

# HIDROLOGIA DE LA REPUBLICA MEXICANA

POR EL ING. ANDRES GARCIA QUINTERO

JEFE DE LA SECCION DE HIDROLOGIA DEL DEPTO. DE ESTUDIOS DE LA COMISION NAL. DE IRRIGACION

## II.—GASTOS MAXIMOS

Continuando la serie de artículos sobre la hidrología de nuestro país, el presente tiene por objeto describir las condiciones en que ocurren las avenidas así como su magnitud y frecuencia, para lo cual se ha adoptado la misma división hidrológica del artículo correspondiente a los escurrimientos medios anuales.

*Origen de los gastos máximos de avenidas.*—Los gastos máximos que ocurren durante los períodos de avenidas son el resultado de la combinación favorable de los factores físicos de las cuencas de drenaje y de la precipitación pluvial. Son tres las combinaciones de dichos factores favorables: 1ª Precipitación intensa sobre cuencas pequeñas y con topografía favorable a las concentraciones de escurrimientos superficiales; 2ª Precipitación intensa en temporales de varios días de duración sobre las grandes cuencas de drenaje, y 3ª Lluvias tempranas de primavera que caen sobre superficies cubiertas de nieve. Se describe en seguida en una forma más detallada cada una de dichas combinaciones.

*Primera.*—Las lluvias intensas ocurren generalmente sobre áreas comparativamente reducidas y cuando se localizan sobre una pequeña cuenca de drenaje, el resultado in-

evitable es la producción de escurrimientos superficiales extraordinarios que entran al cauce del río más rápidamente de lo que éste puede desalojarlos, dando por resultado inundaciones y desbordamientos en los terrenos bajos situados a lo largo de la corriente. El peligro y magnitud de la creciente depende, en primer término, de la intensidad y duración de la tormenta, y en segundo término de la pendiente superficial de la cuenca. La naturaleza de la superficie del suelo y la capa vegetal superficial son de pequeña importancia porque ningún suelo (excepto los arenosos cuando están secos) puede absorber el agua de la lluvia con tal rapidez que anule el escurrimiento superficial, por lo que la capacidad de absorción del suelo cubierto de vegetación es rápidamente excedida y produce las crecientes características de las cuencas pequeñas. Parece que existe una relación entre la topografía y la intensidad de las tormentas siendo las más violentas y frecuentes las que ocurren en las regiones montañosas, y menos intensas las que se registran en regiones planas.

*Segunda.*—Las precipitaciones intensas pueden tener muy poco efecto en una gran cuenca ya que cubren una pequeña parte de ella, y aunque el escurrimiento proveniente de las pequeñas subcuencas puede ser de gran magnitud por unidad de área, resultan muy

pequeñas si se analizan en función del área total de la cuenca de drenaje. Puede darse el caso de que el cauce de algún tributario resulte insuficiente para acarrear las crecientes de su cuenca, pero al descargar en la corriente principal con cauce muy amplio, los efectos son atenuados. Para las cuencas grandes, las lluvias que se presentan en temporales son las que producen los gastos máximos. También producen gasto máximo las tormentas que se presentan en forma sucesiva o en serie.

Las características de capital importancia en las cuencas para este caso, son la impermeabilidad del suelo y la topografía. Mientras más permeable es el suelo mayor es su capacidad de retención y más grande el período de tiempo necesario para saturarlo. Una vez que el suelo se encuentra completamente saturado hay muy poca diferencia entre el escurrimiento proveniente de áreas permeables y de áreas impermeables. Por esta última razón las crecientes en las grandes cuencas ocurren generalmente en los meses de verano cuando el contenido de humedad del suelo es máximo. Durante un período de tormentas que dure cuatro o cinco días, todas las partes de la cuenca pueden estar contribuyendo simultáneamente a la formación de la avenida en la corriente principal, por lo que la forma de la cuenca es de importancia secundaria en lo que respecta al gasto máximo aunque puede afectar la duración del período de avenida así como el volumen total de la creciente.

