

Conocimientos y herramientas básicas para evaluar el peligro de inundación

Subdirección de Riesgos por Inundación



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



2022 *Ricardo Flores*
Año de Magón

PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

Concepto y clasificación de las inundaciones

INUNDACIONES

Definición de inundación

Es un evento que debido a la **precipitación, desbordamientos de ríos, cueros de agua, oleaje, marea de tormenta o falla de alguna obra de infraestructura hidráulica**, provoca un incremento de la superficie libre del agua en los ríos, lagos, lagunas o en el mar mismo, generando invasión o **penetración del agua en sitios donde usualmente no la hay**, causando, generalmente, daños a la población, agricultura, ganadería e infraestructura¹.



Efectos del huracán Pamela en Acaponeta, 2021
imágenes de redes sociales



Inundaciones en Villahermosa, 2021

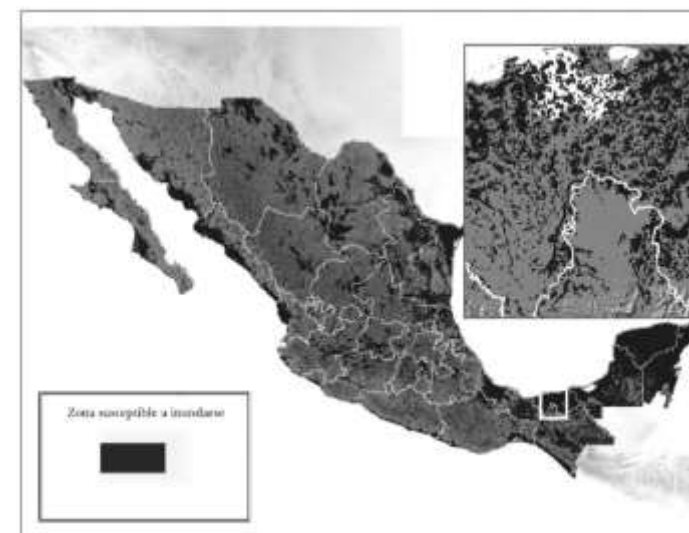


Panorama de las inundaciones en México

- ❑ Nuestro país se encuentra **entre las cuencas de los océanos Pacífico y Atlántico**.
- ❑ En verano la **zona de convergencia intertropical** se acerca al sur del territorio nacional.
- ❑ Cada año es susceptible al **impacto de ciclones tropicales**.
- ❑ El **fenómeno de inundaciones es multifactorial**, ya que depende de las características:
 - Orográficas,
 - Climáticas,
 - Fallas o diseños inadecuados de estructuras hidráulicas, y
 - Se alcanza el tiempo de vida útil de las obras.
- ❑ **Cualquier área urbana es susceptible a inundaciones** por las modificaciones a las condiciones naturales del suelo.
- ❑ Las **inundaciones son eventos naturales cíclicos**.



