

Estimación de hidrogramas anuales estacionales en cuencas sin aforos

Daniel Francisco Campos-Aranda

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

Se comienza por describir dónde son necesarias las llamadas presas derivadoras de aguas broncas, cuyo cálculo hidrológico, para su diseño, son los denominados hidrogramas anuales, mismos que permiten estimar los volúmenes escurridos factibles de derivar cada año. Enseguida se definen las limitaciones del procedimiento propuesto y se aborda su exposición detallada a través de las estimaciones que lo integran, que son el cálculo de parámetros físicos de la cuenca, el procesamiento probabilístico de la lluvia para construir unas curvas precipitación-duración mensuales y finalmente la transformación lluvia-gasto. El análisis de la cuenca incluye la estimación de su área, su tiempo de concentración y el número de la curva de escurrimiento. Por su parte, el análisis de la precipitación depende del número de estaciones pluviográficas y/o pluviométricas disponibles. En las dos aplicaciones que se describen se tiene ausencia de datos de intensidades, por lo tanto, las curvas intensidad-duración-frecuencia se construyen con base en una fórmula empírica. La estimación de los hidrogramas anuales se realiza por medio del hidrograma unitario triangular, verificando sus gastos pico con métodos hidrológicos aplicables. Por último, se formulan conclusiones que destacan las bases teóricas del procedimiento y la bondad de resultados.

Palabras clave: presas derivadoras, hidrogramas estacionales, hidrogramas anuales.

Introducción

Cuando el escurrimiento de un río en un sitio específico de éste es perenne y sus gastos de estiaje aportan volúmenes diarios o semanales que superan las demandas, las infraestructuras hidráulicas más convenientes que permiten aprovechar tales recursos hidráulicos son las llamadas presas derivadoras (PD). Incluso cuando el escurrimiento del cauce que se aprovechará no sea perenne, una PD todavía puede ser una solución efectiva para lograr un aprovechamiento óptimo y no tener que recurrir a un embalse, que es una estructura mucho más costosa. Este último tipo de obra se conoce como PD de aguas broncas y es especialmente útil para sistemas de riego bajo el esquema de inundación o anegamiento del terreno cuando se presentan los escurrimientos del río (Velasco, 1975).

Por lo anterior, para el diseño hidrológico de las PD de

aguas broncas se requieren los llamados hidrogramas anuales estacionales, con base en los cuales se estiman los volúmenes escurridos mensuales promedio factibles de derivar (Velasco, 1975). Lógicamente, las PD se construyen en zonas geográficas de topografía poco accidentada y climas húmedos o cuencas muy grandes; en cambio, las de aguas broncas son características de las regiones con climas templados. Lógicamente, las PD no son recomendables para las zonas áridas e incluso las semiáridas, por la altísima incertidumbre del escurrimiento.

Cuando en el sitio propuesto para una PD –o cerca de éste– se tiene la suerte de contar con información hidrométrica, la estimación de los hidrogramas anuales estacionales se realiza por medio de los hidrogramas aforados para el dimensionamiento hidráulico y estructural de la PD, así como para estimar los volúmenes factibles de derivar y aprovechar (Velasco, 1975). Pero

cuando tal información no está disponible, habrá que recurrir a un análisis probabilístico de la precipitación en la cuenca y su posterior transformación en gasto. El procedimiento que se propone corresponde al segundo planteamiento, es decir, cuando no existen aforos y la cuenca es pequeña en lo que se refiere a su respuesta o comportamiento hidrológico (Springall, 1969); esto es, que sus escurrimientos proceden principalmente del gasto directo o de una respuesta rápida a la lluvia, por ello la fase de transformación del procedimiento se realiza por medio de la técnica del hidrograma unitario.

Además de la orientación climática que tiene el procedimiento expuesto, también está limitado por la magnitud de la cuenca que drena hasta el sitio propuesto para la PD; en este caso, debido a la aplicabilidad de la técnica del hidrograma unitario triangular, se aceptará un tamaño máximo de 2,500 km². Cuando el área hasta el sitio recomendado para la PD es mayor, o bien se tienen uno o más embalses en la cuenca, habrá que subdividir ésta e integrar el hidrograma de respuesta a través de tránsitos por los cauces o simples desfases, según la longitud de los tramos por recorrer (Campos, 1993, 1998a, 2000).

El procedimiento sugerido se describe con detalle y posteriormente se contrasta en dos aplicaciones numéricas; la primera corresponde a una PD ya construida, por ello la confrontación de resultados se realiza con base en la información histórica de superficie abastecida; la segunda aplicación se efectuó en una cuenca aforada, de manera que la comparación de resultados corresponde a los volúmenes de los hidrogramas estimados contra los escurrimientos observados.

Descripción del procedimiento propuesto

Consiste de tres partes; dos análisis, cada uno de los cuales permite obtener parámetros hidrológicos y/o estimaciones, que se emplean en la obtención de los hidrogramas anuales a través de la transformación lluvia-gasto, que constituye la parte final del procedimiento propuesto. Tales análisis y transformación son:

Análisis fisiográfico de la cuenca

Se debe estimar la magnitud de cuenca que drena hasta el sitio de la PD, en km². Con base en la red de cauces y el orden de corrientes se define el colector principal y se construye su perfil para obtener su longitud, desnivel total y pendiente promedio estimada con la fórmula de Taylor y Schwarz (Campos, 1998b). Estas magnitudes permiten realizar una estimación del

tiempo de concentración en horas (T_c), por medio de criterios y fórmulas empíricas. Por otra parte, con base en la información de las características superficiales de geología, suelos y vegetación de la cuenca, se selecciona el tipo hidrológico de suelo y el complejo hidrológico suelo-cobertura del *US Soil Conservation Service*, para obtener el número N de la curva de escurrimiento (Mockus, 1972; Campos, 1998b).

Además, a partir de la red pluviométrica disponible en la cuenca, su orografía, distribución de la red de cauces, uso general del terreno e información recabada en campo sobre el comportamiento de las tormentas (tipo, duración, trayectoria, etcétera) y sobre su respuesta hidrológica, se define o adopta una estación base o representativa de la precipitación o tormentas que dan origen en dicha cuenca al escurrimiento.

Análisis de la precipitación

Consiste de tres estimaciones para la cuenca. La primera corresponde a la precipitación máxima diaria más frecuente o moda, de los meses húmedos; la segunda, a la curva intensidad-duración-frecuencia (I-D-F) de periodo de retorno (T_r) dos años, y la tercera está asociada con la construcción de las curvas precipitación-duración (P-D) mensuales.

Primeramente se localizan todas las estaciones pluviométricas en la zona de la cuenca. Dependiendo del tamaño de la cuenca y de la densidad de la red –habrá varios casos, por ejemplo, cuando la densidad es adecuada– existirán estaciones dentro y fuera de la cuenca, y cuando es escasa, únicamente se contará, en el mejor de los casos, con una estación dentro de dicha cuenca. En el primer caso, los resultados de los análisis probabilísticos se ponderan con base en los polígonos de Thiessen para obtener los valores representativos de la cuenca.

A partir de los registros pluviométricos de lluvia máxima diaria mensual, se calcula la media aritmética para definir los meses de mayor precipitación o periodo húmedo. El procesamiento probabilístico de estos meses húmedos consiste en ajustar la distribución Pearson tipo III, en su versión de función mixta y a través del método de máxima verosimilitud (Thom, 1971; Haan, 1977; Campos, 1988), dada la posibilidad de ocurrencia de ceros en algunos meses. Con base en este modelo probabilístico se obtienen la mediana y la moda; la primera corresponde al valor de precipitación máxima diaria mensual con probabilidad del 50%; en cambio, la segunda equivale al valor más frecuente; comúnmente, dado el sesgo positivo de los datos, tiene probabilidad de excedencia de más del 50%, y por ello fue adoptada

como el valor anual que cabe esperar regularmente. Cuando existen varias estaciones en la cuenca, los valores anuales citados se ponderan por medio de los polígonos de Thiessen.

