

INUNDACIONES: CAUSAS, EFECTOS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Alba Lucina Martínez Haros

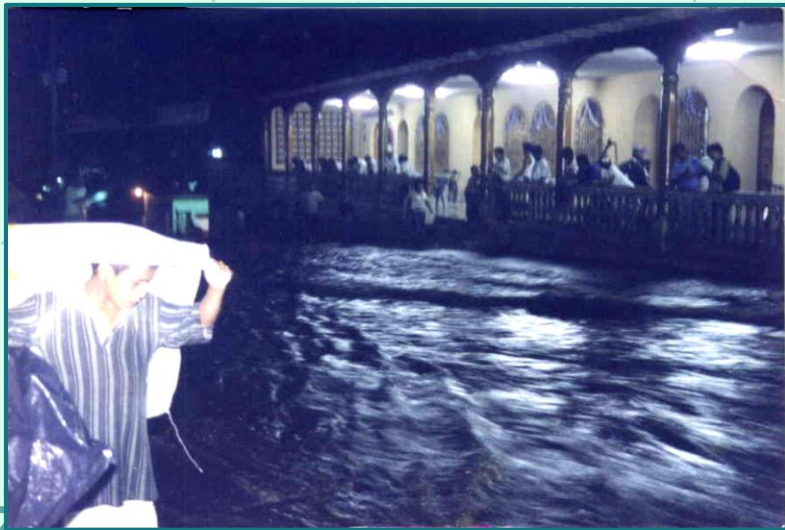


¿Qué es una inundación?

Es el flujo o invasión natural de agua por el exceso de escurrimientos superficiales o por su acumulación en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia del drenaje natural y/o artificial que implica posibles pérdidas de vidas y daños en infraestructura.

Guatemala, 1998

Efectos del Huracán Mitch



Factores que contribuyen a una inundación:

01

Intensidad de precipitación.

02

Uso básico del suelo.

03

Unidades fisiográficas del suelo

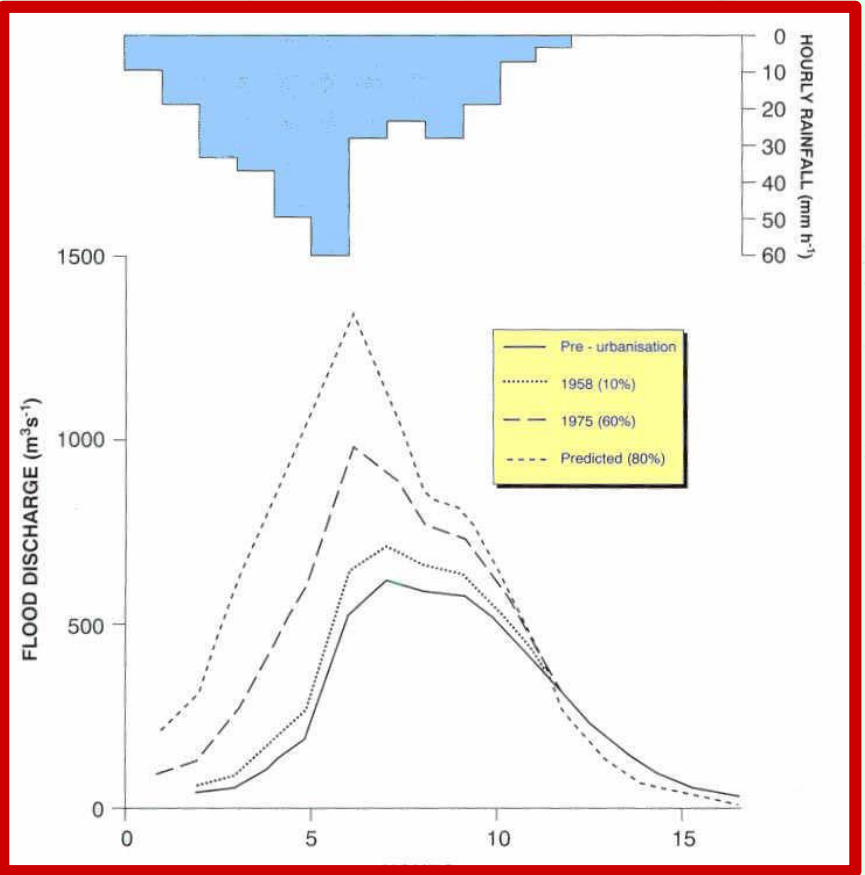
(textura, litología, pendiente y relieve).

04

Hidrografía

(áreas, pendiente, elevación máxima y mínima, longitud de cauces, áreas hidráulicas y rugosidad del drenaje).

Efectos de la urbanización sobre la curva hidrográfica



Tres tipos de inundaciones:



Fluviales:

Ríos



Pluviales:

Lluvia



Costeras:

Mares



Por fallas de obra



Lenta



Súbita



República Dominicana, 2002



Inundaciones Urbana



*Monitoreo y alertamiento temprano (Fenómenos Naturales)

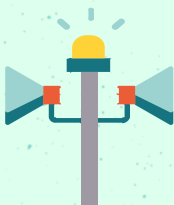
Fenómeno predecible

Fenómeno no predecible



METEOROLÓGICO

VOLCÁNICO

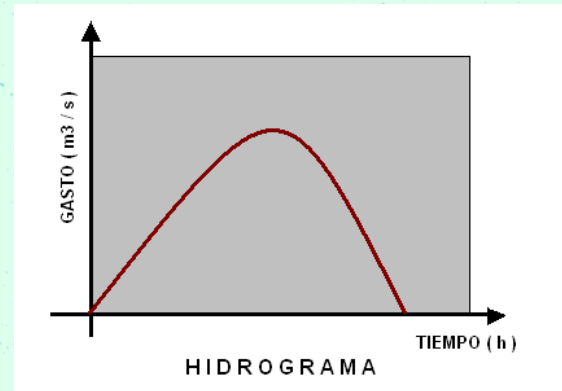
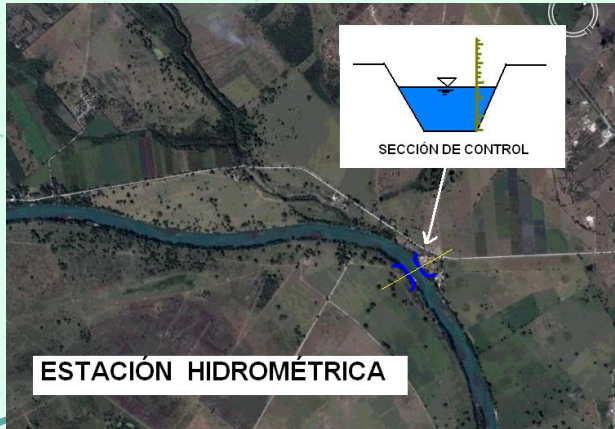


SÍSMICO

Conceptos hidrológicos

Gasto

Es la cantidad de agua que escurre por un río en un determinado lugar y en un cierto tiempo, también se llama “caudal”, sus unidades son volumen entre tiempo (m^3 / s). El lugar donde se mide el gasto es en una estación hidrométrica que consiste en un punto de control (sección regular) dentro del río.



