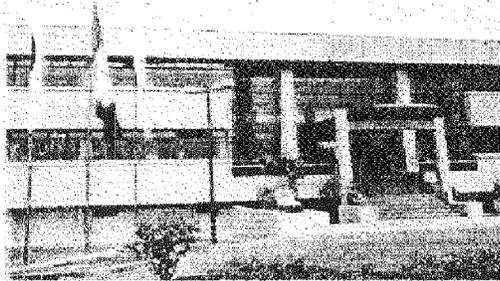


CONTENIDO



	Página
Secretario de Gobernación	
Sr. Fernando Gutiérrez Barrios	
Subsecretario de Protección Civil y de Prevención y de Readaptación Social	
Lic. Dionisio Pérez Jácome	
Director General del CENAPRED	
Lic. Salvador Pomar Fernández	
Coordinador de Difusión	
Lic. Ricardo Cícero Betancourt	
Colaboradores	
Colaboración Técnica: Dr. Ramón Domínguez Edición a Cargo de Violeta Ramos Radilla, Javier Lara Espinosa y Gloria Serrano Avilés.	
Introducción	1
Precipitaciones	2
Tipos de Inundación	3
Mecanismos Productores de la Precipitación	4
Medición de la Precipitación Pluvial	6
Transformación de la Precipitación en Esguerrimiento	8
Inundaciones	10
Cómo Evitar Inundaciones	14
Medidas para la Población en Caso de Inundaciones	16
Programa Nacional para el Control de Avenidas y la Prevención de Daños por Inundación de la Comisión Nacional del Agua	19

PUBLICADO POR EL CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES DE LA SECRETARÍA DE
GOBERNACIÓN

AV. DELFIN MADRIGAL nº 665 COL. PEDREGAL SANTO
DOMINGO, DELEGACIÓN COYOACÁN, MÉXICO, D. F.
C.P. 04360

TELEFONOS 6 06 98 37 6 06 99 42 6 06 99 86
FAX 6 06 16 08

DIRECTORIO DEL CENAPRED

DIRECCIÓN GENERAL Lic. Salvador Pomar Fernández; COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Dr. Roberto Meli Piraya; COORDINACIÓN DE CAPACITACIÓN Profa. Ana María García Cervantes; COORDINACIÓN DE DIFUSIÓN Lic. Ricardo Cícero Betancourt; COORDINACIÓN DE ENLACE NACIONAL Ing. Arturo López Portillo y Contreras; COORDINACIÓN DE ASUNTOS INTERNACIONALES Lic. Enrique Solórzano Mier; COORDINACIÓN ADMINISTRATIVA Lic. Alfonso Ibarra Blanca; COORDINACIÓN JURÍDICA Lic. Jorge Víctor Galeano Brandi.

INTRODUCCION

Con el objeto de profundizar en el estudio de los agentes perturbadores que pueden originar un desastre, el Sistema Nacional de Protección Civil ha establecido una clasificación que considera dos grupos principales de fenómenos perturbadores: naturales y de origen humano.

En el grupo de los fenómenos naturales se engloban los agentes geológicos e hidrometeorológicos; en los de origen humano, los químicos, sanitarios y socio-organizativos.