Además, se selecciona una de tales estaciones como base para el siguiente análisis. Como ya se indicó, ésta debe ser aceptada como representativa de las tormentas que ocurren en la cuenca y para ello se toman en cuenta su ubicación y amplitud de registro. La información pluviométrica de lluvias máximas diarias anuales de la estación base se somete a un procesamiento probabilístico más completo consistente en la aplicación de dos funciones de distribución: la Log-Pearson tipo III (Bobée y Ashkar, 1991; Campos, 2002a) y la general de valores extremos (Campos, 2001), así como un criterio de transformación de datos, método MIMEMA (Bethlahmy, 1977; Campos, 1999b). Para la adopción de los resultados que interesan, es decir, las lluvias diarias de periodos de retorno (Tr): 10, 25, 50 y 100 años (P_o^{Tr}); se toma en cuenta el error estándar de ajuste (EEA), expuesto por Kite (1977) y aplicado en Campos (1999a, 2001, 2002a). Para transformar los resultados P_o^{Tr} a precipitación máxima en 24 horas e igual periodo de retorno (P_{24h}^{Tr}) se multiplican por 1.13 (Weiss, 1964).

La segunda parte del análisis de precipitación consiste en estimar unas curvas I-D-F representativas de la cuenca. Cuando existe información pluviográfica adecuada, dichas curvas se derivan de ésta; pero en caso contrario, se comienza por ubicar la cuenca en el Cuaderno de isoyetas (SCT, 1990) o curvas de isointensidades en mm/h y se estiman los valores con duración de una hora ($t = 1$) y periodos de retorno que tienen tales curvas en la república mexicana de 10, 25 y 50 años; tales magnitudes se designan por P_1^{Tr} . Después se aplica la fórmula de Cheng-Lung Chen, cuya expresión es la siguiente (Chen, 1983; Campos y Gómez de Luna, 1990):

$$P_t^{Tr} = \frac{a P_1^{10} \log(10^{2-F} T_r^{F-1}) t}{60(t+b)^c} \quad (1)$$

en la cual P_t^{Tr} y P_1^{10} se expresan en milímetros, t en minutos y Tr en años; a, b y c son constantes que dependen del valor del cociente lluvia-duración R, están definidas en una gráfica, y F es el cociente lluvia-frecuencia. Los cocientes R y F tienen las expresiones siguientes:

$$R = P_1^{Tr} / P_{24h}^{Tr} \quad (2)$$

$$F = P_{24h}^{100} / P_{24h}^{10} \quad (3)$$

El valor de R se estima como la media de los tres valores que se pueden calcular, ya que se tienen datos de ambas precipitaciones para periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Con tal valor se calculan los parámetros a, b y c por medio de los polinomios de cuarto orden siguientes (Poole et al., 1983):

$$a = -2.297536 + 100.0389 \cdot R - 432.5438 \cdot R^2 + 1256.228 \cdot R^3 - 1028.902 \cdot R^4 \quad (4)$$

$$b = -9.845761 + 96.94864 \cdot R - 341.4349 \cdot R^2 + 757.9172 \cdot R^3 - 598.7461 \cdot R^4 \quad (5)$$

$$c = -0.06498345 + 5.069294 \cdot R - 16.08111 \cdot R^2 + 29.09596 \cdot R^3 - 20.06288 \cdot R^4 \quad (6)$$

Estas expresiones fueron calculadas con base en las seis parejas de valores R-a, R-b y R-c que presenta Chen (1983); sus correspondientes coeficientes de determinación son prácticamente del 100%.

Finalmente, la tercera parte del análisis de precipitación está orientado a construir las curvas precipitación-duración (P-D) mensuales de la cuenca y para ello se comienza por aplicar la ecuación 1 a duraciones (t) de una hora al doble del valor del tiempo de concentración (Tc) en intervalos horarios para un periodo de retorno de dos años. Con tales estimaciones se calculan los cocientes $R = (P_t / P_{24h})^{Tr=2}$.

Enseguida, los valores ponderados para la cuenca de la precipitación mensual más frecuente o moda se multiplican por los cocientes R previamente calculados para obtener las curvas P-D mensuales, cuyos valores se dibujan con las duraciones en horas en las abscisas y las precipitaciones en milímetros en las ordenadas.

Transformación lluvia-escorrentamiento

Ésta se realiza con base en el método del hidrograma unitario triangular (HUT), método normado por el US Bureau of Reclamation (Miller y Clark, 1974; Miller et al., 1977), a través de un procedimiento computacional establecido (Campos, 1991). Al utilizar como lluvias horarias las que se obtienen de las curvas P-D mensuales y los valores de Tc y N, el HUT define una creciente de respuesta que corresponde al hidrograma anual estacional (mensual) buscado, cuya área establece el volumen escurrido factible de utilizar. Se recomienda emplear otros criterios hidrológicos de estimación de crecientes que sean aplicables, con propósitos de verificación y/o contraste de los

resultados, principalmente del gasto pico; por ejemplo, se pueden emplear los métodos de Chow e I-Pai Wu (Springall, 1969; CFE, 1969).

Primera aplicación numérica: presa derivadora Ibarra, Guanajuato

Análisis fisiográfico de la cuenca

El procedimiento descrito se aplicó a la revisión hidrológica de la presa derivadora Ibarra, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes: latitud de 21°29'35" N; longitud de 101°29'15" W, y altitud de 2,133 msnm. La cuenca del proyecto (ilustración 1) abarca 420 km² y está comprendida en la carta hidrológica de aguas superficiales, escala 1:250,000, denominada Guanajuato, con clave F14-7; pertenece a la Región Hidrológica número 12 (Lerma-Santiago), cuenca I (Río Verde Grande) y subcuenca G (río de Los Lagos). En los primeros siete renglones del cuadro 1 se tienen las estimaciones de los parámetros fisiográficos de la cuenca.

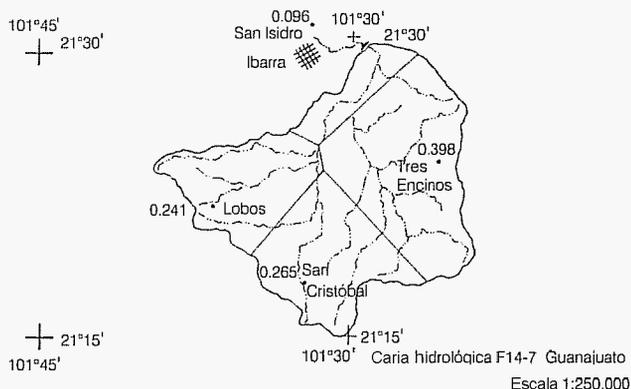
Análisis de la precipitación

Los siguientes veinte renglones del cuadro 1 corresponden a los cálculos y estimaciones del análisis de la precipitación, cuyo resultado final son las curvas P-D mensuales, mostradas en la ilustración 2.