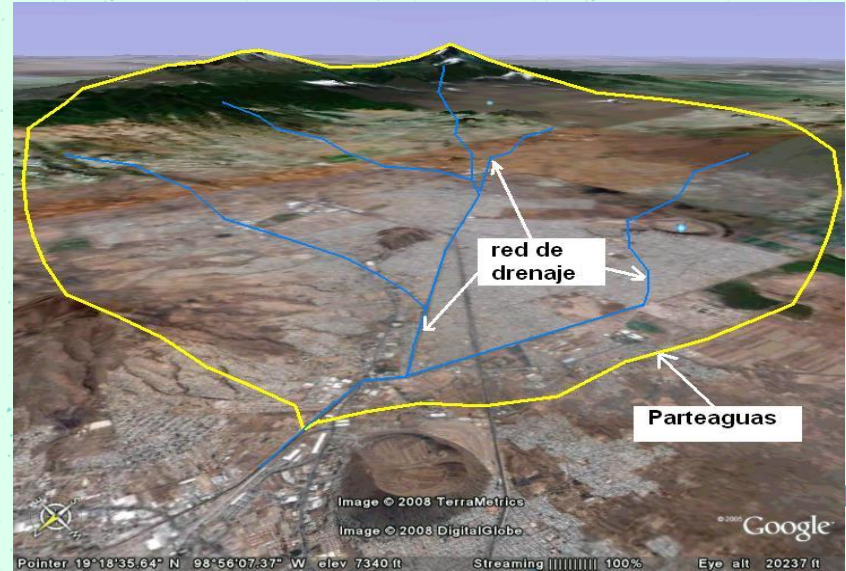
Cuenca

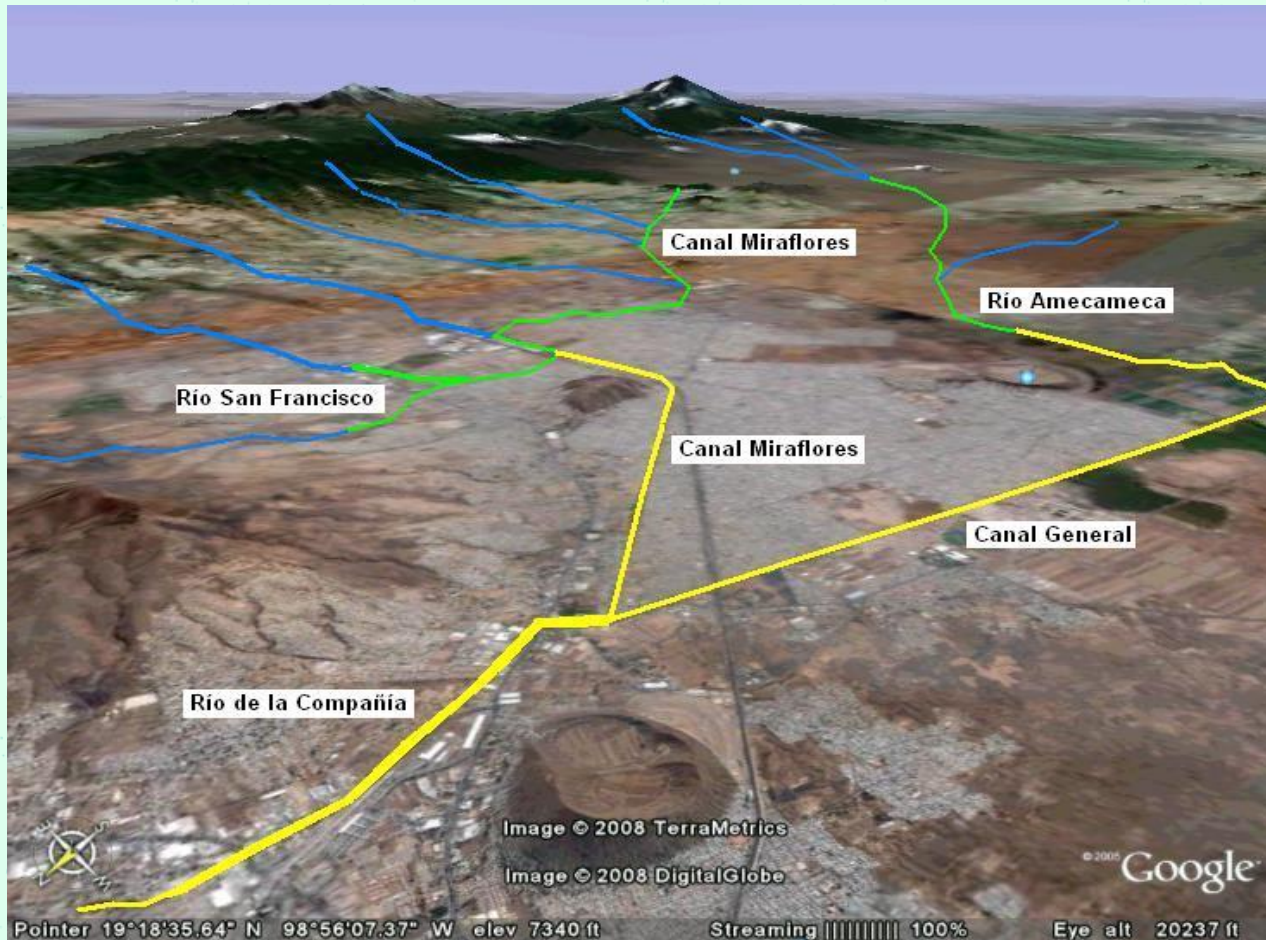
Es un área de la superficie terrestre donde las gotas de lluvia precipitadas dentro de ella tenderán a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Sus unidades son en kilómetros cuadrados (km^2).

Cuenca del Valle de Chalco, Edo. Mex.



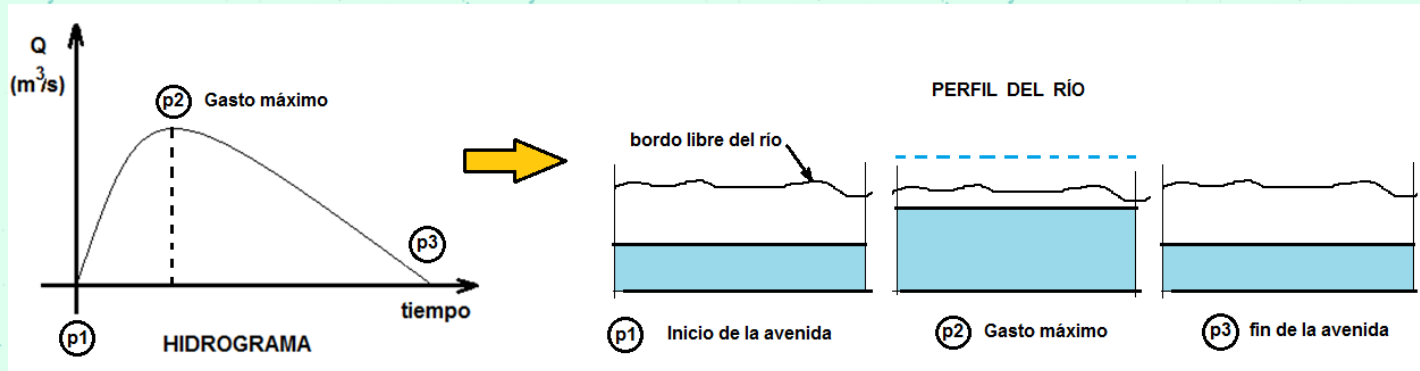
NOTA: Una cuenca es endorreica cuando el agua al fluir por un sistema de corrientes no tiene salida fluvial (cuenca cerrada). Por ejemplo, la cuenca del Valle de México. Normalmente es donde se forman los lagos.