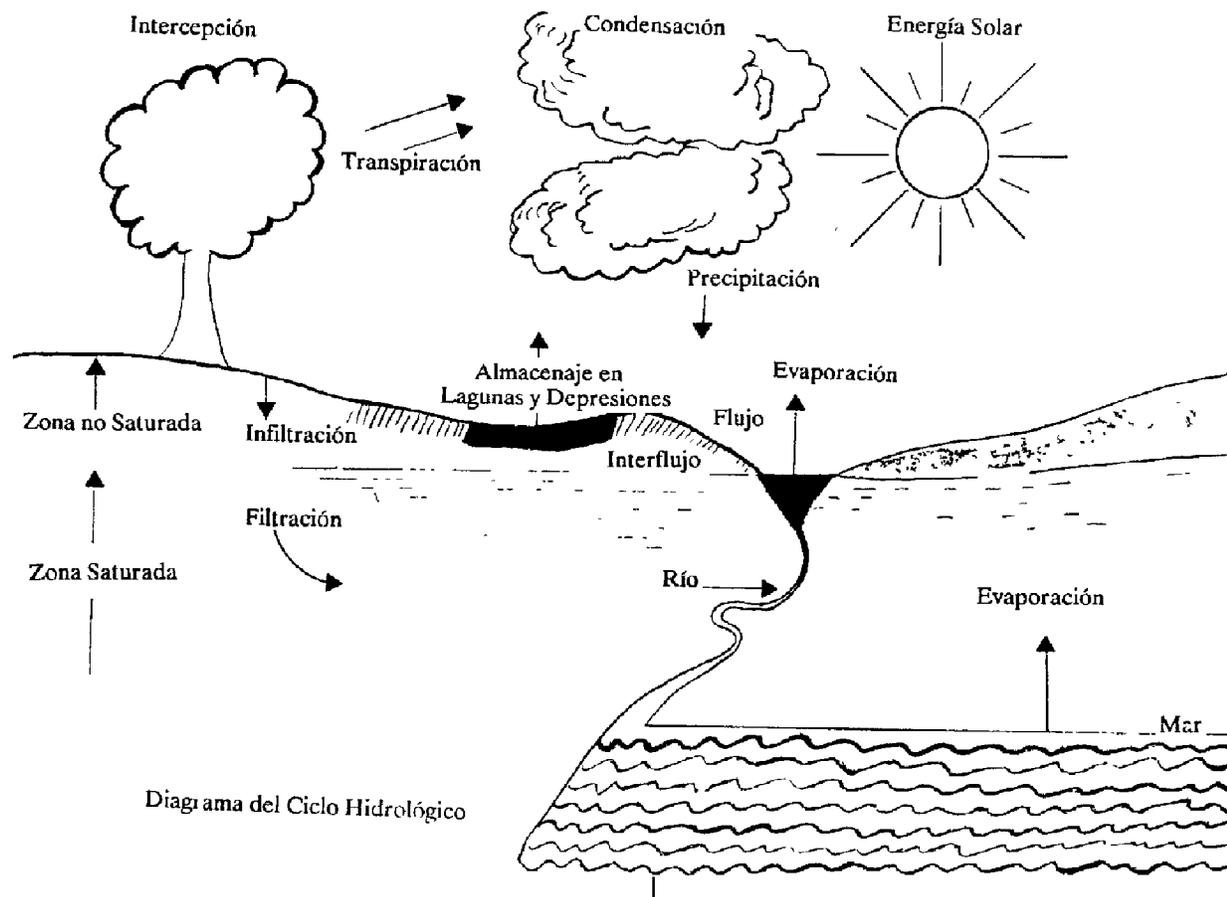
Cuando estos agentes generan consecuencias negativas, la magnitud de los daños difiere ampliamente por su origen, naturaleza, grado de predictibilidad, probabilidad y control, así como por la velocidad con la que aparecen, por su alcance, y por los efectos destructivos en la población, en los bienes materiales y en la naturaleza.

*De entre los fenómenos naturales que periódicamente azotan nuestro país, los hidrometeorológicos son, frecuentemente, los que más daños causan al originar **Inundaciones** de diversas magnitudes y duración, aún en áreas en que eso no parecía factible. Debido a la importancia de su prevención, este tercer fascículo de la serie editada por el CENAPRED, expone el proceso y elementos que las forman, con el ánimo de incrementar los niveles de seguridad de la población.*

Buscando enriquecer nuestras publicaciones, agradeceremos el envío de sus opiniones a:

Av. Delfín Madrigal No. 665, Colonia Pedregal de Santo Domingo, Delegación Coyoacán, México, D.F., C.P. 04360, Teléfonos: 6 06 99 42, 6 06 95 20, 6 06 98 37, Fax: 606 16 08.