Trayectorias históricas de ciclones tropicales. Fuente: NOAA



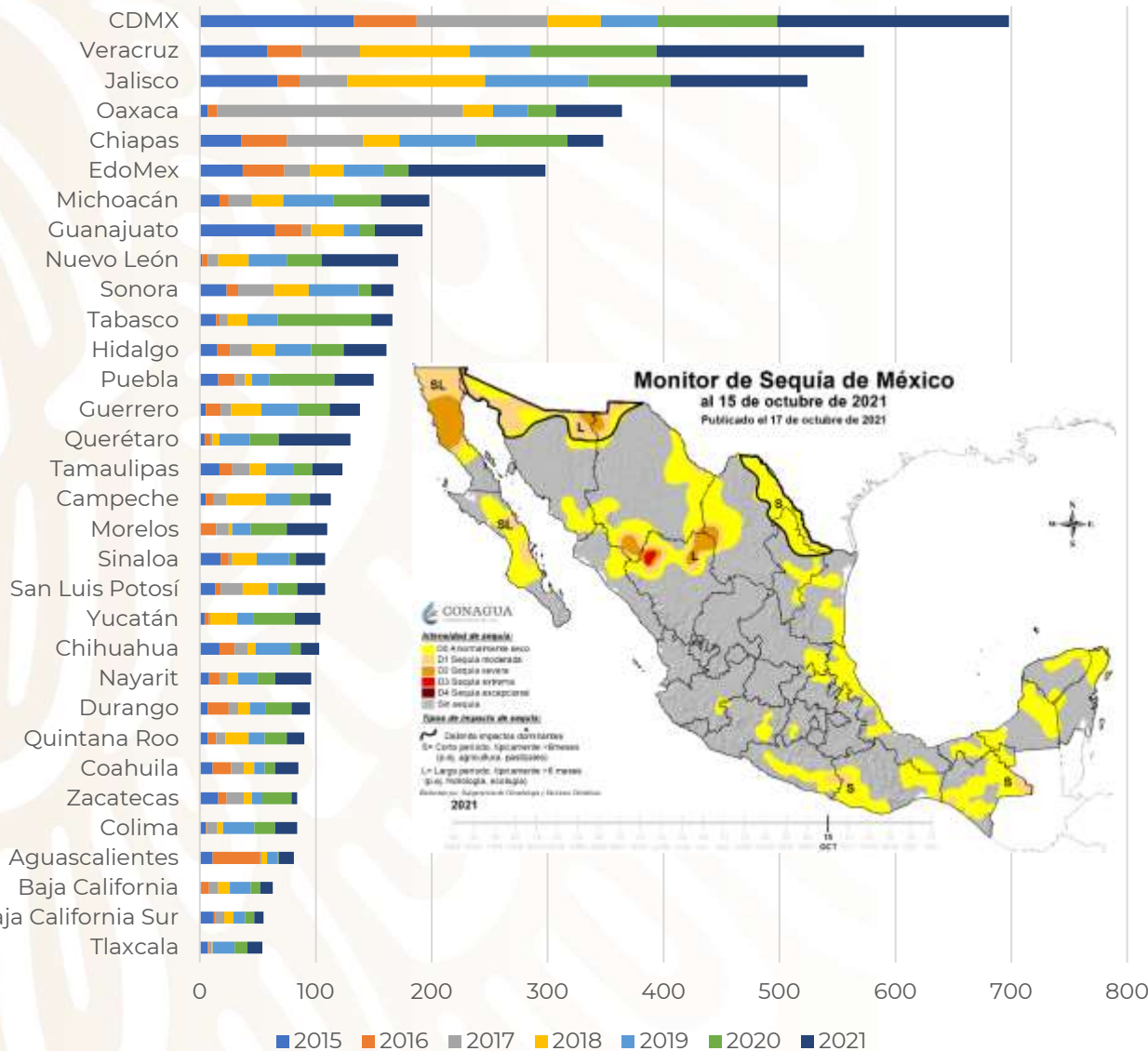
Mapa de índice de inundación.
Fuente: CONAGUA - AGROMEX



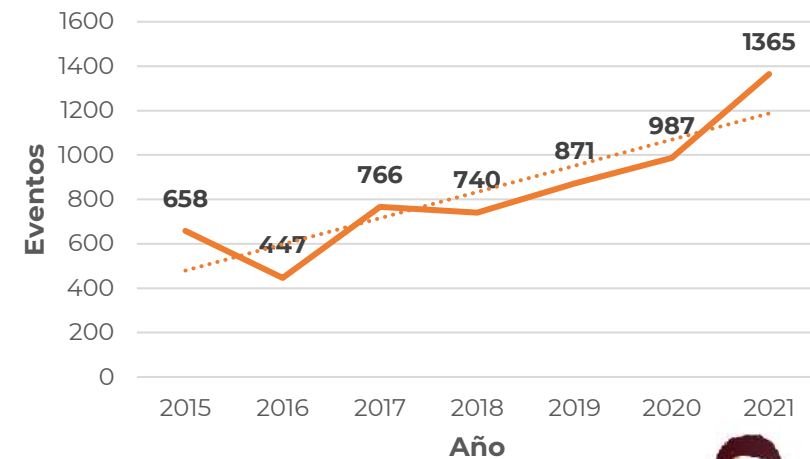
<http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/318-INFOGRAFADDESASTRESENMXICO-IMPACTOSOCIALYECONMICO.PDF>