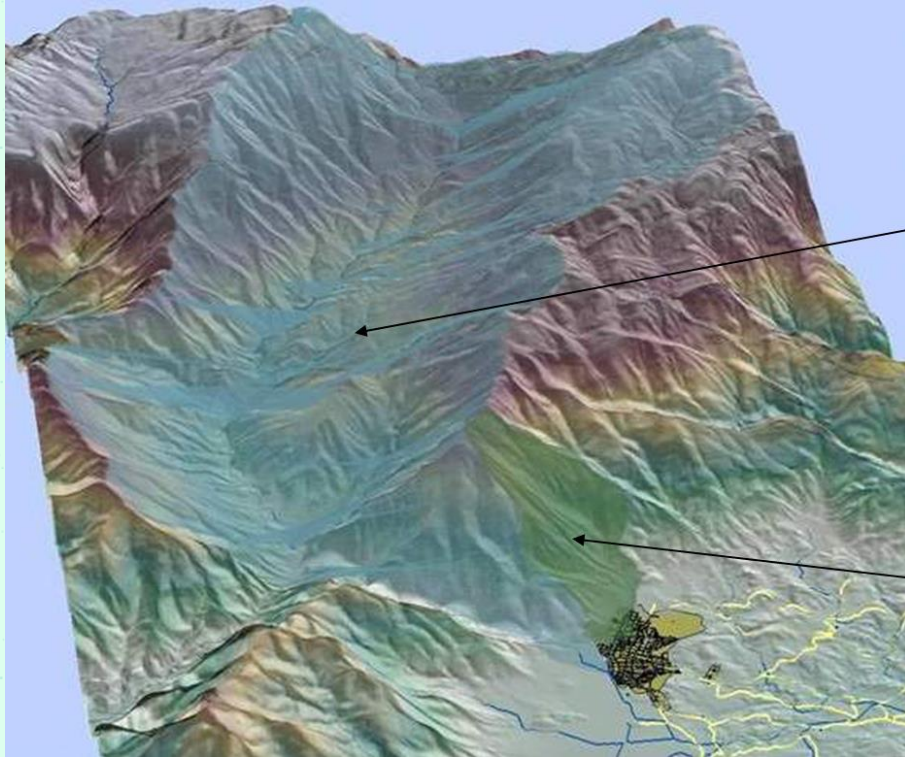


Definición de avenida

Es una elevación rápida y habitualmente breve del nivel de las aguas en un río o arroyo hasta un máximo desde el cual dicho nivel desciende a menor velocidad” (OMM/UNESCO, 1974). Estos incrementos y disminuciones, representan el comportamiento del escurrimiento en un río.



Respuesta de la cuenca



Cuenca "grande"

Área: 136.10 km²

Longitud del río: 28.10 km

Tiempo de conc.: 2.77 h

Cuenca "pequeña"

Area: 6.90 km²

Longitud del río: 4.30 km

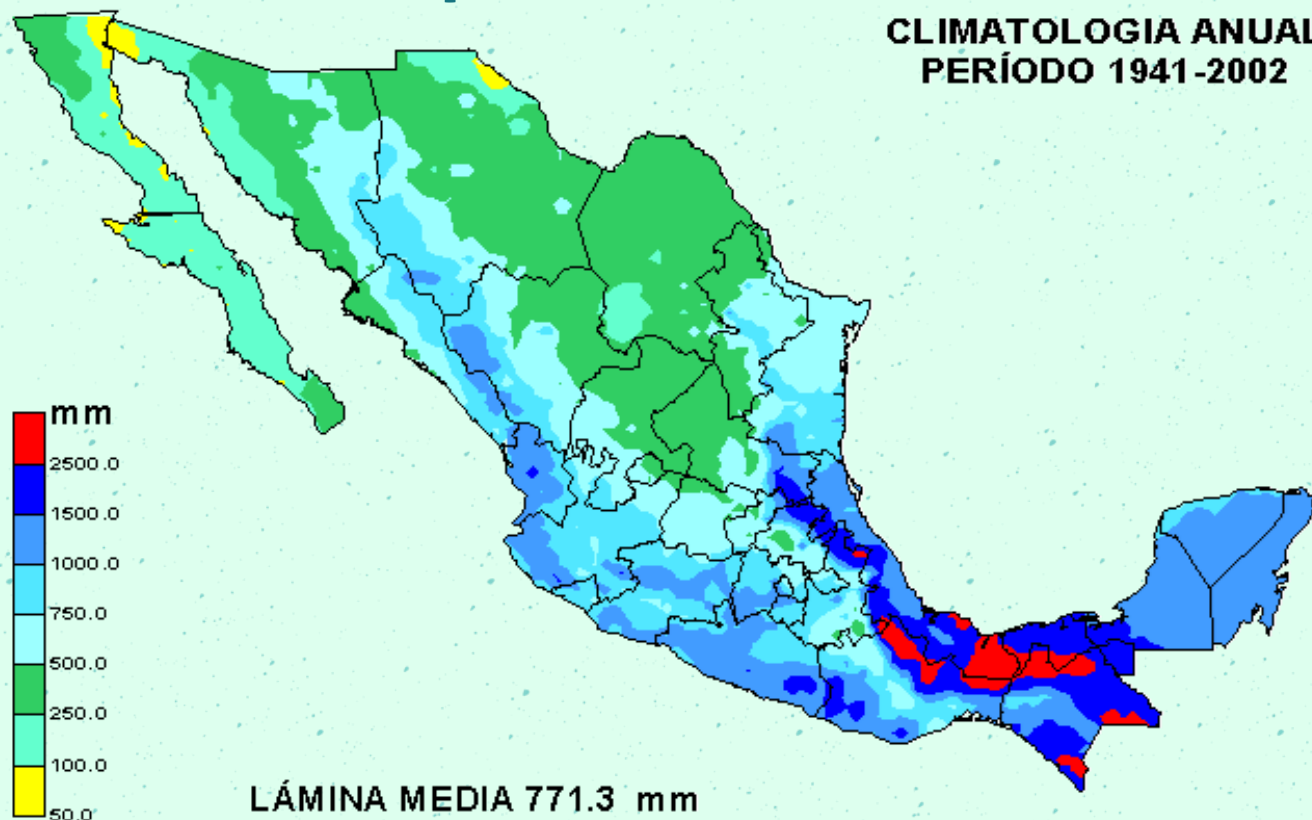
Tiempo de conc.: 37 min.