Transformación lluvia-escurrimiento

Finalmente, en los tres últimos renglones del cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de transformación

Ilustración 1. Localización de la cuenca de la presa derivadora Ibarra, Guanajuato, de las estaciones pluviométricas utilizadas y polígonos de Thiessen.



lluvia-escurrimiento. En la ilustración 3 se muestra el hidrograma mensual de julio. En Campos (2002b) se pueden consultar los datos utilizados y los cálculos respectivos, así como unos anexos con material de apoyo a tales estimaciones.

Comprobación de resultados

Existen diversas maneras de contrastar los resultados contra la información histórica de campo disponible, pero quizás la forma más simple consiste en obtener la superficie mensual factible de anegar. Sabiendo que la lámina con la que se encharca tal superficie es del orden de 50 cm, esto es, que se tiene una demanda de unos 5,000 m³ por hectárea, entonces, de acuerdo con los volúmenes escurridos estimados (último renglón del cuadro 1) las superficies factibles de inundar resultan ser: 28.1, 239.2, 180.9 y 33.3 hectáreas. La suma de tales magnitudes (481.5ha) coincide bastante bien con el valor anual histórico reportado de 450 a 500 hectáreas.

Segunda aplicación numérica: estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí

Periodo de registro virgen

La estación hidrométrica Nogal Oscuro, clave 26337 (CNA, 1997), es el primer punto de aforo del Río Verde del estado de San Luis Potosí, cuya área de cuenca es de 2,244 km². Su registro disponible abarca de noviembre de 1964 a diciembre de 2000. Al tomar en cuenta que de 1976 a 1981 se realizó la construcción de la Presa Golondrinas sobre uno de los dos colectores que forman el Río Verde, el Río San Nicolás, y con un área drenada hasta su ubicación de 863 km², se definió como periodo de estudio (registro virgen) de enero de 1965 a diciembre de 1977. Los volúmenes escurridos mensuales respectivos al periodo virgen de sólo 13 años se presentan en el cuadro 2.

Análisis fisiográfico de la cuenca

Las coordenadas geográficas de la estación hidrométrica Nogal Oscuro son las siguientes longitud de 100°12' W, latitud de 22°02' N y altitud de 1,050 msnm, por ello está localizada en la carta hidrológica F14-4, escala 1 250,000, denominada San Luis Potosí Sin embargo, la porción sureste de su cuenca queda localizada en la carta inferior F14-7 (Guanajuato) La cuenca pertenece a la Región Hidrológica núm 26 (Pánuco), cuenca C (Río Tamuín) y subcuenca H (Río Verde). En la ilustración 4 se muestra tanto la

Cuadro 1. Resumen de resultados hidrológicos en la presa derivadora Ibarra, Guanajuato.

Descripción del cálculo o parámetro	Nombre y/o magnitud					
Área de cuenca (km ²)	420.0					
Colector principal	Arroyo Argüello-Grande-Torreón					
Longitud del cauce principal (km)	35.825					
Desnivel del cauce principal (m)	547.0					
Pendiente promedio del cauce principal (%)	0.734					
Tiempo de concentración (h)	6.0					
Grupo hidrológico de suelos	D					
Número N de la curva de escurrimiento	83					
Estación pluviométrica base y % de influencia	San Cristóbal (26.5)					
P_{24h}^{Tr} con $Tr = 10, 25, 50$ y 100 años (mm)	83.6, 97.2, 107.4 y 118.6					
P_{1h}^{Tr} con $Tr = 10, 25$ y 50 años (mm)	48, 58 y 63					
Cociente promedio lluvia-duración (R)	0.586					
Parámetros a, b y c	39.253, 11.630 y 0.873					
Cociente lluvia-frecuencia (F)	1.4187					
Estación pluviométrica auxiliar y % de influencia	Lobos (24.1)					
Estación pluviométrica auxiliar y % de influencia	Tres Encinos (39.8)					
Estación pluviométrica auxiliar y % de influencia	San Isidro (9.6)					
Meses del periodo húmedo	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	
Moda en la cuenca de duración 24 horas (mm)	18.6	30.6	27.7	19.3	14.6	
Precipitación de duración 1 hora (R = 0.576)	10.7	17.6	16.0	11.1	8.4	
Precipitación de duración 2 horas (R = 0.677)	12.6	20.7	18.8	13.1	9.9	
Precipitación de duración 3 horas (R = 0.732)	13.6	22.4	20.3	14.1	10.7	
Precipitación de duración 4 horas (R = 0.769)	14.3	23.5	21.3	14.8	11.2	
Precipitación de duración 5 horas (R = 0.798)	14.8	24.4	22.1	15.4	11.7	
Precipitación de duración 6 horas (R = 0.821)	15.3	25.1	22.7	15.8	12.0	
Precipitación de duración 8 horas (R = 0.857)	15.9	26.2	23.7	16.5	12.5	
Precipitación de duración 10 horas (R = 0.886)	16.5	27.1	24.5	17.1	12.9	
Precipitación de duración 12 horas (R = 0.909)	16.9	27.8	25.2	17.5	13.3	
Gasto de pico según el método de Chow (m ³ /s)	6.8	49.8	36.2	8.1	1.0	
Gasto de pico según el método del HUT (m ³ /s)	6.9	56.1	40.5	8.2	0.5	
Volumen escurrido bajo el hidrograma (10 ⁶ ·m ³)	0.141	1.196	0.905	0.166	-	

localización geográfica de esta cuenca como sus polígonos de Thiessen construidos con base en las seis estaciones pluviométricas empleadas.

Definido el colector principal como el Arroyo Hondo-Arroyo Armadillo-Río San Nicolás-Río Santa Catarina-Río Verde, se dibujó su perfil y entonces se obtuvieron sus siguientes parámetros físicos: desnivel total (H) igual a 1,350 m, longitud (L) 87.0 km y pendiente promedio de 0.76%. Con base en los datos anteriores se aplicaron varios criterios y fórmulas empíricas para estimar el llamado tiempo de concentración (Tc) de la cuenca, el cual se adoptó igual a 14.0 horas.

Por otra parte, con base en las características geológicas y de cobertura vegetal de la cuenca, se consideró conveniente seleccionar suelos tipo D, con 85% de bosque y 5% de pradera natural, ambos en condición hidrológica pobre, y un 10% de superficie

impermeable correspondiente a los afloramientos rocosos. Por lo anterior, el número N de la curva de escurrimiento de la cuenca resulta de 85.

Análisis de la precipitación

Se dispone de seis estaciones pluviométricas (IMTA, 1996) en la cuenca, con una distribución irregular que deja una gran extensión central sin mediciones (ver ilustración 8); además, una de ellas, Faro Gallinas, está localizada a sólo 3 km de la estación Nogal Oscuro y por ello no fue utilizada, pues se considera más confiable el registro de esta última. De todas las estaciones pluviométricas circunvecinas cercanas, Zaragoza, Villa Hidalgo, Cerritos, Villa Juárez, Pastora, Río Verde y San José Alburquerque, solamente la última está dentro de la misma región geográfica de la cuenca y por ello fue la

Ilustración 2 Curvas precipitación-duración para la lluvia más frecuente (moda) mensual en la cuenca de la presa derivadora Ibarra, Guanajuato.