Algunos datos de interés

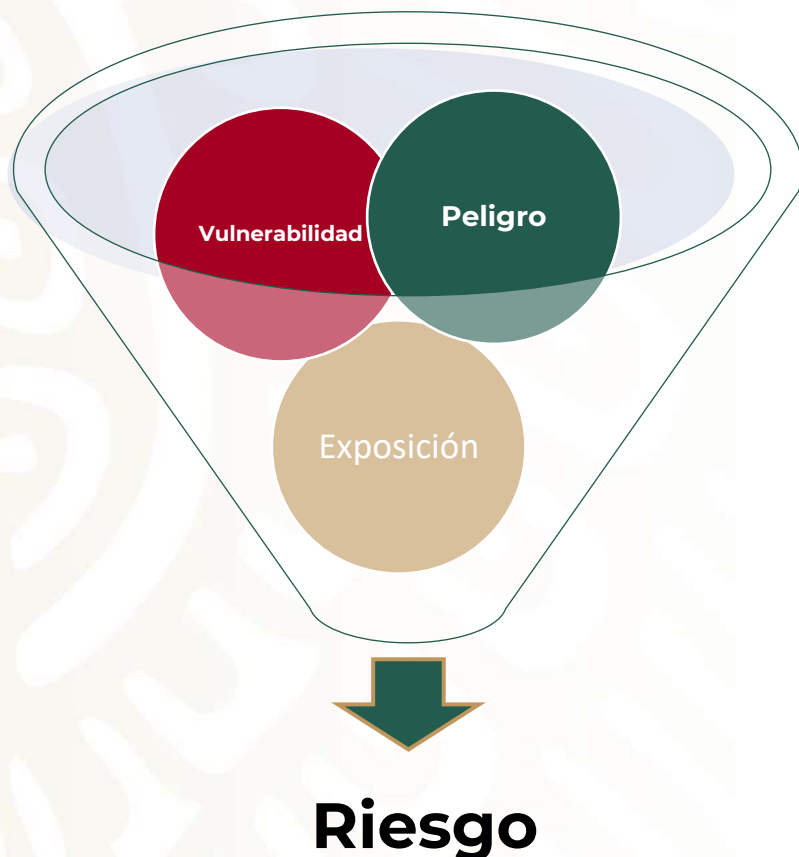
Eventos de inundación



- México carece de estadísticas oficiales sobre inundaciones.
- Desde **2015** se lleva a cabo el proyecto Catálogo de inundaciones históricas
- Recopila datos del CENACOM y CTOOH, mediante reportes de atención de afectaciones por inundación.
- **Datos al 2021:**
 - ❖ Se contabilizan **5834 eventos** de distintas características y niveles de afectación.
 - ❖ La **CDMX** mantiene el primer lugar en eventos de inundación, seguido de **Veracruz** y **Jalisco**.
 - ❖ **Nayarit** se encuentra en el **puesto 23**.
 - ❖ Se identifica una **tendencia al aumento**.
 - ❖ **2021** fue el año con **mayor número de eventos con 1 365**, le siguiente 2020 con 978 eventos.



Implicaciones de las inundaciones



- La amenaza o presencia de inundaciones es constante al igual que cualquier fenómeno natural.

- El peligro está asociado a la posibilidad (probabilidad) de que ocurra la inundación.

- Los eventos o escenarios de inundación son inevitables.

- Para el estudio de las inundaciones es necesario definir un enfoque sistémico u holístico.