★ Colección de imágenes

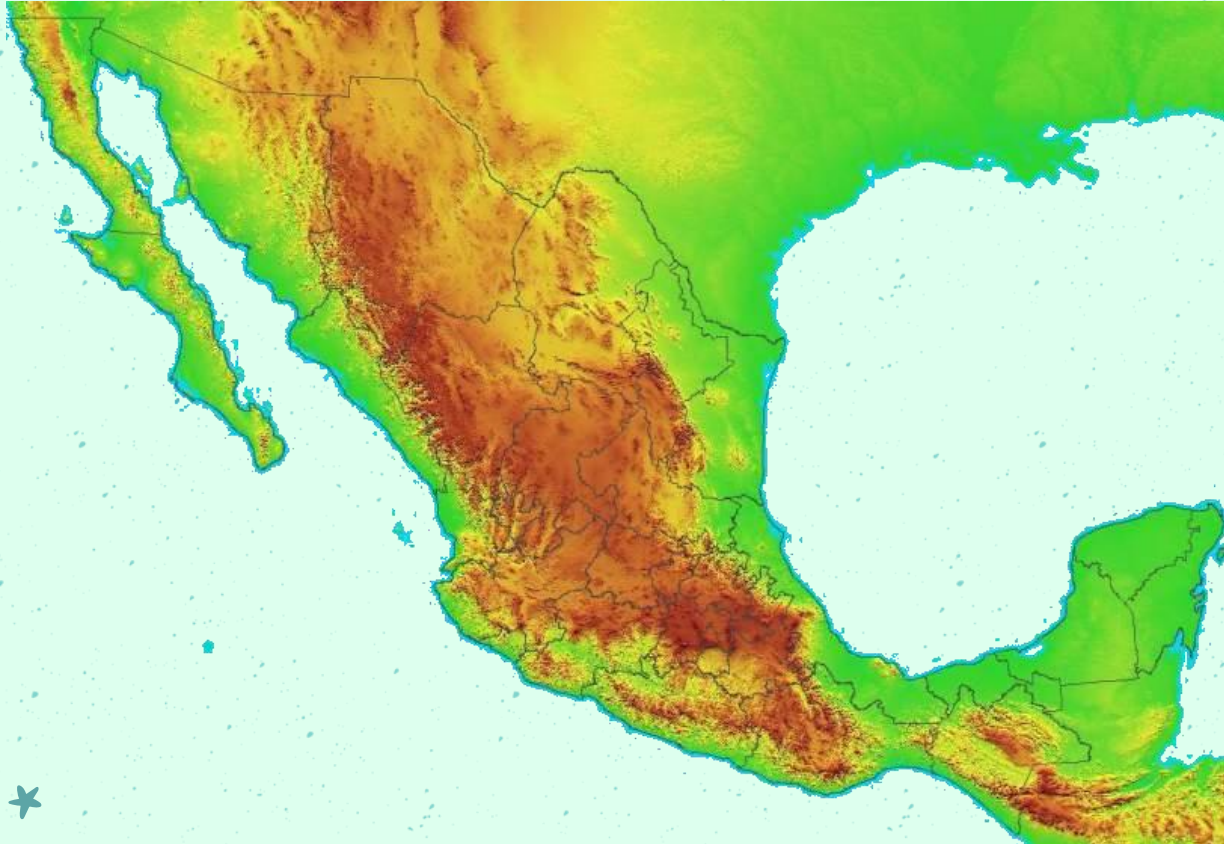


Distribución espacial de la lluvia en México

CLIMATOLOGIA ANUAL
PERÍODO 1941-2002

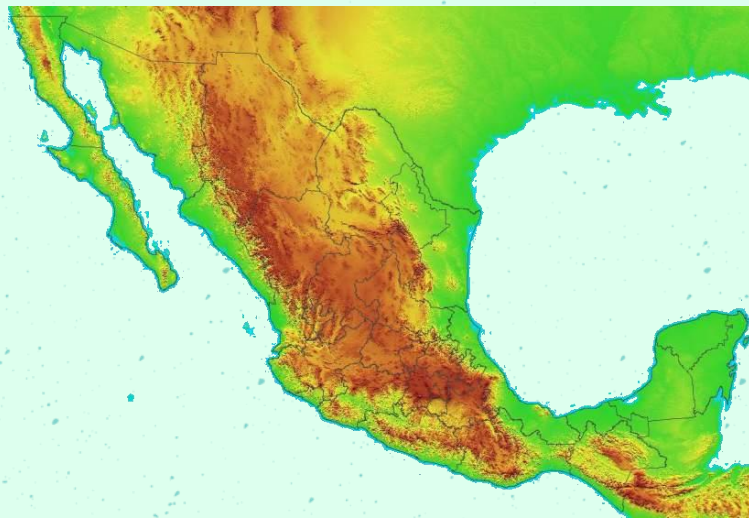
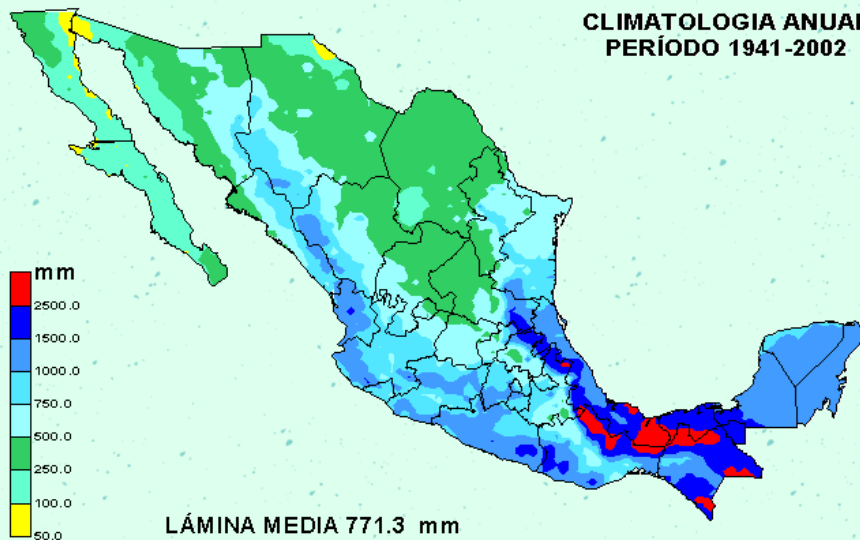


Topografía del terreno en México (pendiente)



Combinando ambos (lluvia y Topografía)