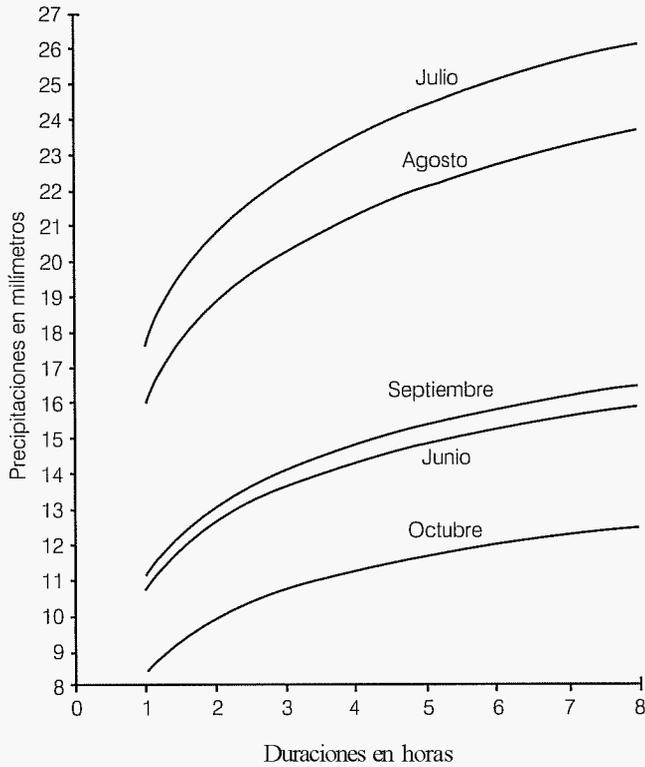
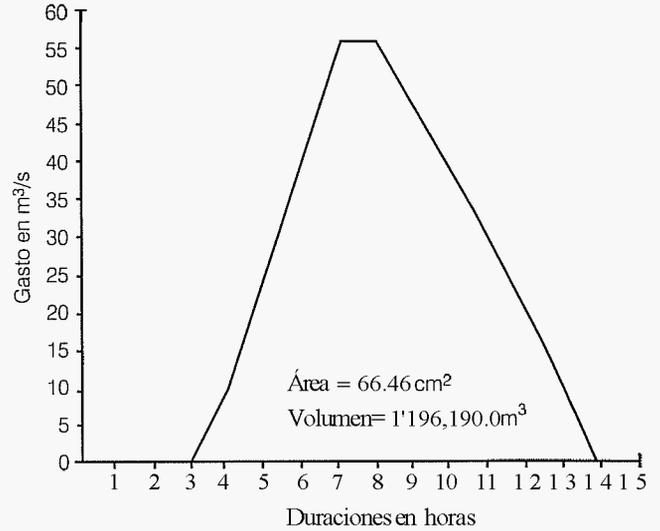


Ilustración 3. Hidrograma anual del mes de julio en la cuenca de la presa derivadora Ibarra, Guanajuato.



única que se utilizó en la definición de los polígonos de Thiessen (ilustración 4).

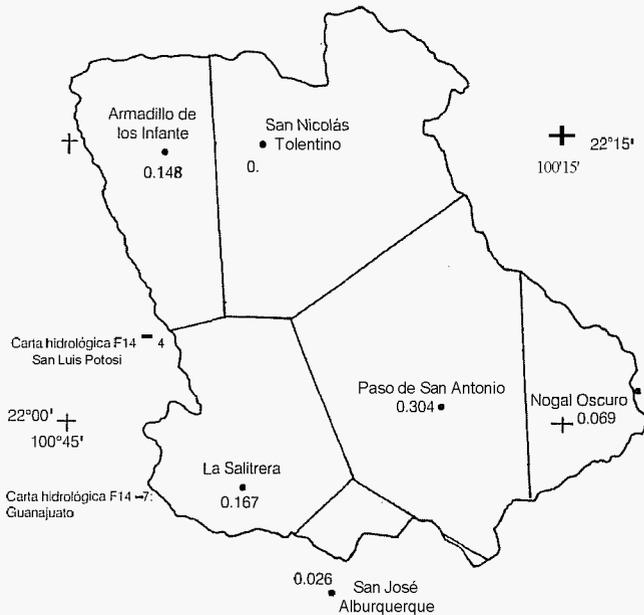
Como estación base se adoptó Paso de San Antonio, por ser la más cercana al centro de gravedad de la cuenca y tener el mayor registro disponible. Con

Cuadro 2. Volúmenes escurridos mensuales ($10^6 \cdot m^3$) en la estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí (periodo de registro virgen).

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
1965	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	1.049	0.958	10.192	0.882	0.443	0.000	0.000	13.548
1966	0.000	0.000	0.000	0.000	5.419	63.854	9.986	6.182	1.358	30.502	0.000	0.000	117.301
1967	0.000	0.000	0.000	0.000	1.231	2.647	0.752	61.668	118.641	93.083	2.488	0.000	280.510
1968	0.000	0.000	0.000	0.000	0.489	4.217	3.920	5.586	64.787	10.876	0.000	0.000	89.875
1969	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.351	20.707	58.422	92.288	0.000	0.000	0.000	171.768
1970	0.000	0.000	0.000	0.000	0.093	22.136	16.942	8.704	59.816	11.195	0.000	0.000	118.886
1971	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	39.089	6.811	65.700	20.030	32.240	0.000	0.000	163.870
1972	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.309	41.199	5.193	0.000	0.000	0.000	0.000	46.701
1973	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	33.815	53.914	50.633	7.346	1.322	0.000	0.000	147.126
1974	0.000	0.000	0.071	0.000	0.000	1.412	5.807	0.151	70.740	4.810	0.000	0.000	82.991
1975	0.000	0.000	0.000	0.000	0.404	1.265	13.969	9.946	83.282	0.064	0.000	0.000	108.630
1976	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.391	225.416	9.138	16.056	14.542	3.085	0.290	273.918
1977	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	2.295	0.000	0.211	9.289	0.000	0.000	0.000	11.860
m.a.*	0.000	0.000	0.005	0.000	0.602	13.679	30.799	22.417	41.886	15.314	0.429	0.022	125.153
m.m.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	2.647	9.986	9.138	20.030	4.810	0.000	0.000	117.301
m.p.	-	-	-	-	-	6.516	14.327	12.105	24.611	4.286	-	-	101.996
e.p.-	-	-	-	-	-	1.464	2.468	3.382	6.757	0.000	-	-	56.263

* Simbología:
 m.a = media aritmética.
 m.m. = mediana muestral.
 m.p. = mediana poblacional o evento con probabilidad de excedencia del 50%.
 e.p. = evento con probabilidad de excedencia del 75%.

Ilustración 4. Polígonos de Thiessen de la cuenca de la estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí.



base en todas las estimaciones realizadas para la moda en las seis estaciones pluviométricas empleadas se adoptó como periodo húmedo junio a octubre. En el cuadro 3 se muestra una parte de los datos y resultados obtenidos, los cuales se realizaron a partir del ajuste de la distribución gamma mixta. Al aplicar los factores de ponderación de los polígonos de Thiessen se obtiene la moda de la cuenca en los meses húmedos, designada en el cuadro 4 como precipitación diaria (P), misma que se transforma a una duración de 24 horas.

Por otra parte, los valores máximos anuales de precipitación diaria de la estación base Paso de San Antonio fueron procesados probabilísticamente para estimar magnitudes asociadas con periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Tales datos y sus resultados se han concentrado en el cuadro 5.

Los valores obtenidos del Cuaderno de isoyetas (páginas 369, 374 y 379) para la precipitación P_{1/T_r} , con $T_r = 10, 25$ y 50 años, en un punto que representa aproximadamente el centro de gravedad de la cuenca, fueron 58, 70 y 80 milímetros, respectivamente. Entonces, los cocientes R que se pueden calcular según estos datos y los resultados del cuadro 5 son:

$$R = 58/97.2 = 0.5967 \quad R = 70/111.9 = 0.6256 \\ R = 80/122.0 = 0.6557$$

de manera que el valor promedio será $R = 0.626$; entonces los valores de los parámetros a, b y c , según

las ecuaciones 4 a 6, resultan ser $a = 40.989, b = 11.024$ y $c = 0.863$. En cambio, el cociente F resultó igual a $F = 132.2/97.2 = 1.3601$.