PRECIPITACIONES



La República Mexicana se ve afectada por precipitaciones derivadas de diferentes fenómenos hidrometeorológicos. En verano (junio-octubre), el país, prácticamente en toda su extensión está sujeto a la acción de ciclones o tormentas tropicales. Durante el invierno, en cambio, es afectado por tormentas de origen extratropical; frentes polares que viajan hacia el sur, originados en latitudes altas, y que causan también fuertes lluvias en todo el país, sobre todo en el norte.

A estos fenómenos se suman los efectos orográficos y los originados por fenómenos convectivos, los cuales producen tormentas muy intensas aunque de poca duración y extensión.

Esta diversidad de fenómenos produce condiciones extremas de precipitación, con una secuela de avenidas que pueden generar desbordamientos de cauces e inundación de terrenos.

TIPOS DE INUNDACION

De acuerdo con su origen, las inundaciones se clasifican en: pluviales, fluviales y costeras.

INUNDACIONES PLUVIALES Y FLUVIALES

Se dan como consecuencia de las precipitaciones que se producen cuando la humedad contenida en los mares, océanos y otros grandes cuerpos de agua, es transportada hacia tierra por el viento; al ascender el vapor de agua y disminuir su temperatura, está se presentan en cualquiera de las siguientes formas; lluvia, nieve o granizo. El proceso puede originarse debido a la existencia de:

huracanes, vientos normales, masas polares y procesos convectivos.

INUNDACIONES COSTERAS

Además de las inundaciones pluviales (causadas directamente por la lluvia) y fluviales (desbordamiento de los ríos), las zonas costeras pueden ser afectadas por las mareas de tormenta, particularmente en el Golfo de México, donde la sobreelevación del nivel medio del mar hace que éste penetre tierra adentro afectando en algunas ocasiones zonas muy amplias.

A este fenómeno se suma el del oleaje y, juntos, causan daños muy importantes, como la socavación de los cimientos en los edificios costeros, el naufragio de las embarcaciones, la demolición y destrucción de instalaciones portuarias, la rotura de las obras de defensa costera y la erosión de las playas y riscos. El efecto del agua no sólo es destructivo al avanzar tierra adentro, sino también en su retirada hacia el mar. Este tipo de fenómenos y los daños correspondientes, ocurrieron recientemente (1988) en las playas de Cancún, Quintana Roo, debido al paso del ciclón Gilberto.



MECANISMOS PRODUCTORES DE LA PRECIPITACION

Aunque generalmente los mecanismos productores de la precipitación se combinan es útil explicar sus características de manera independiente

HURACANES

Los huracanes al transportar grandes cantidades de humedad y ocupar también enormes extensiones, provocan tormentas de larga duración (del orden de varios días) como por ejemplo, el Beulah y el Gilberto que, antes de penetrar a la costa, ocuparon prácticamente todo el Golfo de México, figura 1.

Estos fenómenos provocan inundaciones generalizadas en las principales cuencas del país, sobre todo en las que descargan en el centro y norte del Golfo de México y en el Océano Pacífico*.

*(Nuestro próximo fascículo se referirá específicamente a Ciclones y Huracanes, esté pendiente).

VIENTOS NORMALES

Cuando las corrientes de aire transportan flujos importantes de humedad del mar hacia la tierra, al encontrarse con los sistemas montañosos, ascienden y provocan grandes precipitaciones concentradas del lado de donde procede el viento.

MASAS POLARES

Consisten en el desplazamiento de frentes fríos procedentes de zonas polares y causan precipitaciones importantes en nuestro país, sobre todo, en la región Noroeste. Las grandes avenidas que se han presentado en los ríos Fuerte y Yaqui, son producto de este tipo de fenómeno.