CLIMATOLOGIA ANUAL
PERÍODO 1941-2002

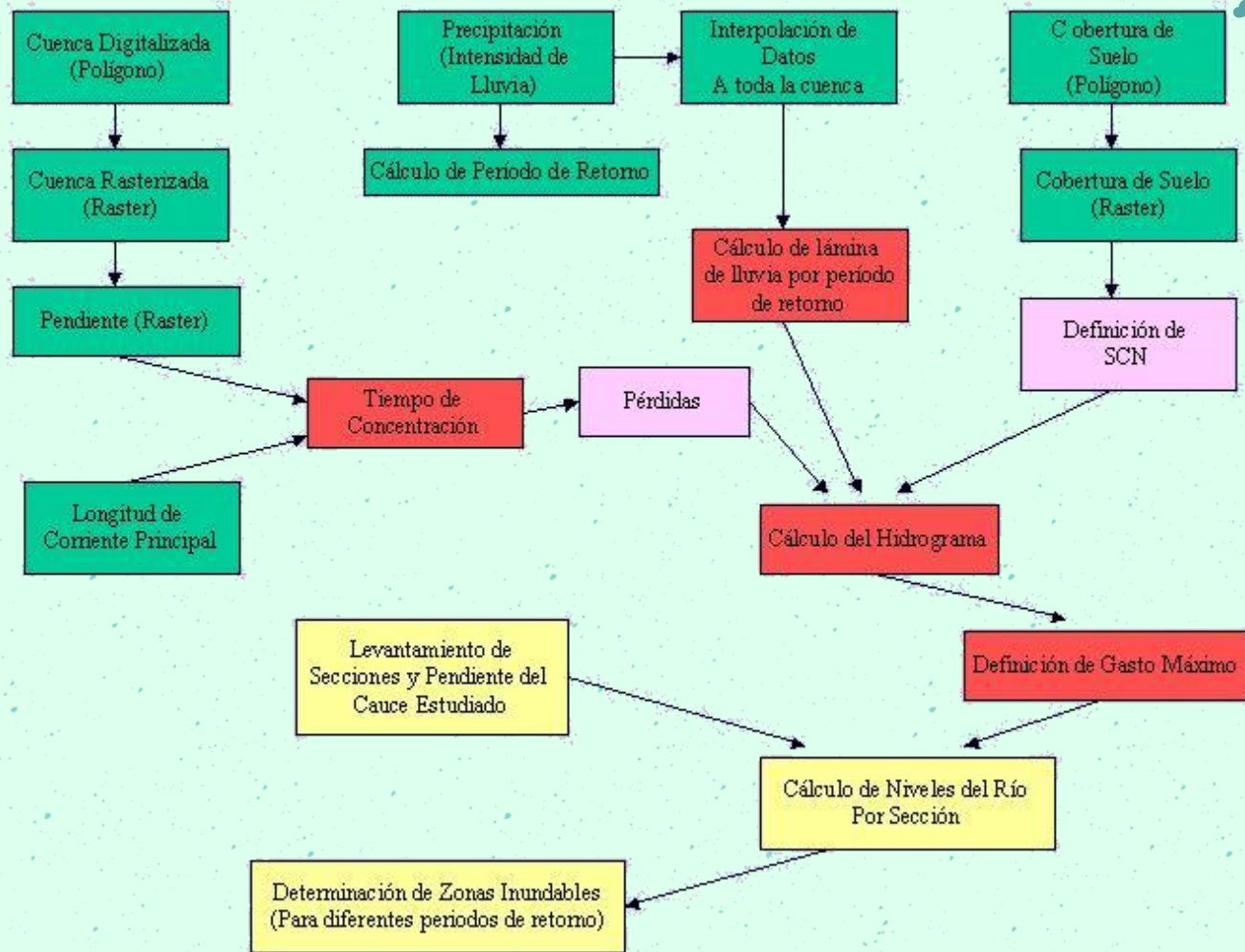


Parámetros para medir la magnitud de una inundación

Parámetros a considerar para definir la magnitud de una inundación

- *Duración*
- *Área afectada*
- *Velocidad de la corriente*
- *Profundidad del agua*
- *Tiempo de recurrencia*

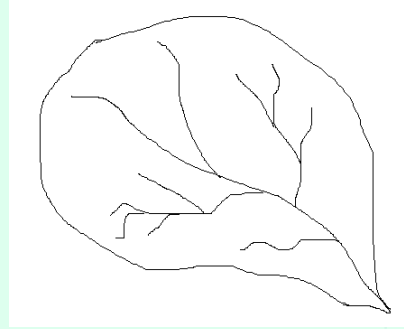
La ponderación que se le dé a cada uno de estos parámetros dependerá de la actividad a la que esté afectando la inundación, por ejemplo, en la agricultura puede tener mayor peso el área afectada, en cambio en daños a la población el tirante (profundidad del agua) puede ser el parámetro más importante.





Proceso para hacer mapas de PELIGRO

Avenida de diseño



Gasto líquido (fórmula racional)

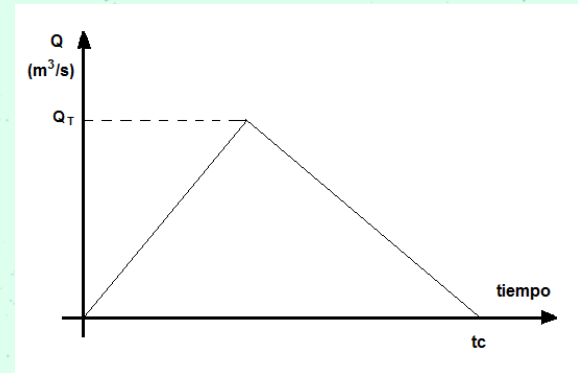
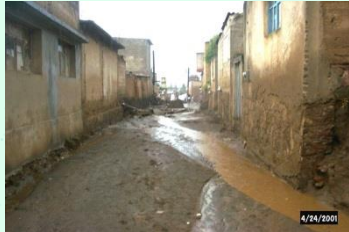
$$Q_p = 0.278 C_e i A \quad tc = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$hp(tc) = \frac{hp(24) - hp(1)}{3.1781} \ln(tc) + hp(1) \quad i = \frac{hp(tc)}{tc}$$

Gasto TOTAL

$$Q_T = Q_p + Q_s$$

Gasto sólido (USLE)



★ $E = 0.224 R K L S C P$



Q_s

Tránsito de la avenida

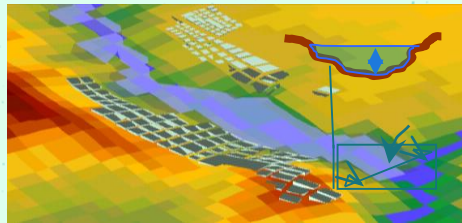
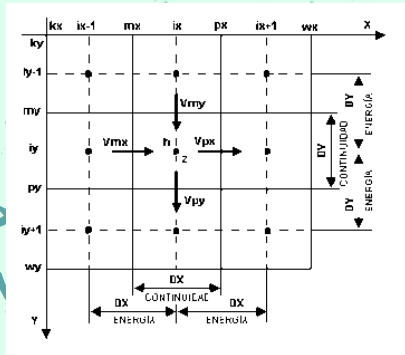
A mano (ecuaciones de St. Venant)

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial t} = i$$

$$\frac{\partial G_x}{\partial x} + \frac{\partial G_y}{\partial y} + \frac{\partial z}{\partial t} \rho_s = 0$$

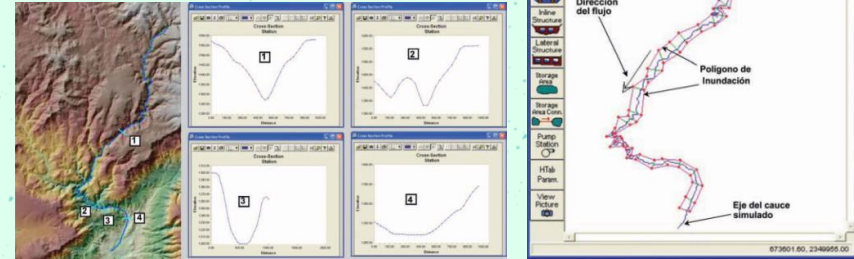
$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial (q_x^2 / h)}{\partial x} + \frac{\partial (q_x q_y / h)}{\partial y} + g h \frac{\partial h}{\partial x} + g h \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{q_x q}{(C h)^2} = 0$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial (q_y^2 / h)}{\partial y} + \frac{\partial (q_x q_y / h)}{\partial x} + g h \frac{\partial h}{\partial y} + g h \frac{\partial z}{\partial y} + \frac{q_y q}{(C h)^2} = 0$$