*Tercera.*—Cuando se acumula una gran cantidad de nieve en una cuenca durante los meses de invierno, existe siempre el peligro de una creciente cuando asciende la temperatura durante la primavera. Sin embargo, si dicho ascenso es gradual la nieve se va fundiendo lentamente y el escurrimiento resultante es transportado por los ríos en gastos que no exceden su capacidad. Por otra parte, cuando ocurren lluvias a principios de la primavera en las zonas nevadas, entonces la lluvia ayuda a las temperaturas de la estación y ocurre una fundición o deshielo

rápido, dando lugar a inundaciones en los terrenos localizados en las regiones bajas de la cuenca.

De los casos o condiciones enunciadas, las más frecuentes son la primera y segunda, pues en nuestro país raramente se tienen crecientes que provengan de deshielos, ya que solamente en algunas cuencas del noroeste ocurren nevadas aunque no regularmente ni tampoco de consideración.

No obstante que se ha adoptado la misma división hidrológica del artículo anterior de escurrimientos medios anuales para tabular los datos de gastos máximos, para facilitar la descripción del origen de las tormentas que producen los gastos máximos se ha hecho la siguiente gran división:

- I. Regiones ciclónicas.
- II. Regiones subciclónicas.
- III. Otras regiones.

Se ha puesto en primer término a las regiones ciclónicas, en vista de que dichas perturbaciones determinan las intensidades de lluvias máximas en el país, y por lo tanto, las que producen las crecientes y gastos máximos. Las regiones más frecuentemente azotadas por estas perturbaciones son las costas de los Estados de Veracruz, Tamaulipas y Texas, en Estados Unidos; las costas de los Estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit; Territorio Sur de la Baja California y las costas de los Estados de Chiapas, Oaxaca y parte de Guerrero. (Veáanse figs. 1, 2, 3 y 4.)

Los ciclones provocan una corriente de aire húmedo hacia los continentes, y al sufrir cambios de dirección hacia arriba por las cordilleras de montañas, viene el enfriamiento dinámico y con él la condensación y precipitación de las lluvias en forma de tormentas o chubascos, que al caer sobre cuencas de características físicas favorables producen escurrimientos superficiales muy bruscos y al concentrarse en los cauces principales dan lugar a la formación de las crecientes más desastrosas registradas en el país y de las cuales se tiene memoria en cada región

azotada por estas perturbaciones. En las tablas que se anexan se presentan datos típicos de gastos máximos producidos por ciclones, entre los cuales los más notables son los registrados en los ríos San Juan, Guayalejo, Purificación y otros de la vertiente del Golfo de México; fueron observados durante la perturbación ciclónica de los últimos días del mes de agosto de 1938.

Estas regiones ciclónicas están localizadas generalmente en las regiones costeras del país, siendo limitadas tierra adentro por las líneas de parte aguas de la Sierra Madre Oriental, Occidental y del Sur.

*Zonas o regiones subtropicales.* — Se ha denominado así a aquellas regiones que se encuentran en la Mesa Central y que reciben la precipitación de origen ciclónico, pero reducida por la influencia de las montañas, las cuales pueden o no dejar pasar hacia la Mesa Central los vientos cargados de humedad, según sea la magnitud del ciclón. En estas regiones aunque los gastos máximos tienen el mismo origen, su magnitud es generalmente menor, teniendo algunos ejemplos característicos como son las crecientes de los ríos Conchos, Salado, Pesquerías, Lerma y Nazas. Este último, es notable por la concordancia de sus crecientes con las del río Culiacán, que tiene su cuenca limítrofe pero situado en la vertiente del Pacífico, pudiendo establecerse casi como regla que cuando hay creciente en el río Culiacán también hay creciente en el río Nazas, con diferencia de uno o dos días, debida al tiempo de traslación de la cresta de la avenida o bien a la menor intensidad de las lluvias que ocurren en la cuenca del río Nazas.

*Otras regiones.*—Las tormentas en México, pueden ser, además de las ciclónicas, topográficas y convectivas; las topográficas llegan a producir, cuando su magnitud es extraordinaria, las crecientes en las cuencas más lejanas de las costas de los mares o remontadas en el corazón de las serranías, por lo que su intensidad es siempre menor que en las ciclónicas. Los gastos máximos correspondientes son menores que los que se

registran en las regiones anteriormente descritas.