CONVECCION

Es el mecanismo de ascenso de humedad debido a la diferencia de temperatura del aire en las capas de la atmósfera. Es causante de precipitaciones de gran intensidad, aunque de poca duración y concentradas en pequeñas áreas.

A las lluvias de origen convectivo están asociadas las inundaciones de las zonas urbanas situadas en la altiplanicie de la República, particularmente las que ocurren en la ciudad de México.

DAÑOS CAUSADOS POR LA INCIDENCIA DEL HURACAN GILBERT

(Septiembre de 1988)

Entidades	Agricultura		Asentamientos Humanos				
	Has. Totales	Has. Parciales	Casas Habitación	Habitantes Evacuados	Damnificados	Decesos	Heridos
Quintana Roo		100,000	1,468	35,000	8,000	16	
Yucatán	54,600	101,400	1,150	20,000	6,000	6	
Campeche	22,000	34,000	870	10,000	4,000	8	
Tamaulipas	18,407	33,721	1,778	39,374	10,110	10	43
Nuevo León			3,820	30,000	20,000	180	3
Coahuila			653	5,000	3,500	5	
Total:	95,007	269,121	9,739	139,374	51,610	225	46

Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración del Agua.

CICLONES Y HURACANES

Ciclón Tropical. Se denomina así al fenómeno que se desarrolla en el mar de aguas cálidas y templadas, cuyas nubes forman una espiral, y se caracteriza por sus lluvias abundantes y vientos intensos. Estos fenómenos, de acuerdo a su intensidad, se clasifican en:

DEPRESION TROPICAL

Quando sus vientos máximos constantes son menores o iguales a 63 km/h.

TORMENTA TROPICAL

Quando sus vientos máximos constantes se encuentran entre 63 y 118 km/h.

HURACAN

Quando sus vientos máximos constantes son superiores o iguales a 119 km/h.

MEDICION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL

El origen principal de las inundaciones es la lluvia, pero antes de que éstas ocurran se da un proceso que transforma a la lluvia en escurrimiento. Por eso, las medidas dirigidas a disminuir los riesgos de inundación deben estar basadas en la adecuada medición de la precipitación y en el conocimiento preciso de su transformación.

Para determinar en forma objetiva la cantidad de lluvia que cae en un sitio preestablecido, se utilizan dos

instrumentos de medida: el Pluviómetro (fig. 2) y el Pluviógrafo (fig. 3).

El primero es un recipiente graduado en el que se mide el total de la lluvia que se presenta cada 24 horas; el segundo, tiene adaptado, además, un reloj que hace girar un cilindro con una hoja de papel en la que se registra, en forma continua, la intensidad. De esta forma, los Pluviómetros miden la cantidad de milímetros de lluvia y los Pluviógrafos la intensidad en milímetros por hora.