En el cuadro 6 se presenta la aplicación de la fórmula de Chen y el cálculo de sus respectivos cocientes R , los cuales permiten la estimación de las curvas P-D mensuales, según se muestra en la mitad inferior del cuadro 4; en la ilustración 5 se han dibujado tales curvas.

Transformación lluvia-escurrencia

Debido a la magnitud de la cuenca ($2,244 \text{ km}^2$), únicamente resulta aplicable el método del HUT, por ello en el cuadro 7 sólo se presentan los gastos máximos de los hidrogramas que se obtienen con tal criterio. En la ilustración 6 se ha dibujado el hidrograma estacional de septiembre, cuya área transformada a volumen está consignada en el cuadro 7. En Campos (2002b) se exponen con mayor detalle las estimaciones y los cálculos descritos anteriormente.

Comprobación de resultados

A los datos de escurrencia mensual del periodo virgen en la estación hidrométrica Nogal Oscuro (cuadro 2) se les ajustó la función gamma mixta para estimar su moda, pero en la mayoría de los meses húmedos tal valor no existe, porque la función de densidad de probabilidad de los volúmenes escurrecidos es del tipo J invertida (Haan, 1977); entonces se evaluó el valor cuya probabilidad de excedencia es del 75%, como una aproximación o estimación de la moda. Los resultados del último renglón del cuadro 2 coinciden bastante bien con las estimaciones a las que condujo el procedimiento propuesto (último renglón del cuadro 7).

Conclusiones

Primera: el procedimiento propuesto tiene bases teóricas probabilísticas y utiliza técnicas de tipo hidrológico que han probado su consistencia. Lo anterior se refiere a la definición de la precipitación diaria mensual más probable o frecuente de ocurrir (moda), a su distribución en el tiempo con base en unas curvas I-D-F de la cuenca y finalmente a su transformación a gasto, por medio del método del hidrograma unitario triangular. Para facilitar la aplicación del procedimiento propuesto, en la ilustración 7 se muestra un diagrama de flujo que indica los datos necesarios y la secuencia de cálculos.

Segunda: el procedimiento descrito únicamente se ha aplicado a un caso real (información histórica) y a una

Cuadro 3. Precipitaciones máximas diarias mensuales (mm) en los pluviómetros indicados (cuenca de la estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí).

Año	Armadillo de los infante					San Nicolás Tolentino					La Salitrera					Nogal Oscuro					
	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	
1961	41.5	18.0	35.0	56.0	16.5	45.0	15.0	80.0	51.0	15.0	49.0	8.5	40.2	39.4	8.9	SD	SD	SD	SD	SD	
1962	39.0	14.0	12.0	9.0	13.5	66.0	4.0	33.0	33.0	6.0	19.0	12.0	12.0	10.8	3.7	SD	SD	SD	SD	SD	
1963	24.0	19.5	22.5	22.5	12.5	17.0	22.0	15.0	15.0	20.0	28.3	19.6	21.8	17.1	31.0	SD	SD	SD	SD	SD	
1964	14.0	20.0	9.5	42.5	17.0	0	36.0	32.0	65.0	8.0	7.0	21.0	14.0	32.5	4.7	SD	SD	SD	SD	SD	
1965	7.0	7.0	22.0	10.0	6.0	25.0	24.0	36.0	19.0	13.0	23.7	19.0	29.0	13.4	9.0	SD	SD	SD	SD	SD	
1966	36.0	29.0	13.0	14.0	52.0	20.0	20.0	20.0	13.0	20.0	27.0	24.5	25.5	23.2	45.2	118.2	83.5	17.5	9.9	43.9	
1967	27.0	12.0	89.5	85.0	46.0	18.0	35.0	53.0	33.0	66.0	61.0	11.5	56.0	53.5	37.0	23.5	3.2	40.0	64.3	50.5	
1968	34.0	17.0	45.0	48.0	6.0	32.0	46.0	73.0	62.0	28.0	36.0	20.0	24.5	27.5	14.0	62.2	118.9	9.6	35.2	9.4	
1969	27.0	115.0	86.5	38.0	10.0	32.0	SD	55.0	44.0	SD	21.0	SD	90.5	SD	18.0	28.8	16.2	44.2	SD	9.1	
1970	129.0	33.5	30.0	31.0	2.0	60.0	63.0	40.0	28.0	0.0	36.0	66.0	38.5	30.0	3.0	47.1	52.4	35.5	30.7	1.0	
1971	53.0	12.0	56.5	40.0	17.5	58.0	13.0	47.0	24.6	23.0	45.0	13.5	30.5	21.5	25.0	57.7	7.5	52.2	40.2	23.3	
1972	10.0	22.0	17.0	10.0	7.0	58.0	28.0	20.0	13.0	6.0	25.5	28.0	8.0	13.0	10.5	19.8	22.5	6.7	18.3	31.0	
1973	41.5	33.5	47.0	6.5	19.5	43.0	33.0	70.0	14.0	14.0	70.0	30.0	25.5	9.0	9.0	29.3	37.2	50.1	51.5	13.1	
1974	29.0	21.0	10.0	61.5	10.0	30.0	18.0	13.0	42.0	6.0	37.0	16.5	12.5	72.5	5.0	32.0	52.2	32.0	42.4	7.3	
1975	30.5	36.0	20.5	32.0	7.0	23.0	103.0	22.0	27.0	40.0	10.5	27.5	27.0	48.0	10.5	54.4	41.1	30.5	24.7	29.0	
1976	30.0	90.0	23.5	35.5	17.0	68.0	82.0	10.0	33.0	17.0	40.5	47.5	18.5	15.5	26.0	28.6	120.4	18.0	26.1	17.2	
1977	43.0	8.5	21.5	5.5	SD	70.0	8.0	27.0	80.0	SD	25.5	67.0	20.0	64.0	SD	51.7	7.4	45.2	72.4	22.5	
1978	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	70.4	48.4	10.0	65.2	6.8	
1979	SD	79.5	31.0	120.0	0.0	SD	49.0	40.0	40.0	1.0	SD	SD	SD	SD	SD	29.0	43.0	69.5	40.5	5.0	
1980	2.5	10.5	20.0	15.0	10.0	2.0	66.0	36.0	22.0	12.0	4.0	11.0	SD	SD	27.5	2.2	11.4	32.7	26.0	36.0	
1981	65.0	44.0	11.0	19.0	7.5	72.0	20.0	7.0	20.0	11.0	SD	24.0	32.0	36.0	12.4	76.5	53.2	23.2	18.7	22.2	
1982	23.0	9.5	11.0	17.0	27.5	4.5	30.1	13.0	13.0	40.0	37.2	8.0	14.3	23.3	23.0	3.6	1	2	45.0	21.3	34.0
1983	11.5	54.0	10.0	20.0	23.0	12.1	30.0	0	20.1	1.0	3.0	3.0	13.0	37.4	SD	30.5	77.0	23.5	28.3	24.7	
1984	11.5	24.5	12.0	28.0	9.5	7.0	60.1	26.0	20.0	11.0	9.9	33.0	14.3	29.0	9.6	23.0	30.0	15.9	49.0	18.8	
1985	44.0	44.0	12.0	13.0	4.0	47.0	52.0	48.0	22.0	3.0	SD	SD	SD	SD	SD	82.5	47.9	7.5	15.8	6.9	
ND	23	24	24	24	23	23	23	24	24	22	21	21	21	20	20	20	20	20	19	20	
M.A.	33.6	32.3	27.8	32.5	14.8	35.7	37.3	34.8	31.4	15.5	29.3	24.3	27.0	30.8	16.7	43.6	44.3	30.4	35.8	20.6	
MED	28.3	26.9	23.8	26.8	12.5	29.4	3	2	31.0	28.6	24.9	21.0	24.6	27.8	14.1	36.0	35.3	26.9	33.0	17.0	
Moda	16.6	15.2	15.2	14.5	7.8	15.4	20.9	22.8	22.8	3.6	15.2	13.8	18.4	21.6	8.5	19.4	15.1	19.3	27.2	9.1	