Las lluvias convectivas que se registran en las regiones tropicales de Veracruz, Tabasco, Campeche y Chiapas no se consideran en esta descripción, pues no se cuenta con estaciones hidrométricas en los ríos que drenan dichas regiones, aunque puede desde luego anticiparse que dada su persistencia durante la mayor parte del año y también su magnitud anual, los escurrimientos resultantes son de gran volumen con gastos máximos que tiene variaciones con el gasto medio relativamente pequeños.

En las tablas que se anexan se presentan los gastos máximos registrados para cada una de las divisiones hidrológicas.

Dichas tablas constan de las siguientes columnas:

1. Número de referencia.
2. Río o arroyo.
3. Estación Hidrométrica o sitio en el que se hizo la estimación del gasto máximo.
4. Superficie de la cuenca en kilómetros cuadrados.
5. Fecha en el gasto máximo.
6. Valor del gasto máximo en  $m^3/seg.$
7. Gasto máximo por unidad de área, es decir, los valores de la columna 4.
8. Período considerado.
9. Notas.

*Curvas de gastos en función del área de la cuenca.*—Con objeto de que se puedan hacer aplicaciones prácticas de los datos tabulados, en las gráficas números 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se presentan en papel logarítmico las curvas de gastos máximos en función del área de la cuenca. Dichos gastos se han marcado en metros cúbicos por segundo por kilómetro cuadrado para cada una de las regiones hidrológicas en que se ha dividido el país. En cada una de las anteriores gráficas se ha trazado en una forma tentativa la curva más o menos representativa de los gastos máximos. Estas curvas deben considerarse como preliminares y están sujetas a modificacio-

nes cuando se tengan disponibles mayor número de estaciones hidrométricas y mayor número de años observados.

Además de las anteriores curvas se presenta en la gráfica Núm. 11 un resumen de todas ellas en una sola gráfica, marcando en cada una de las curvas la región a que corresponde.

Como en el artículo anterior, en el presente se hace la recomendación de que todos

aquellos datos o correcciones que se remitan para completar estos artículos serán cordialmente recibidos por los autores y los tomarán muy en cuenta para ir poco a poco obteniendo una información más completa de los fenómenos hidrológicos del país, tan necesaria para resolver los problemas de aprovechamiento de las corrientes actuales en estudio por esta Comisión y por otras Secretarías del Estado.