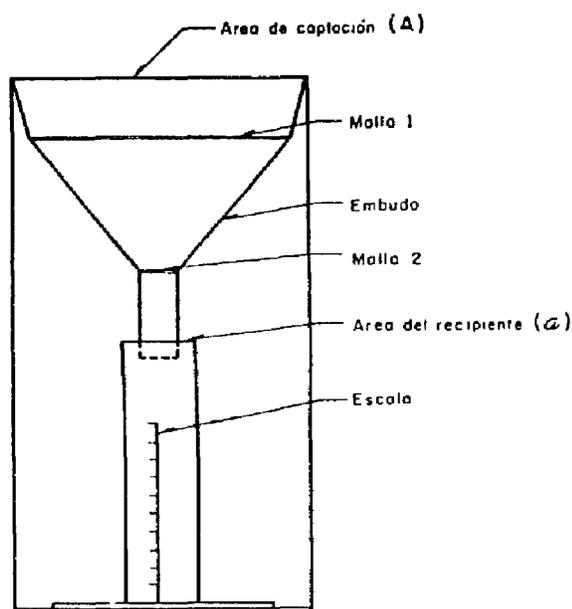


figura 2 Pluviómetro

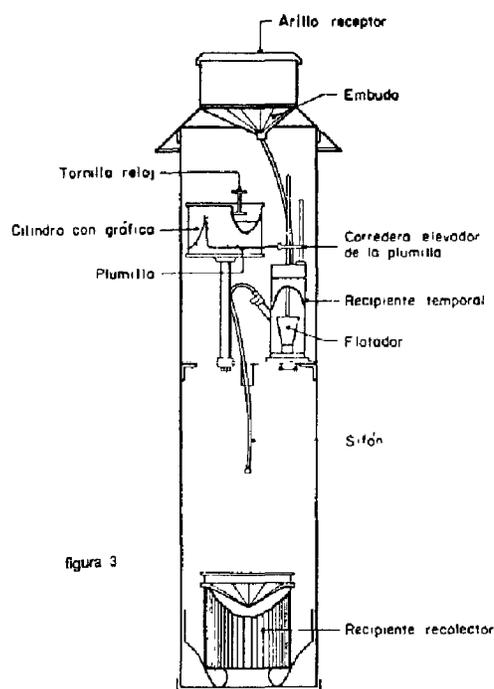


figura 3

Pluviógrafo de flotador con sifón

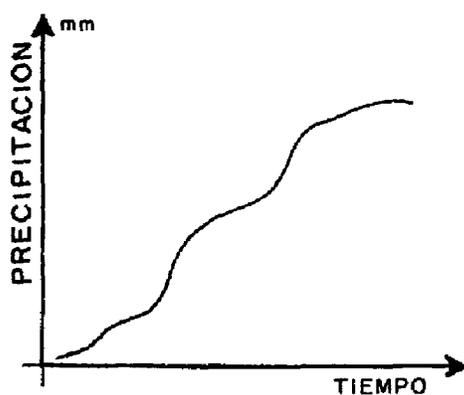


figura 4a

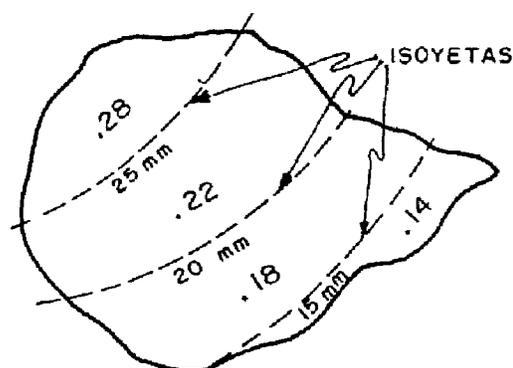


figura 4b

La precipitación en un determinado lugar, se representa mediante una gráfica a la que se denomina "curva masa", donde se relacionan el tiempo y el agua acumulada durante una tormenta, (figura 4a).

Si en el mapa de una región de interés se señalan varios sitios donde se han realizado medidas, pueden trazarse curvas que unen los lugares con igual precipitación, como se muestra en la figura 4b. Estas curvas -llamadas

isoyetas- permiten representar la distribución de la lluvia en el espacio.

El registro de cualquier tormenta importante, debe contener los datos de la precipitación acumulada (curva masa) en todos los puntos de medición y el plano de isoyetas, correspondiente a la duración total de la tormenta.

TRANSFORMACION DE LA PRECIPITACION EN ESCURRIMIENTO

La posibilidad de pronosticar la magnitud y características de una creciente, está íntimamente ligada con el nivel de conocimiento que se tenga del proceso de transformación de la precipitación en escurrimiento y, en consecuencia, conforme más se sabe de este proceso, se incrementa la eficiencia del diseño y del establecimiento de medidas para disminuir los daños que puede causar una inundación.