Simbología:

SD sin dato. M.A. media aritmética
ND número de datos. MED mediana.**Cuadro 4. Precipitación diaria (mm) más frecuente (moda) y valores horarios estiniados en la cuenca de la estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí.**

Estación (*)	Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	Moda	MP**	Moda	MP	Moda	MP	Moda	MP	Moda	MP
A. de los Inf. (0.148)	16.6	2.5	15.2	2.2	15.2	2.2	14.5	2.1	7.8	1.2
San Nicolás T. (0.286)	15.4	4.4	20.9	6.0	22.8	6.5	22.8	6.5	3.6	1.0
La Salitrera (0.167)	15.2	2.5	13.8	2.3	18.4	3.1	21.6	3.6	8.5	1.4
Paso de S. A. (0.304)	19.4	5.9	21.6	6.6	22.1	6.7	26.3	8.0	9.5	2.9
Nogal Oscuro (0.069)	19.4	1.3	15.1	1.0	19.3	1.3	27.2	1.9	9.1	0.6
San José A. (0.026)	17.2	0.4	10.5	0.3	13.4	0.3	12.3	0.3	4.2	0.1
Precip. diaria (PD)	-	17.0	-	18.4	-	20.1	-	22.4	-	7.2
Precipitación (P _{24h})	-	19.2	-	20.8	-	22.7	-	25.3	-	8.1
P _{1h} (0.563)	-	10.8	-	11.7	-	12.8	-	14.2	-	4.6
P _{2h} (0.664)	-	12.7	-	13.8	-	15.1	-	16.8	-	5.4
P _{3h} (0.720)	-	13.8	-	15.0	-	16.3	-	18.2	-	5.8
P _{4h} (0.758)	-	14.6	-	15.8	-	17.2	-	19.2	-	6.1
P _{5h} (0.787)	-	15.1	-	16.4	-	17.9	-	19.9	-	6.4
P _{6h} (0.811)	-	15.6	-	16.9	-	18.4	-	20.5	-	6.6
P _{8h} (0.849)	-	16.3	-	17.7	-	19.3	-	21.5	-	6.9
P _{12h} (0.904)	-	17.4	-	18.8	-	20.5	-	22.9	-	7.3
P _{18h} (0.959)	-	18.4	-	19.9	-	21.8	-	24.3	-	7.8

* Ponderación según patógenos de Thiessen.

**MP = moda ponderada.

Cuadro 5. Datos y resultados del procesamiento probabilístico de las precipitaciones máximas diarias anuales (mm) en la estación base Paseo de San Antonio de la cuenca de la estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí.

Año	P (mm)	Año	P (mm)	Año	P (mm)
1944	52.5	1957	43.6	1970	44.2
1945	33.0	1958	52.0	1971	65.0
1946	86.0	1959	29.0	1972	70.0
1947	64.0	1960	20.2	1973	46.0
1948	43.0	1961	61.5	1974	75.0
1949	35.2	1962	32.4	1975	33.0
1950	31.0	1963	46.0	1976	87.8
1951	98.5	1964	46.5	1977	75.0
1952	67.7	1965	55.1	1978	68.0
1953	52.2	1966	101.0	1979	69.5
1954	61.9	1967	65.0	1980	47.0
1955	66.5	1968	110.0	1981	58.0
1956	44.2	1969	60.0	1982	DE

DE = dato posiblemente erróneo.

Procedimiento aplicado:	EEA*	Periodos de retorno en años			
		10	25	50	100
Transformación MIMEMA	3.2	86.1	97.8	105.3	112.1
Distribución Log-Pearson tipo III	3.3	85.7	98.3	106.9	114.7
Distribución general de valores extremos	2.8	86.0	99.4	108.6	117.2
Valores adoptados diarios (P_D^{Tn}):	-	86.0	99.0	108.0	117.0
Valores adoptados de 24 horas (P_{24}^{Tn}):	-	97.2	111.9	122.0	132.2

* EEA = error estándar de ajuste en milímetros.

estación hidrométrica, con resultados, en ambos casos, bastante satisfactorios, por ello se debe proseguir con un contraste y/o verificación en cuencas aforadas que tengan características geográficas y magnitudes disímiles para poder apreciar su confiabilidad.

Tercera: la desventaja fundamental del procedimiento propuesto radica en la caracterización de la cuenca mediante el número N de la curva de escurrimiento, por lo cual es imprescindible un recorrido aéreo o terrestre de la cuenca, según la magnitud de ésta, para obtener información detallada y precisa de sus características geológicas, edafológicas, de cobertura vegetal y usos del terreno. Sin embargo, esta desventaja también puede ser la mejor característica del procedimiento propuesto, pues al aplicarlo en cuencas aforadas permite la calibración del parámetro N de dicha cuenca. Lo anterior debido a que los procedimientos de calibración del

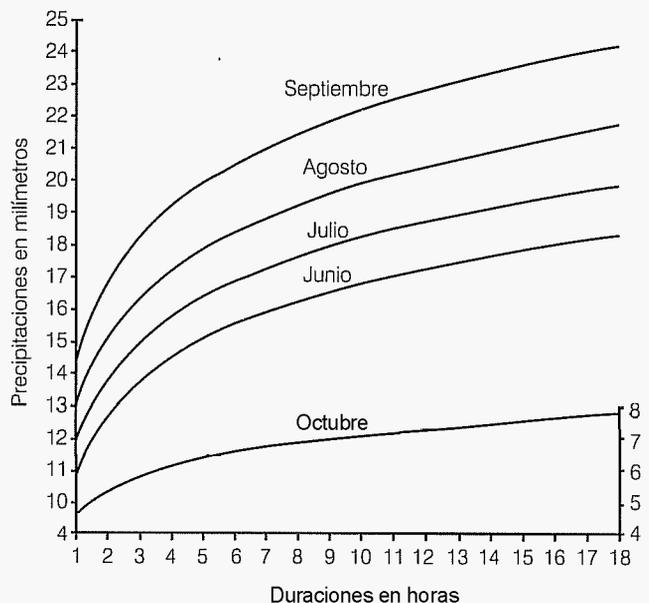
Cuadro 6. Precipitaciones y cocientes $R = P_t^2/P_{24}^2$ estimados con la fórmula de Chen* para las duraciones indicadas y periodos de retorno de dos años en la estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí.