# GASTOS MAXIMOS REGISTRADOS EN LOS DIFERENTES RIOS DE LA REPUBLICA MEXICANA

## REGION NUM. 1 - GOLFO NORTE

Número	Río o arroyo	Estación hidrométrica	Superficie Cuenca — Km <sup>2</sup>	Gasto máximo		Gasto máximo por unidad de área — m <sup>3</sup> /s./Km <sup>2</sup>	Período considerado	Notas
				Fecha	Gasto — m <sup>3</sup> /s.			
1	2	3	4	5	6	(7) = (6) ÷ (4)	8	9
1	A. Las Vacas.....	Villa Acuña, Coah.....	400	Jul. 1938	456	1.140	1938	
2	R. San Diego.....	Jiménez, Coah.....	2 180	14-Jun. 1935	910	0.417	1932-1938	
3	R. San Rodrigo.....	El Moral, Coah.....	1 940	7-Sep. 1932	2 300	1.186	1922-1938	
4	R. Escondido.....	Villa de Fuente, Coah.....	3 030	14-May. 1935	501	0.165	1932-1938	
5	R. San Diego.....	Cabeceras, Coah.....	1 180	Sep. 1932	149	0.126	1931-1937	
6	R. San Diego.....	El Salto, Coah.....	2 150	May. 1925	311	0.145	1924-1930	
7	R. Sabinas.....	Sabinas, Coah.....	14 170	Jun. 1939	435	0.031	1937-1939	Datos dudosos.
8	R. Nadadores.....	Progreso, Coah.....	15 610	Ago. 1938	106	0.0068	1936-1939	
9	R. Salinas.....	Ciénega Flores, N. L.....	11 761	Ago. 1938	609	0.052	1934-1939	En 1933 hubo una gran
10	A. La Estanzuela.....	Nuevo León.....	9		83	9.222		avenida que no fué ob-
11	R. Salado.....	Rodríguez, N. L.....		Oct. 1932	896		1928-1939	servada.
12	R. Alamo.....	Ciudad Mier, Tamps.....	4 766	7-Sep. 1933	2 170	0.455	1923-1938	
13	R. San Juan.....	Santa Rosalía, Tamps.....	33 670	30-Ago. 1909	10 000	0.297	1900-1913	Aproximado.
				30-Ago. 1938	6 600	0.196	1923-1939	
14	R. San Juan.....	El Cuchillo, N. L.....	9 268	29-Ago. 1938	7 162	0.773	1930-1939	
15	R. Guayalejo.....	Puente Guayalejo, Tamps.....	3 079	29-Ago. 1938	10 428	3.387		Deducido.
16	R. Salado.....	Ciudad Guerrero, Tamps.....	56 540	7-Sep. 1933	1 240	0.022	1901-1912	
							1923-1938	
17	R. San Fernando.....	San Fernando, Tamps.....	14 120	Ago. 1938	1 748	0.124	1930-1939	
18	R. Grande.....	Matamoros, Tamps.....	453 609	22-Jun. 1903	1 020	0.0022	1901-1913	
							1923-1938	
19	R. Santa Catarina.....	Monterrey, N. L.....	949	1909	7 873	8.296		Deducido.
20	R. Camacho.....	Puente Carretero, N. L.....	224	1938	2 756	12.304		Deducido.
21	R. de Ramos.....	Puente Carretero, N. L.....	184	1938	2 544	13.826		Deducido.
22	R. Blanquillo.....	Puente Carretero, N. L.....	69	1938	2 446	35.449		Deducido dudoso.
23	R. Lajas.....	Puente Carretero, N. L.....	92	1938	86	0.935		Deducido.
24	R. Linares.....	Puente Carretero, N. L.....	309	1938	2 550	8.252		Deducido.
25	R. Purificación.....	Puente Carretero, N. L.....	4 037	1938	5 470	1.355		Deducido.

  

REGION NUM. 2.—GOLFO SUR								
1	R. de La Antigua.....	Villa Cardel, Ver.....		Jul. 1936	637		1935-1937	

## REGION NUM 3.—PACIFICO NORTE

Número	Río o arroyo	Estación hidrométrica	Superficie Cuenca — Km <sup>2</sup>	Gasto máximo		Gasto máxi- mo por uni- dad de área — m <sup>3</sup> /s/Km <sup>2</sup>	Período considerado	Notas
				Fecha	Gasto — m <sup>3</sup> /s.			
1	2	3	4	5	6	(7) = (6) ÷ (4)	8	9
1	R. Papigochic.....	La Junta, Chih.....	8 500	Sep. 1937	463	0.054	1935-1939*	Deducido.
2	R. Altar.....	Altar, Son.....	2 900	.....	2 300	0.793	.....	
3	R. Yaqui.....	Tecori, Son.....	60 654	Feb. 1931	1 617	0.027	1928-1939	
4	R. Bavispe.....	La Angostura, Son.....	17 050	Jul. 1939	658	0.039	1937-1939	
5	R. Culiacán.....	Puente Sud-Pacífico, Sin.....	16 272	Dic. 1932	6 835	0.420	1918-1939	
6	R. Tamazula.....	Puente Cañedo, Sin.....	3 922	Ago. 1939	1 991	0.508	1932-1939	
7	R. Tamazula.....	Picachos, Sin.....	3 212	Ago. 1939	1 587	0.494	1937-1939	
8	R. Humaya.....	Tierra Blanca, Sin.....	12 350	Dic. 1932	4 394	0.356	1932-1935	
9	R. Humaya.....	Palos Blancos, Sin.....	12 260	Dic. 1939	4 160	0.339	1936-1939	
10	A. El Bledal.....	El Bledal, Sin.....	72	Sep. 1938	766	10.639	1937-1939	
11	R. Sinaloa.....	Bamoa, Sin.....	9 725	Ago. 1939	1 461	0.150	1938-1939	
12	R. de Cabrera.....	Zopilote, Sin.....	709	Ago. 1939	152	0.214	1939	
13	R. Mocerito.....	Guamúchil, Sin.....	1 340	Ago. 1939	299	0.223	1939	
14	R. Tlaltenango.....	Excámé, Zac.....	1 200	Jul. 1934	167	0.139	1930-1936	
15	R. Aguascalientes.....	San Pedro Piedra Gorda, Zac.....	425	Sep. 1928	34	0.080	192-1939	
16	R. Teocaltiche.....	Calera, Zac.....	293	Jul. 1937	421	1.437	1936-1939	