El proceso (ver figuras 5) puede resumirse de la siguiente forma:

Al iniciarse la lluvia (tiempo T_1), una parte de ella moja la vegetación, otra se infiltra en la tierra, dejando un escurrimiento prácticamente nulo, y el resto llena las depresiones del terreno. Una vez que la cantidad de agua supera las posibilidades de contención y absorción del terreno, se inicia el escurrimiento (Q_1) por los cauces de pequeños arroyos, aunque una parte continúa alimentando el proceso de infiltración.

La lluvia que escurre superficialmente, denominada lluvia efectiva, pasa por un proceso de regulación a través del almacenamiento temporal en arroyos y ríos y de retraso en el tiempo de salida del agua de la cuenca (hidrograma Q_2 , en la figura 5), donde escurre por el cauce o lecho del río, sufriendo nuevamente un proceso de regulación y retraso que depende de las características de cada lecho o cauce.

Por otra parte, las condiciones de la cuenca cambian de una época del año a otra; así, por ejemplo, la humedad del suelo y la cubierta vegetal pueden transformarse radicalmente del verano al invierno. Los cambios más importantes,

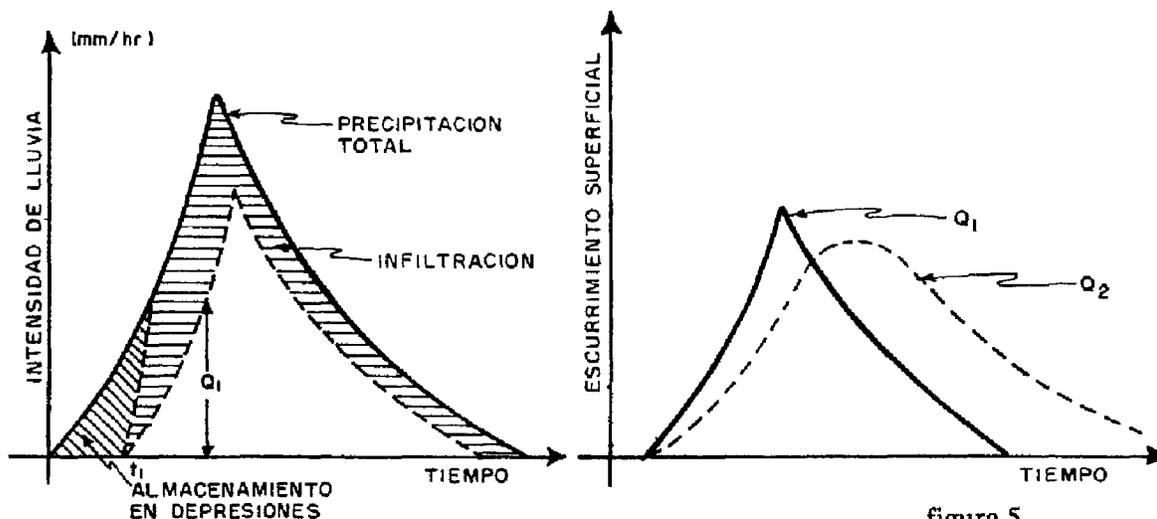


figura 5

sin embargo, son los derivados de la actividad humana: la disminución de la permeabilidad debida a la urbanización, deforestación y modificaciones del uso del suelo, traen generalmente un aumento considerable en el volumen del escurrimiento y la velocidad con que se presenta su valor máximo (fig. 6).

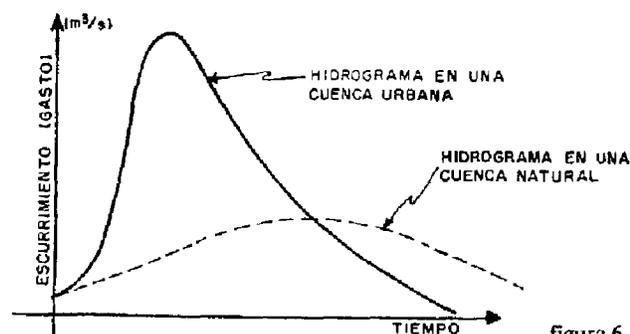


figura 6

Para modelar correctamente el proceso descrito, es necesario considerar que tanto las características de la precipitación como las de la superficie del terreno, varían de un punto a otro de la cuenca. En consecuencia, lo que realmente ocurre es el resultado de la superposición de muchos factores del área en estudio.