- El enfoque para trabajar las inundaciones es con base en: Peligro, Riesgo y Desastre

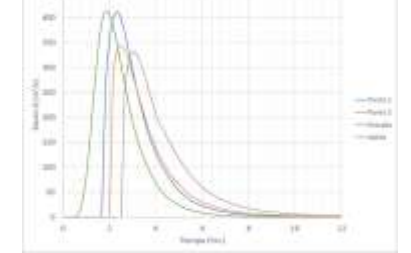
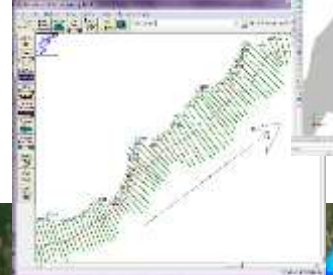
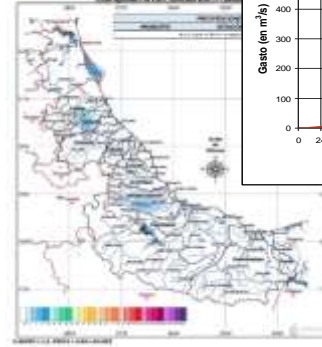
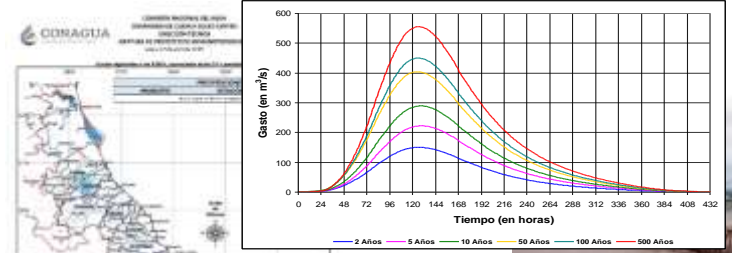
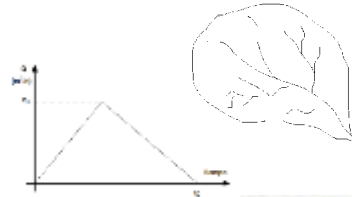
- El conocimiento del peligro por inundación, nos permitirá gestionar, mitigar o reducir el riesgo y, con ello, evitar los desastres.

Escenarios de inundación

Análisis o **estudio hidrológico** (redes de monitoreo y datos de campo)

Modelación y simulación de los **procesos hidráulicos** o lluvia escurrimiento

Representación gráfica o numérica



CLASIFICACIÓN DE LAS INUNDACIONES

INUNDACIONES FLUVIALES

Se generan **cuando el agua que se desborda** de los ríos **queda sobre la superficie** del terreno.



CLASIFICACIÓN DE LAS INUNDACIONES

INUNDACIONES PLUVIALES

Son consecuencia de la precipitación, suceden cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse durante minutos, horas o días.



INUNDACIONES LACUSTRES

Es el **incremento del nivel medio de un cuerpo de agua** (humedales, lagos, lagunas, etc.).



Tixtla de Guerrero, Guerrero



INUNDACIONES SÚBITAS

Son el resultado de **lluvias repentinas e intensas que ocurren en áreas específicas**. Pueden ocasionar que **pequeñas corrientes se transformen**, en cuestión de minutos, en **torrentes violentos** capaces de causar grandes daños y pérdidas humanas.

Las **zonas urbanas** son usualmente sitios donde se presenta este tipo de avenidas, como **consecuencia de la cubierta impermeable** formada de manera artificial por los edificios y calles, así como por la deforestación.



INUNDACIONES LENTAS

En cuencas cuya respuesta **hidrológica es lenta** se generan avenidas en un tiempo relativamente largo (del orden de días o semanas); en ellas ocurren principalmente daños materiales.

Se presenta comúnmente en zonas donde la pendiente del cauce es pequeña y, por ende, la capacidad de los ríos disminuye de manera considerable, que provoca desbordamientos y generan inundaciones en las partes aledañas.

