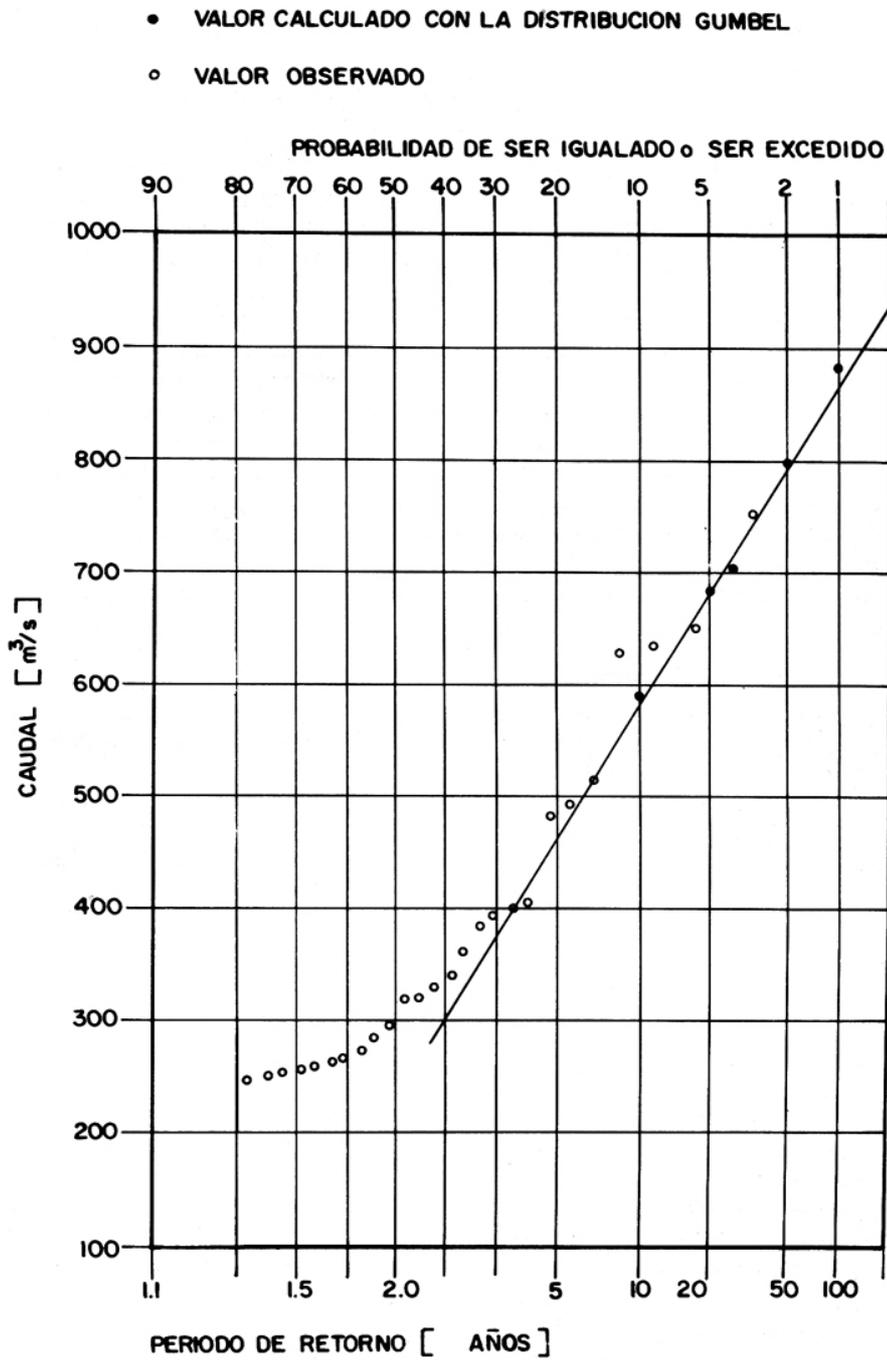


Fig. 5. Relación caudal - frecuencia para el río Pejibaye (estación El Humo) y su distribución Gumbel correspondiente.

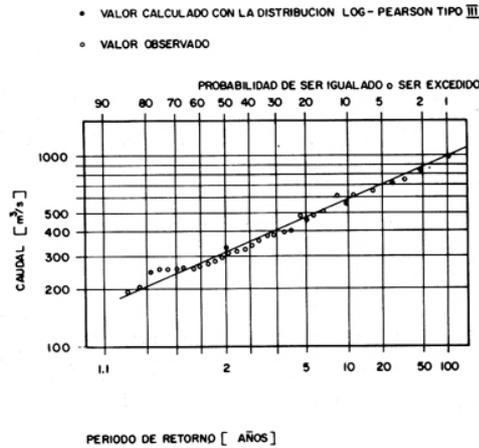


Fig. 6. Relación caudal - frecuencia para el río Pejibaye (estación El Humo) y su distribución Log-Pearson tipo III correspondiente.

Cuadro 2
Caudales pico para la estación El Humo.

Período de retorno [años]	Probabilidad [%]	Distribución Gumbel [m ³ /s]	Distribución Log-Pearson III [m ³ /s]
10	10,0	590	561
20	5,0	680	700
25	4,0	708	714
0	2,0	796	847
100	1,0	882	999

CONCLUSIONES

La extensión de la serie temporal de la estación fluviográfica El Humo posibilita la aplicación de distribuciones teóricas para calcular la magnitud y períodos de recurrencia de eventos extremos.

La mayor frecuencia de caudales pico se ha registrado entre los meses de junio y octubre, registrándose también casos esporádicos en otros meses ocasionados por fenómenos meteorológicos localizados. La clase modal está dada por

eventos entre 250 y 300 m³/s y corresponde con el 32% de los casos.

El ajuste realizado con la distribución Gumbel es satisfactorio para períodos de retorno mayores de 5 años. Para períodos de retorno menores el ajuste no es bueno y los caudales son subestimados.

Para la distribución Log - Pearson tipo III el ajuste es muy bueno incluso para períodos de retorno menores de 5 años, sin embargo los valores obtenidos para períodos de retorno mayores de 50 años son sensiblemente más altos que los

obtenidos con la distribución Gumbel, lo que podría desembocar en una posición muy conservadora desde el punto de vista del diseño de obras civiles. Por lo tanto es necesario realizar estudios similares al anterior con estaciones fluviográficas ubicadas en regiones con características meteorológicas similares y así poder definir cuál de estas dos distribuciones de valores extremos se ajusta mejor a los ríos de nuestro país.

Sin embargo, los datos obtenidos a partir del presente estudio sirven de base para realizar un estudio de área-pendiente aguas abajo de la estación estudiada, con el objetivo de identificar las regiones bajo amenaza de inundaciones y así emprender una mejor planificación y toma de decisiones en lo que respecta a la ubicación de

asentamientos humanos, zonas de cultivo y obras civiles

REFERENCIAS

LINSLEY, R. K., KOHLER, M. A. & PAULHUS, J. L. H., 1986 : Hidrology for Engineers. - Mc Graw - Hill Book Co., U.S.A. Trad. española: Hidrología para Ingenieros. Segunda edición - 386 págs, McGraw-Hill (México).

VAHRSON, W. G. & FALLAS, J., 1988 : Evaluación de tres métodos para estimar períodos de retorno de lluvias máximas en 24 horas en la estación San José, Costa Rica. - 40 págs. Publicación Periódica del Inst. Meteor. Nac., 7, San José, Costa Rica.