Con el objeto de incrementar la confiabilidad en los modelos de estos

procesos y predecir mejor sus resultados, los hidrólogos han trabajado en el desarrollo de estudios que permiten determinar:

- 1** *Los sitios en que se presentarán grandes tormentas y los modelos que describen la distribución temporal y espacial de las precipitaciones correspondientes.*
- 2** *La magnitud de la crecida a la salida de la cuenca, cuando se conocen las características de la misma y la distribución temporal y espacial de la precipitación.*
- 3** *El comportamiento de las avenidas durante su tránsito por los cauces principales.*

Dadas las características tan variables de los fenómenos productores de la lluvia, y las dificultades para el conocimiento preciso de lo que ocurre con ésta en cada punto de la cuenca, los modelos deben complementarse con aplicaciones del cálculo de probabilidades, que permitan estimar la ocurrencia de fenómenos de determinada magnitud y tomar en cuenta el grado de conocimiento de los mecanismos de transformación de la precipitación en escurrimiento.

La aplicación del cálculo estadístico en aspectos hidrológicos puede verse, por ejemplo, en los informes "*Regionalización de las características hidrometeorológicas de la cuenca del río Papaloapan*" y "*Diagnóstico sobre inundaciones ocurridas en las principales cuencas de la República Mexicana*", editados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres.

INUNDACIONES

En México se producen inundaciones derivadas del desbordamiento de los grandes ríos prácticamente cada año. Algunos ejemplos extremos son los desbordamientos del Grijalva en 1963 y 1973; los del Papaloapan en 1944, 1958, 1969 y 1989; los del bajo Bravo en 1967 y 1988; los de los ríos del Noroeste en 1943, 1949 y 1960; los del Pacífico centro en 1958 y 1959; el Santiago en 1973, el Balsas en 1967, 1976 y 1984..., etcétera.