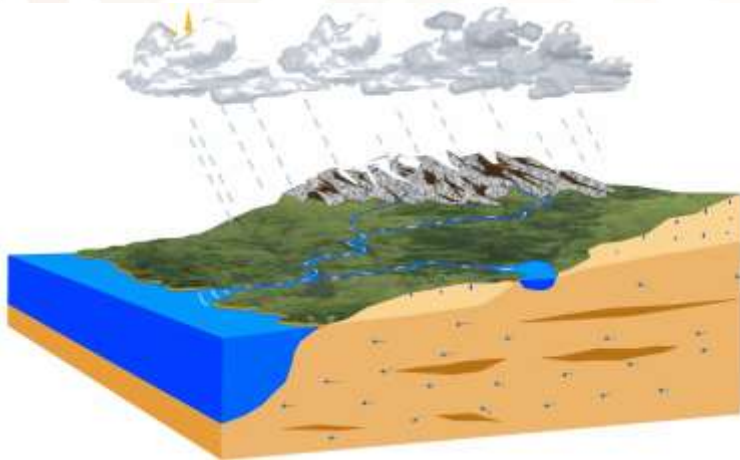


Conceptos de Peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación

CONCEPTO DE PELIGRO POR INUNDACIÓN

Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado (LGPC, 2012).

Amenaza



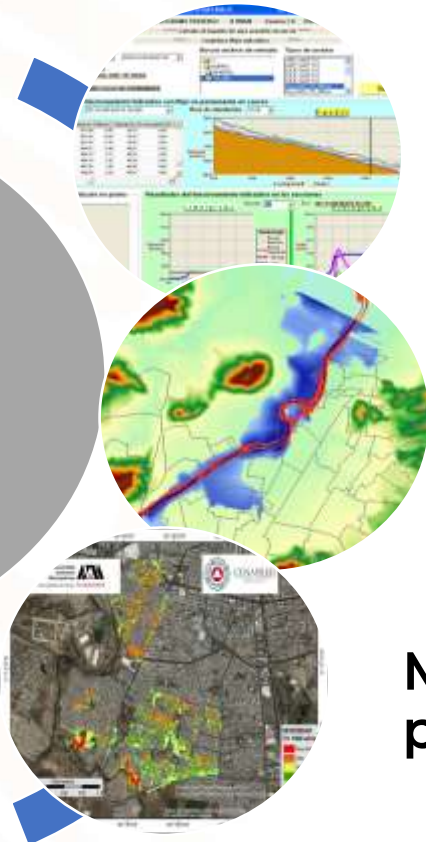
Efectos



Peligro por inundación



Mapas de peligro por inundación



Modelación numérica de las condiciones hidráulicas e hidrológicas

Generación de mapas de profundidades, representación gráfica y periodo de retorno ($T_r =$ Probabilidad de excedencia)