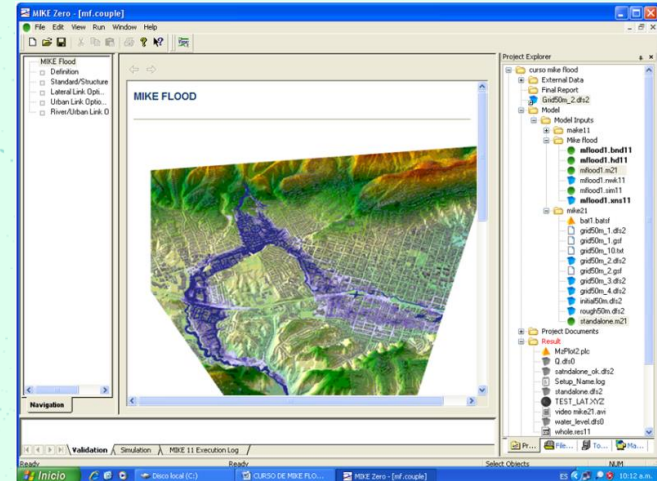


Con Paquetería

A) Uso de Hec-RAS



B) Uso de MIKE FLOOD



Alternativa sencilla percepción del riesgo (encuestas casa por casa)

- 1.- Nombre del jefe de familia o del encuestado _____
- 2.- Edad del encuestado _____ años
- 3.- Dirección del domicilio _____ No. casa _____
- 4.- ¿Se han presentado inundaciones en la población? ☐ sí ☐ no
- 5.- ¿Han afectado estas inundaciones a su casa? ☐ sí ☐ no

NOTA: En caso de contestar NO, ir a la pregunta 10 y asignar un peligro muy bajo con una puntuación de 6.5

- 6.- ¿Qué tan frecuentemente han afectado su vivienda?
☐ sólo una vez ☐ pocas veces ☐ una vez por año ☐ más de una vez x año

- 7.- ¿Hasta qué nivel subió el agua?
☐ al tobillo ☐ a las rodillas ☐ a la cintura ☐ cubrió el cuerpo

- 8.- ¿Cuánto tiempo duró el agua estancada?
☐ menos de 1 hora ☐ de 2 hr. a un día ☐ de 2 días a una semana
☐ más de una semana

- 9.- ¿El agua que inundó su hogar tenía sedimentos?
☐ casi no ☐ muy poco ☐ regular ☐ mucho

- 10.- ¿Tipo de muro de la vivienda?
☐ Tabique con o sin elementos de concreto ☐ Adobe o bahareque
☐ Piedra o lámina ☐ Madera, cartón o plástico (desecho)

- 11.- ¿Cuántos años tiene de construida su vivienda?
☐ de 1 a 5 años ☐ de 5 a 10 años ☐ de 10 a 20 años ☐ más de 20 años

- 12.- ¿Tipo de techo de su vivienda?
☐ losa de concreto ☐ teja o palma
☐ lámina, cartón, asbesto o metálica ☐ madera o desecho

- 13.- ¿Cuál es el nivel máximo de estudios de algún miembro de la familia y que siga viviendo en el hogar?
☐ Profesional ☐ bachillerato ☐ secundaria ☐ primaria ☐ no tiene

Nota: carrera técnica se toma como bachillerato

- 14.- ¿A experimentado una inundación?

☐ SI ☐ NO

- 15.- ¿Se han llegado a presentar inundaciones "repentinas", es decir sin que pase mucho tiempo (hasta 6 horas) entre la ocurrencia de la lluvia y un incremento "súbito" del nivel del agua en el río?

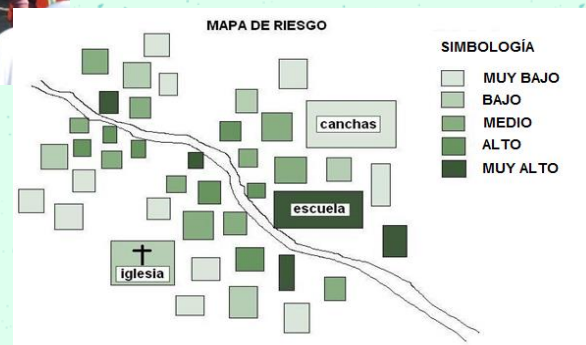
☐ SI ☐ NO

Datos
personales

Evaluación del
peligro

Evaluación de la
vulnerabilidad física

Evaluación de la
vulnerabilidad
biosicosocial



Ejemplos de aplicación

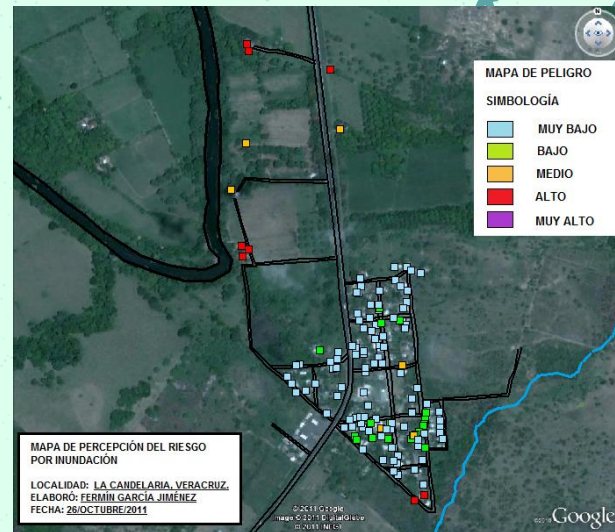
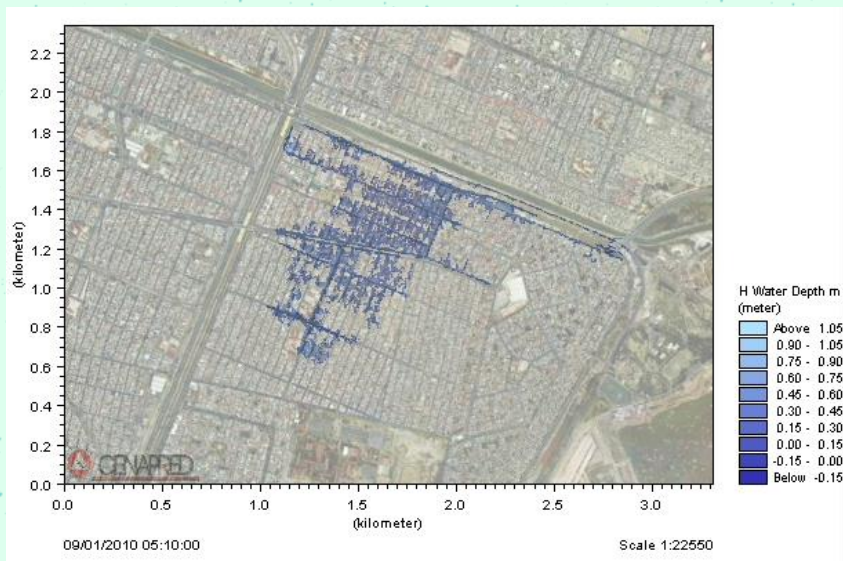


Figura 1.40. Mapa de inundación en el Arroyo El Xaloco, tormenta del 18 de julio de 2008.