PRINCIPALES RÍOS DE LA REPÚBLICA Y SU VERTIENTE

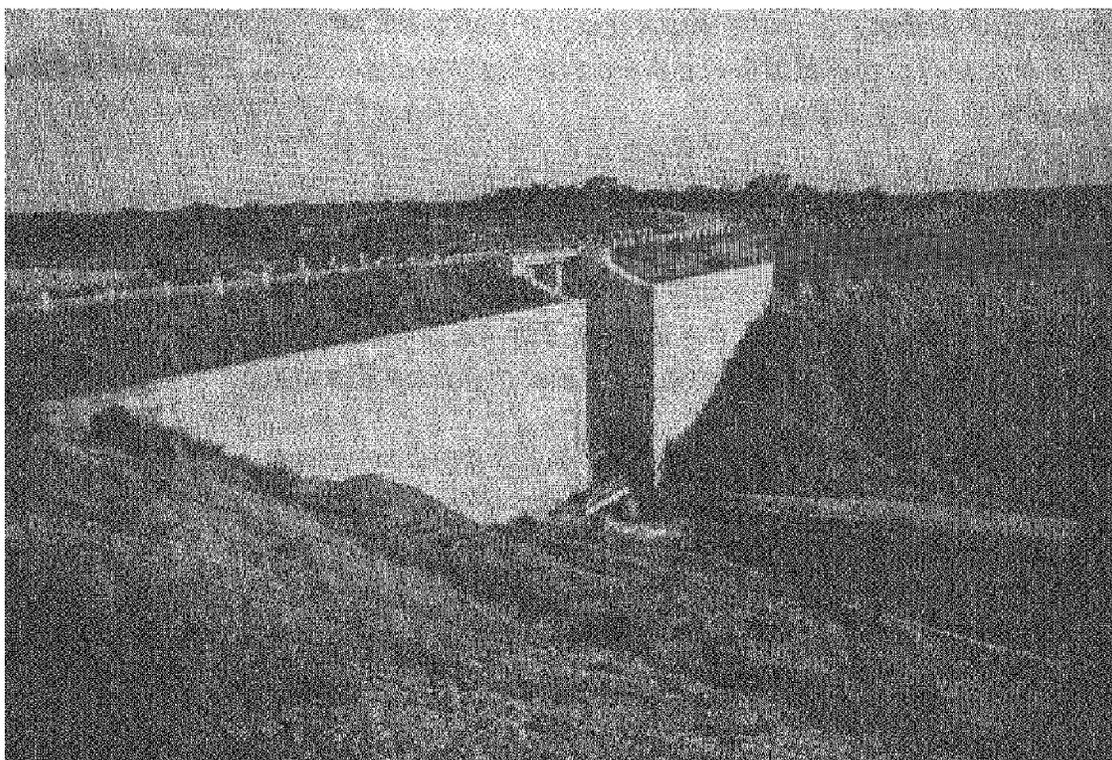
RÍOS	VERTIENTE	SECCION
1. Bravo 2. Coahuila 3. San Fernando 4. Soto La Marina 5. Tamest 6. Panuco 7. San Diego 8. San Rodrigo 9. Sabinas 10. Salado	Del Golfo	Norte
11. Tuxpan 12. Cazones 13. Tecoluitla 14. Jamapa 15. Blanco 16. Papaloapan		Centro
17. Coahuila 18. Miraflores 19. Grijalva 20. Usumacinta 21. Huasteca 22. Champotón 23. San Pedro y San Pablo 24. Tonala 25. Candelaria		Sur
26. Colorado 27. Sonora 28. Yaqui 29. Mayo 30. Fuerte 31. Sinaloa 32. Culiacán 33. Himaia 34. San Pedro 35. Lerma-Santiago	Del Pacífico	Norte
36. Armeria 37. Ormetepe 38. Balsas		Centro
39. Papagayo 40. Verde 41. Tehuacan 42. Sachlate		Sur
43. Casas Grandes 44. Santa María 45. Carmen	Interior	Comarca de los Indios Pueblos
46. Nazas 47. Aguanaval		Comarca Lagunera

Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Administración del Agua

En las zonas semidesérticas, las inundaciones son menos frecuentes pero, por la misma razón, se suelen olvidar, de manera que cuando ocurren causan problemas mayores; por ejemplo en 1976, en La Paz, y en 1988, en Monterrey.

Las inundaciones en las cuencas que han sido urbanizadas son cada vez más

En cuanto a las inundaciones derivadas de la insuficiencia de las obras de almacenamiento y control, éstas han sido, afortunadamente, poco frecuentes. Se pueden destacar las inundaciones del año de 1976 en la ciudad de la Paz, mencionada líneas arriba, originadas por la falla de un bordo de protección y las ocurridas en el Bajío en el mismo año, por el desbordamiento de una serie de pequeñas represas. En estos problemas debe tenerse especial cuidado debido a



considerables debido a que, por un lado, las modificaciones del terreno producen crecientes varias veces mayores que las de la cuenca natural y, por otro, afectan bienes de alto valor económico.

En la ciudad de México, a pesar de las grandes inversiones en infraestructura para el drenaje y control de las avenidas, cada año se producen pérdidas.

que pueden generar daños de mucha consideración

Es particularmente importante evitar el desbordamiento de las presas, ya que en caso de ocurrir, provocaría su propia destrucción en pocas horas y el volumen de agua almacenado sería descargado súbitamente, superando la capacidad del cauce.