## REGION NUM. 4.—PACIFICO SUR

1	R. Cotija.....	Cotija, Mich.....	.....	Jul. 1936	173	.....	1936-1939	
2	R. Tarecuato.....	Tarecuato, Mich.....	51	Ago. 1938	34	0.667	1935-1938	
3	R. Quitupan.....	Los Grangenos, Jal.....	.....	Jul. 1939	38	.....	1939	
4	R. Tehuantepec.....	Nejapa, Oax.....	4 630	Oct. 1939	526	0.114	1936-1939	
5	R. Tehuantepec.....	Las Cuevas, Oax.....	9 000	Oct. 1939	4 500	0.500	1935-1939	
6	R. Armería.....	Puente Armería, Col.....	9 264	Sep. 1936	658	0.071	1936	

## REGION NUM. 5.—CENTRO NORTE

1	R. Santa María.....	Plazuela, Chih.....	4 222	Oct. 1932	308	0.073	1927-1934	Deducido.
2	R. Santa María.....	Tintero, Chih.....	3 820	Sep. 1932	55	0.014	1927-1934	
3	R. Conchos.....	Ojinaga, Chih.....	58 534	11-Sep. 1904	4 810	0.082	1924-1938	
4	R. Nazas.....	El Palmito, Dgo.....	18 100	Sep. 1936	2 706	0.150	1929-1939	

(\*)—En julio de 1938 hubo gran avenida que no fué observada.

Número	Río o arroyo	Estación hidrométrica	Superficie Cuenca — Km <sup>2</sup>	Gasto máximo		Gasto máxi- mo por unidad de área — m <sup>3</sup> /s./Km <sup>2</sup>	Periodo considerado	Notas
				Fecha	Gasto — m <sup>3</sup> /s.			
1	2	3	4	5	6	(7) = (6) ÷ (4)	8	9
5	R. Nazas.....	Fernández, Dgo.....	35 370	Sep. 1936	2 280	0.064	1936-1939	Q. medio diario.
6	R. Nazas.....	Coyote, Dgo.....	36 220	Sep. 1936	2 263	0.062	1936-1939	
7	R. Nazas.....	El Cuije, Dgo.....		Sep. 1936	2 994		1936-1939	
8	R. San Juan.....	La Catedral, Dgo.....		Sep. 1928	2 000		1928	
9	R. San Antonio.....	El Saúz, Zac.....	1 222	Jul. 1931	83	0.068	1931-1933	
10	R. San Pedro.....	Las Vírgenes, Chih.....	11 000	Sep. 1938	624	0.057	1936-1939	
11	R. San Pedro.....	Villalba, Chih.....	9 940	Sep. 1938	527	0.053	1936-1938	
							1938-1939	