Partes del riesgo: LA VULNERABILIDAD

Para obtener la vulnerabilidad física se combina el tipo de material de los muros con el material del techo. De esta combinación se determinan 5 tipos de vivienda. Para cada una de ellas se obtienen sus funciones de vulnerabilidad.

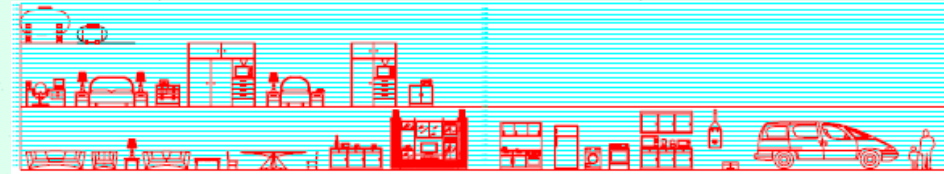
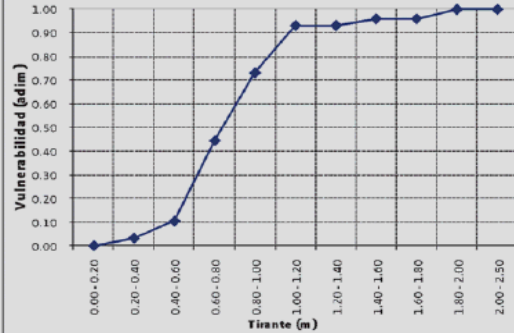
COMBINACIÓN	TIPO DE VIVIENDA	COMBINACIONES ENTRE TIPO DE MATERIAL PARA EL TECHO Y PARA LOS MUROS
1	I	Vivienda con muros y techo de material de desecho
2	I	Vivienda con muros y techo de lámina de cartón
3	I	Vivienda con muros de lámina de cartón y techo de lámina de asbesto o metálica
4	II	Vivienda con muros de lámina de asbesto o metálica y techo de lámina de cartón
5	II	Vivienda con muros de carrizo, bambú o palma y techo de lámina de cartón
6	II	Vivienda con muros de carrizo, bambú o palma y techo de lámina de asbesto o metálica
7	II	Vivienda con muros de barro o bajareque y techo de lámina de cartón
8	II	Vivienda con muros de barro o bajareque y techo de lámina de asbesto o metálica
9	II	Vivienda con muros de barro o bajareque y techo de palma, tejamanil o madera
10	II	Vivienda con muros de madera y techo de lámina de cartón
11	III	Vivienda con muros de madera y techo de lámina de asbesto o metálica
12	II	Vivienda con muros de adobe y techo de lámina de cartón
13	III	Vivienda con muros de adobe y techo de lámina de asbesto o metálica
14	III	Vivienda con muros de adobe y techo de lámina de palma, tejamanil o madera
15	III	Vivienda con muros de adobe y techo de lámina de teja
16	II	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de lámina de cartón
17	III	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de lámina de asbesto o metálica
18	III	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de palma, tejamanil o madera
19	III	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de teja
20	IV	Vivienda con muros de tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto y techo de losa de concreto, tabique, ladrillo o terrado con viguería



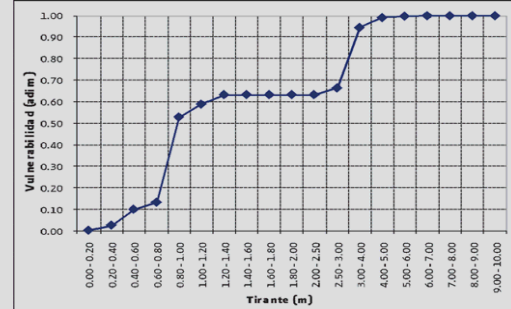
Tipo	Color	Vulnerabilidad
I	Rojo	Muy Alta
II	Naranja	Alta
III	Amarillo	Media
IV	Verde	Baja
V	Verde	Muy Baja

Funciones de vulnerabilidad

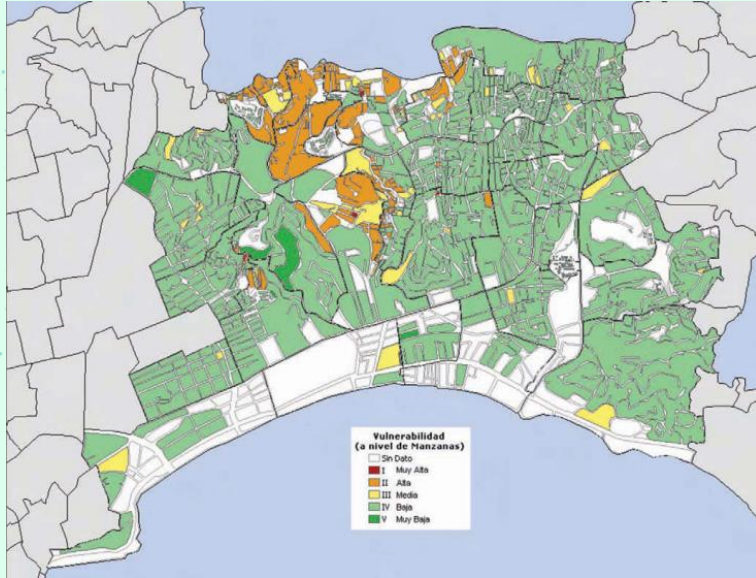
Elevación (m)	% de pérdida del menaje
0.00 - 0.20	0
0.20 - 0.40	3
0.40 - 0.60	10
0.60 - 0.80	44
0.80 - 1.00	73
1.00 - 1.20	93
1.20 - 1.40	93
1.40 - 1.60	96
1.60 - 1.80	96
1.80 - 2.00	100
2.00 - 2.50	100



Elevación (m)	% de pérdida del menaje
0.00 - 0.20	0
0.20 - 0.40	2
0.40 - 0.60	10
0.60 - 0.80	13
0.80 - 1.00	53
1.00 - 1.20	59
1.20 - 1.40	63
1.40 - 1.60	63
1.60 - 1.80	63
1.80 - 2.00	63
2.00 - 2.50	63
2.50 - 3.00	66
3.00 - 4.00	95
4.00 - 5.00	99
5.00 - 6.00	100
6.00 - 7.00	100
7.00 - 8.00	100
8.00 - 9.00	100
9.00 - 10.00	100