Duración ten minutos (horas)	P_t^2 (mm)	R
60 (1)	44.9	0.563
120 (2)	52.9	0.664
180 (3)	57.3	0.720
240 (4)	60.4	0.758
300 (5)	62.7	0.787
360 (6)	64.6	0.811
480 (8)	67.6	0.849
600 (10)	70.0	0.879
720 (12)	72.0	0.904
1,080 (18)	76.4	0.959
1,440 (24)	79.6	1.000

*Datos:

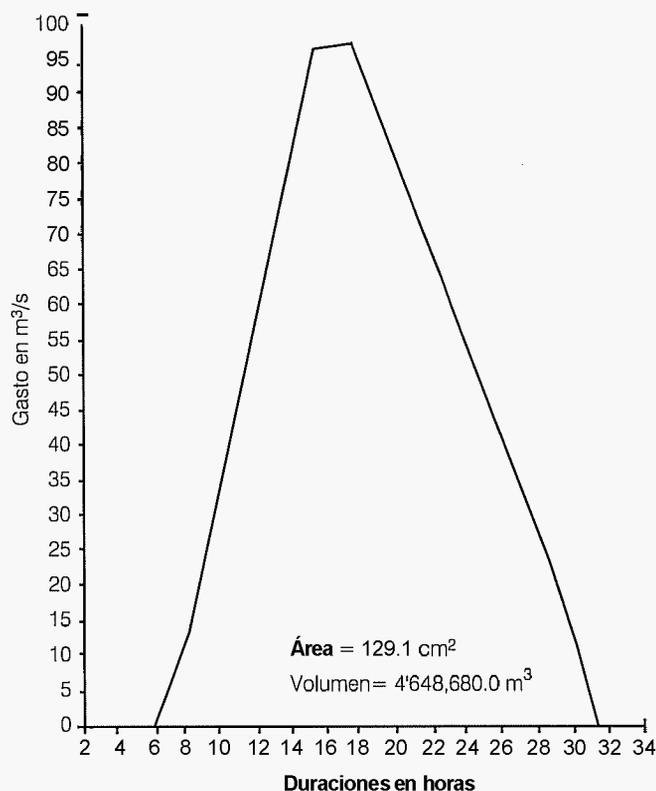
$R = 0.626$ $a = 40.989$ $b = 11.024$ $c = 0.863$
 $F = 1.360$ $P_1^{10} = 58 \text{ mm}$

Ilustración 5. Curvas precipitación-duración para la lluvia más frecuente (moda) mensual en la cuenca de la estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí.



número N basados en crecientes o avenidas máximas (Raynal Campos, 1988; Campos, 1994), rigurosamente requieren el hietograma de la tormenta que la originó, lo cual implica disponer de cuando menos un pluviógrafo en la cuenca; en cambio, el procedimiento propuesto utiliza solamente datos de pluviómetros.

Ilustración 6. Hidrograma anual del mes de septiembre en la cuenca de la estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí.



Recibido: 0211012003
Aprobado: 1011212003

Referencias

BETHLAHMY, N. Flood analysis by SMEMAX transformation. *Journal of the Hydraulics Division*, Vol. 103, núm. HY1, 1977, pp. 69-78.

BOBÉE, B. y ASHKAR, F. The gamma family and derived distributions applied in hydrology. Chapter 7: Log-Pearson type 3 distribution LP (α , λ , m), Littleton, EUA: Water Resources Publications, 1991, pp. 76-120.

CAMPOS, D.F. Función de distribución de probabilidades gamma mixta: soluciones y aplicaciones. *10º Congreso*

Nacionalde Hidráulica (AMH). Tomo II. Subtema 6. Morelia, México, del 18 al 21 de octubre, 1988, pp. 318-322.

CAMPOS, D.F. y GÓMEZ DE LUNA, R. Procedimiento para obtener curvas $I-D-Tr$ a partir de registros pluviométricos. *Ingeniería hidráulica en México*. Vol. V, núm. 2, mayo-agosto, 1990, pp. 39-52.

CAMPOS, D.F. Programa para el método del hidrograma unitario triangular de estimación de crecientes. *XVII Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería (ANIAC)*. Monterrey, México, del 18 al 20 de septiembre, 1991, pp.109-113.

CAMPOS A., D.F. Algoritmo para pronóstico de crecientes en cuencas rurales discretizadas. *XIX Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería (ANIAC)*. Tema: Hidráulica. Acapulco, México, del 22 al 24 de septiembre, 1993, pp. 113-117.

CAMPOS, D.F. Modelo matemático determinístico para pronóstico de crecientes en cuencas rurales. *Ingeniería hidráulica en México*. Vol. IX, núm. 1, enero-abril, 1994, pp. 43-61.

CAMPOS, D.F. Estimación numérica de los parámetros del método de Muskingum por medio de optimización. *Agrociencia*. Vol. 32, núm. 2, abril-junio, 1998a, pp. 101-111.

CAMPOS, D.F. Procesos del ciclo hidrológico. Capítulo 2: Geomorfología de la cuenca y anexo D: números de la curva de escurrimiento (N) de los complejos hidrológicos suelo-cobertura del US Conservation Service. Tercera reimpresión. San Luis Potosí, México: Editorial Universitaria Potosina, 1998b.

CAMPOS, D.F. Hacia el enfoque global en el análisis de frecuencia de crecientes. *Ingeniería hidráulica en México*. Vol. XIV, núm. 1, enero-abril, 1999a, pp. 23-42.

CAMPOS, D.F. Dos técnicas no convencionales y disímiles del análisis de frecuencia de crecientes. *Tlálac (AMH)*. Núm. 15, mayo-agosto, 1999b, pp. 22-27.

CAMPOS, D.F. Tránsito hidrológico de crecientes en ríos con flujo lateral. *Agrociencia*. Vol. 34, núm. 3, mayo-junio, 2000, pp. 271-281.

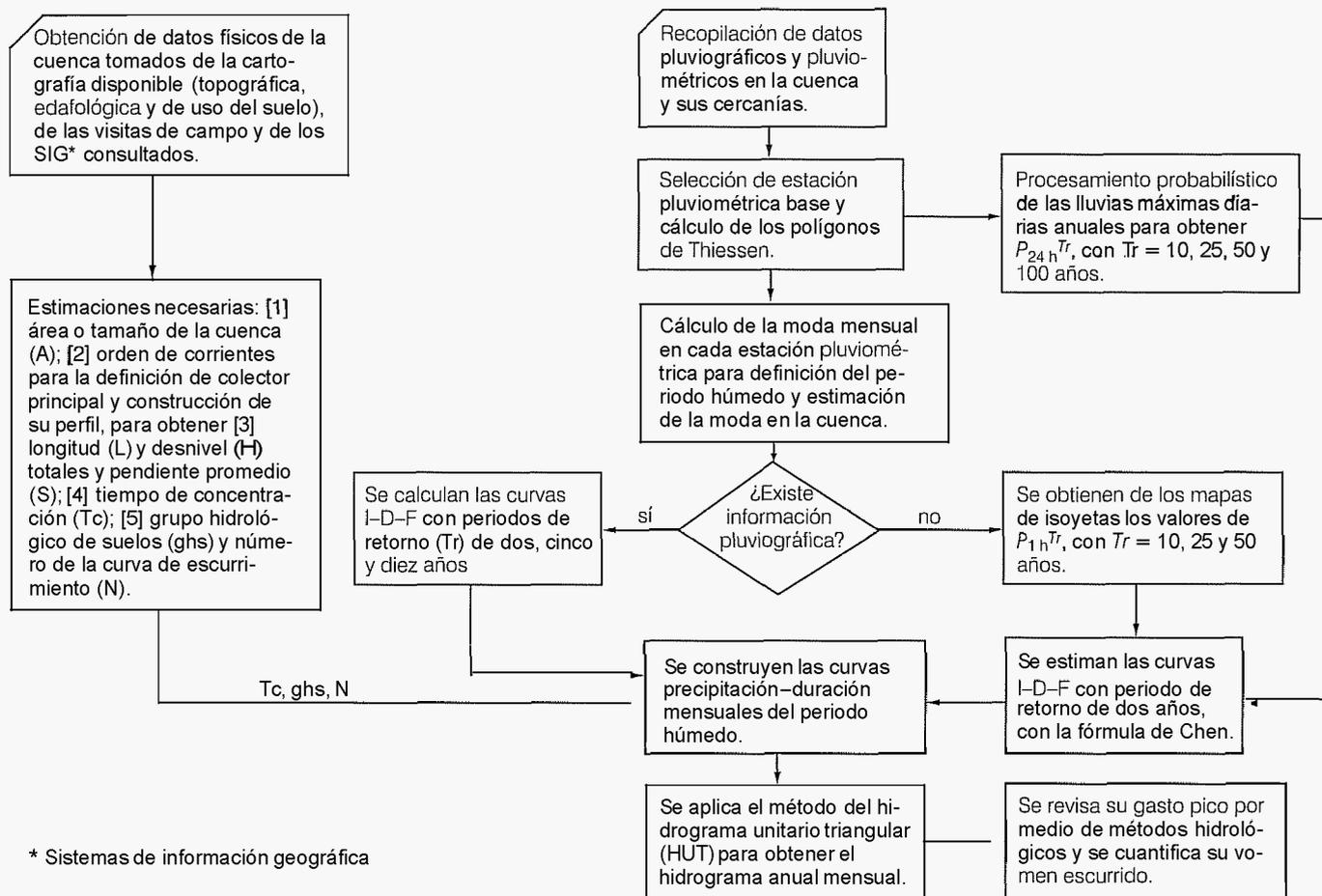
CAMPOS, D.F. Contraste de cinco métodos de ajuste de la distribución GVE en 31 registros históricos de eventos máximos anuales. *Ingeniería hidráulica en México*. Vol. XVI, núm. 2, abril-junio, 2001, pp. 77-92.