REGION NUM. 6.—CENTRO SUR

1	R. Caracol.....	P. Hidalgo, Qro.....		Jul. 1937	270		1936-1939	Deducido.
2	R. San Juan del Río.....	Lomo Toro, Qro.....	1 422	Sep. 1937	415	0.292	1936-1939	Deducido.
3	A. Maxhido y Zarco.....	Taxhié, Méx.....	665	Oct. 1936	222	0.334	1936-1939	Dudoso.
4	R. San Ildefonso.....	San Ildefonso, Méx.....	387	Ago. 1937	421	1.088	1936-1939	Dudoso.
5	R. Salado.....	La Mora, Méx.....		Sep. 1938	210		1938-1939	Deducido.
6	R. Metztlán.....	Teeruz, Hgo.....	1 847	Oct. 1935	118	0.064	1934-1937	Deducido.
7	R. Metztlán.....	Venados, Hgo.....	1 755	Oct. 1930	1 200	0.684	1931-1939	Deducido.
8	R. Tlautla.....	Tlautla, Hgo.....	620	Jul. 1938	304	0.490	1930-1939	Deducido.
9	A. Hondo.....	El Purgatorio, Hgo.....	280	Jul. 1937	55	0.196	1935-1938	Deducido.
10	R. Tembembe.....	Tembembe, Mor.....	127	Jun. 1935	152	1.197	1935-1936	Deducido.
11	R. Atoyac.....	Tejaluca, Pue.....	4 037	Jul. 1931	629	0.156	1926-1939	Deducido.
12	R. San Francisco.....	Puebla, Pue.....	73	1909	989	0.245		Deducido.
13	R. Queréndaro.....	Zinzimeo, Mich.....	832	1938	287	3.952		Deducido.
14	R. Queréndaro.....	Queréndaro, Mich.....	275	Sep. 1934	25	0.030	1930-1939	Dudoso.
15	R. Chiquito.....	Chiquito, Mich.....	82	Ago. 1939	43	0.156	1936-1939	Dudoso.
16	R. G. de Morelia.....	Atapanco, Mich.....	1 485	Sep. 1935	29	0.254	1927-1935	
17	R. G. de Morelia.....	Lavaderos, Mich.....	1 860	Sep. 1927	56	0.038	1927-1939	
18	R. G. de Morelia.....	Cointzio, Mich.....	630	Ago. 1931	49	0.026	1929-1938	
19	R. Lerma.....	El Tambor, Mich.....	6 217	Ago. 1931	41	0.065	1927-1939	
20	R. Lerma.....	Corrales, Mich.....	33 726	Ago. 1935	416	0.067	1928-1939	
21	R. Lerma.....	Yurécuaro, Mich.....	35 811	Jul. 1935	686	0.020	1930-1939	
22	R. Lerma.....	La Piedad, Mich.....	34 771	Sep. 1926	1 452	0.041	1922-1939	
23	R. Duero.....	Estanzuela, Mich.....	1 547	Oct. 1934	806	0.023	1902-1939	
24	R. Tlalpujahua.....	Pateo, Mich.....	350	Jul. 1937	48	0.031	1936-1939	
25	A. Casa Blanca.....	Casa Blanca, Mich.....	112	Jul. 1935	134	0.383	1928-1936	
26	R. Lerma.....	Fmenguaro, Gto.....	9 455	Sep. 1934	20	0.179	1928-1936	
				Ago. 1931	406	0.043	1928-1934	

Número	Río o arroyo	Estación hidrométrica	Superficie Cuenca — Km <sup>2</sup>	Gasto máximo		Gasto máxi- mo por uni- dad de área — m <sup>3</sup> /s./Km <sup>3</sup>	Período considerado	Notas
				Fecha	Gasto — m <sup>3</sup> /s			
1	2	3	4	5	6	(7)=(6) ÷ (4)	8	9
27	R. Lerma.....	Puente La Calle, Gto.....	.....	Ago. 1923	315	.....	1922-1925	Q. medio diario.
28	R. Lerma.....	Paso Ovejas, Gto.....	7 763	Ago. 1935	353	0.045	1928-1939	
29	R. Lerma.....	Acámbaro, Gto.....	8 540	Ago. 1931	599	0.070	1928-1939	
30	R. Lerma.....	Salamanca, Gto.....	20 766	Sep. 1926	722	0.035	1922-1939	
31	R. Lerma.....	Ojuelos, Gto.....	9 565	Ago. 1931	434	0.045	1928-1939	
32	R. de La Laja.....	Pericos, Gto.....	9 621	Jul. 1935	312	0.032	1928-1939	
33	R. Tarandacuaio.....	Tarandacuaio, Gto.....	180	Jul. 1931	371	2.061	1929-1939	Deducido.
34	R. Tigre o Coroneo.....	Munguía, Gto.....	400	Oct. 1930	178	0.445	1929-1938	