Mapas de vulnerabilidad



Finalmente la obtención de los MAPAS DE RIESGO



↑
peligro



↑
Vulnerabilidad



←
RIESGO

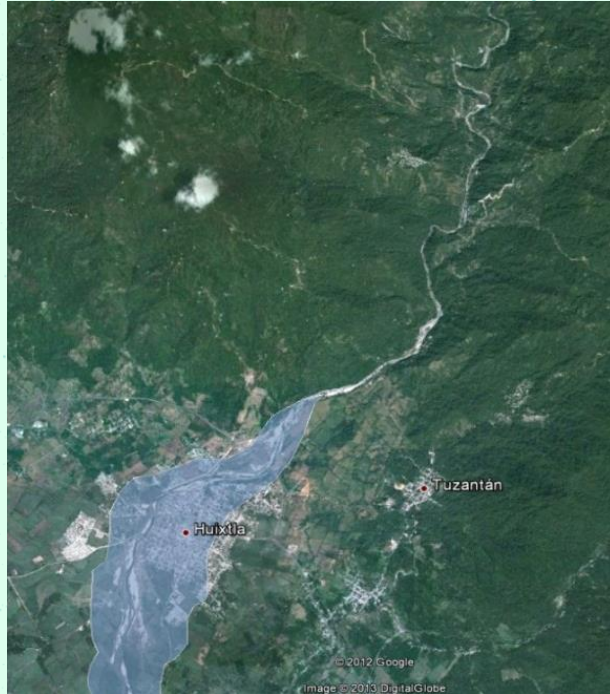
* Algunas medidas de mitigación (estructurales)

Son aquellas obras hidráulicas que ayudan a evitar, lo menor posible, los efectos negativos de las inundaciones. Entre ellas están las presas de regulación, sistemas de drenaje, encauzamiento de ríos, bordos de protección, lagunas de regulación, rectificación de arroyos, bordos perimetrales, etc.

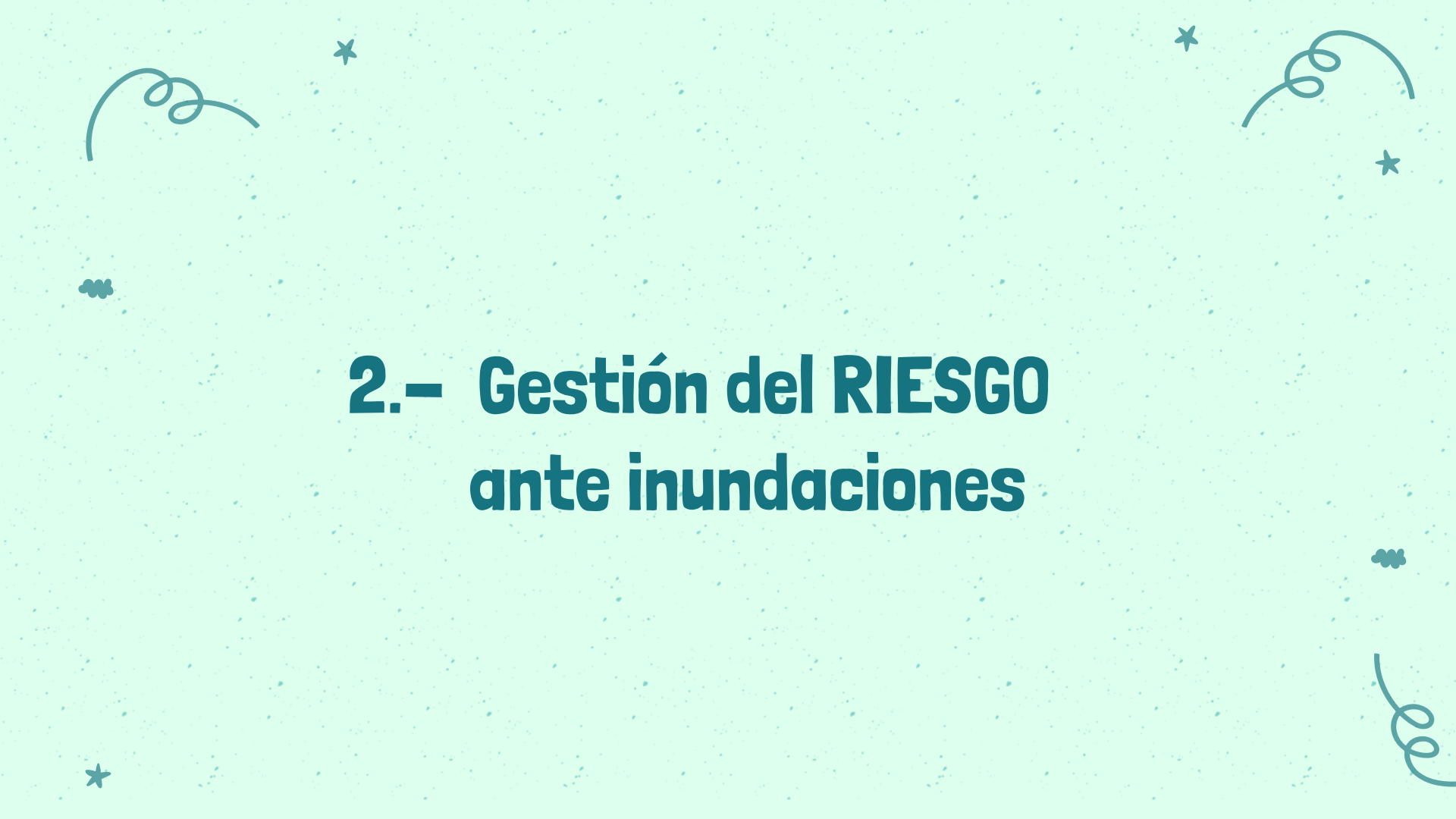


Las presas de regulación

Escenario de inundación en un cauce sin y con obras de control (presa de regulación) para un mismo hidrograma de diseño.







2.- Gestión del RIESGO ante inundaciones

Definición del RIESGO

$$\text{RIESGO} = \text{PELIGRO} * \text{VULNERABILIDAD} * \text{BIEN EXPUESTO}$$

Es la **probabilidad de incidencia de un fenómeno perturbador**.

Para el caso de las inundaciones se puede medir asociando el período de retorno del fenómeno climatológico que las origina (por ejemplo la lluvia)

Es la **probabilidad de pérdida asociada al peligro**. Existen varios tipos de vulnerabilidad: social y física, la segunda es la más fácil de cuantificar ya que tiene que ver con las características de los materiales de construcción de las viviendas

Es la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio considerado y que es factible sean dañados. Sus unidades generalmente están dadas en forma monetaria aunque no siempre es traducible a dinero

Los Atlas de Riesgo como herramienta fundamental para la GESTIÓN del RIESGO

Para reducir el riesgo debido a inundaciones, es vital contar con **mapas de riesgo** que sustenten la toma de decisiones sobre una adecuada planeación para ubicar los nuevos asentamientos humanos en zonas más seguras.

Desde el 2004, el CENAPRED ha venido desarrollando metodologías para elaborar mapas de riesgo para diferentes fenómenos naturales o antrópicos, con el objetivo de proporcionar las bases mínimas para obtener las zonas de afectación asociadas a la intensidad del evento y que su fundamento técnico-científico sea confiable. En lo que respecta al tema de **inundaciones**, se han elaborado, hasta el momento, cuatro metodologías.

Ley General de Protección Civil 2012

El artículo 84 de la nueva Ley General de Protección Civil dice textualmente lo siguiente:

Artículo 84. Se consideran como **delito grave** la construcción, edificación, realización de obras de infraestructura y los asentamientos humanos que se lleven a cabo en una zona determinada **sin elaborar un análisis de riesgos** y, en su caso, definir las medidas para su reducción, tomando en consideración la normatividad aplicable y **los Atlas municipales, estatales y el Nacional** y no cuenten con la autorización de la autoridad correspondiente.