CAMPOS, D.F. Contraste de seis métodos de ajuste de la distribución Log-Pearson tipo III en 31 registros históricos

Cuadro 7. Resultados de la etapa de transformación en la estación hidrométrica Nogal Oscuro, San Luis Potosí.

Concepto	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Método del HUT (m³/s)	34.4	47.8	65.6	96.7	0.0
Volumen escurrido (m³)	1'619,136.0	2'258,496.0	3'115,800.0	4'648,680.0	-

Ilustración 7. Diagrama de flujo del procedimiento propuesto.



* Sistemas de información geográfica

de eventos máximos anuales. Ingeniería hidráulica en México. Vol. XVII, núm. 2, abril-junio, 2002a, pp. 77-97.

CAMPOS, D.F. Contraste del procedimiento propuesto para estimar hidrogramas anuales estacionales en cuencas sin aforos. Informe del proyecto de investigación. CIEP-Facultad de Ingeniería de la UASLP, diciembre, 2002b, 65 pp.

CFE. Manual de diseño de obras civiles. Sección A: datos hidrológicos y geológicos. México, D. F.: Instituto de Investigaciones de la Industria Eléctrica/Comisión Federal de Electricidad, 1969, pp. 2 a 86 y 107 a 160.

CNA. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS). Seis CD's. Jiutepec, México: IMTA, Semarnap, Comisión Nacional del Agua, 1997.

CHEN, C.-L. Rainfall intensity-duration-frequency formulas. *Journal of the hydraulics engineering*. Vol. 109, núm. 12, 1983, pp. 1603-1621.

HAAN, C.T. Chapter 6: Some continuous probability distributions. *Statistical methods in hydrology*. Ames, Iowa: The Iowa State University Press, 1977, pp. 92-127.

IMTA. Extractor Rápido de Información Climatológica, ERIC. Colección Proyectos IMTA, Serie Programas. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1996.

KITE, G.W. Frequency and risk analyses in hydrology. Chapter 12: Comparison of frequency distributions, *Water Resources Publications*. Fort Collins, Co., 1977, pp. 156-168.

MILLER, D.L. y CLARK, R.A. Estudio de avenidas. Capítulo 2. *Diseño de presas pequeñas*. Cuarta reimpression. México, D. F.: Compañía Editorial Continental, S.A., 1974, pp. 53-95.

MILLER, D.L., CLARK, R.A. & SCHAMACH, S. Flood studies. Chapter III. Design of small dams. Revised reprint. Washington, D.C.: US Bureau of Reclamation, 1977, pp. 37-95.

- MOCKUS, V. Hydrologic soil-cover complexes. Chapter 9. National engineering handbook. Section 4: Hydrology. Washington, D.C.: Soil Conservation Service, 1972.
- POOLE, L., BORCHERS, M. y CASTLEWITZ, D.M. Algunos programas de uso común en BASIC. Programa: Regresión de orden N. México, D.F.: Osborne/McGraw-Hill, 1983, pp. 155-157.
- RAYNAL, J.A. y CAMPOS, D.F. Modelo de precipitación-escorrimento de eventos. 10' Congreso Nacional de Hidráulica (AMH). Tomo II. Subtema 6. Morelia, México, del 18 al 21 de octubre, 1988, pp. 531-542.
- SCT. Isoyetas de intensidad-duración-frecuencia. República mexicana. México, D.F.: Subsecretaría de Infraestructura. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1990, 495 pp.
- SPRINGALL, R. Drenaje en cuencas pequeñas. Publicación núm. 143. México, D. F.: Instituto de Ingeniería de la UNAM, 1969, 24 pp.
- THOM, C.S. *Some methods of climatological analysis*. Theme 3.1.2: The gamma distribution, Technical Note No. 81. WMO núm. 199. TP. 103. Geneva, Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization, 1971, pp. 20-22.
- VELASCO, O. Presas de derivación. Modelo México 4. México, D.F.: Plan Nacional de Obras Hidráulicas para el Desarrollo Rural, SRH, 1975, 242 páginas y cinco planos.
- WEISS, L.L. Ratio of true fixed-interval maximum rainfall. *Journal of Hydraulics Division*. Vol. 90, núm. HY1, 1964, pp. 77-82.

Abstract

CAMPOS-ARANDA, D.F. Seasonal annual hydrographs estimation in watersheds without gauging records. *Hydraulic engineering in Mexico (in Spanish)*. Vol. XX, no. 1, January-March, 2005, pp. 43-55.

This article sets out to describe where diversion dams of flashing waters are necessary, whose hydrologic calculations for design are the annual hydrographs, which allow to estimate the feasible runoff volumes to be derived each year. Next, the limitations of the proposed procedure are defined and a detailed exposure is addressed through the estimations that integrate the procedure, which are calculation of the physical watershed parameters, the probabilistic processing of rain in order to build the monthly precipitation-duration curves, and finally, the rainfall-runoff transformation. The analysis of the watershed includes the area estimation, the concentration time and the number of the runoff curve. On the other hand, the precipitation analysis depends on the number of available pluviographic and/or pluviometric stations. On the two applications described, intensity data were not available; therefore, the intensity-duration-frequency curves were built based on an empirical formula. The estimation of the annual hydrographs is carried out through the triangular unit hydrograph, verifying the peak flows with applicable hydrologic methods. Lastly, several conclusions are drawn, which point out to the theoretical bases of the procedure and the accuracy of the results.

Keywords: *diversion dams, seasonal hydrographs, annual hydrographs.*

Dirección del autor:

Dr. Daniel Francisco Campos-Aranda

*Profesor jubilado de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí,
Genaro Codina # 240, 78280 San Luis Potosí, San Luis Potosí,
México,
teléfono: +52 (444) 8 15 14 31.*