Mapas de peligro y severidad por inundación

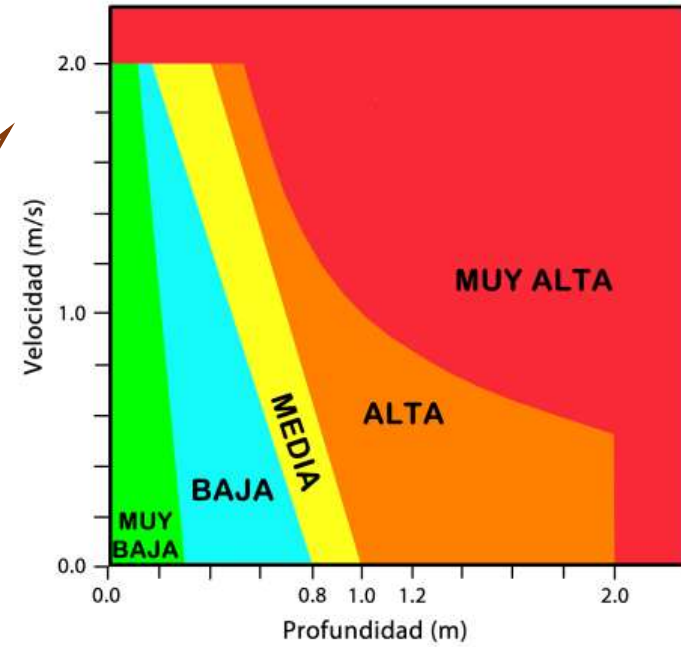
MAPAS DE SEVERIDAD



**Velocidad
del agua**



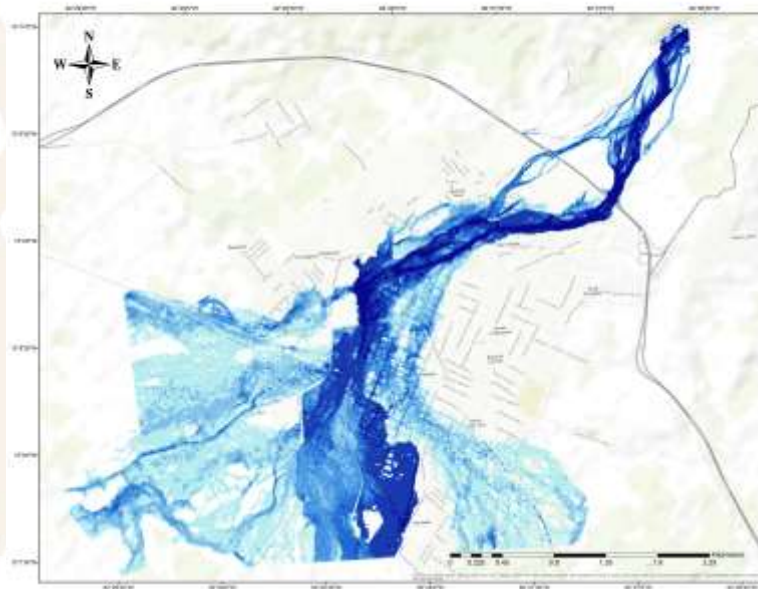
Profundidad



Severidad

MAPAS DE SEVERIDAD

Mapa de Tirantes Huixtla Tr= 20 años

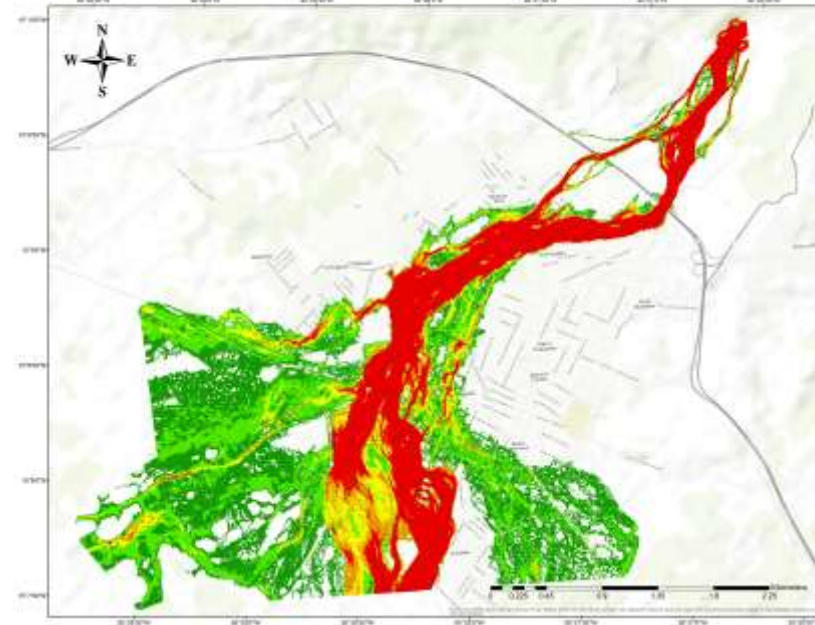


Simbología
Huixtla Tirantes Tr= 20 años
Tirantes en metros

0.05 - 0.25
0.26 - 0.50
0.51 - 0.75
0.76 - 1.00
1.01 - 2.00
>2.00

Coordenadas UTM: 17SRM2 CCL
Proyección: Lambert Conformal Cero
Falsa Escala: 2,000,000 (2000)
Falsa Northing: 0.0000
Central Meridian: 102.0000
Standard Parallel 1: 17.1000
Standard Parallel 2: 19.5000
Scale Factor: 0.9999
Latitude Of Origin: 17.0000
Units: Metro
Datum: Pineda

Mapa de Severidad Huixtla Tr= 20 años



Simbología
Huixtla Severidad Tr= 20 años

A - Muy Alto
B - Alto
C - Medio
D - Bajo
E - Muy Bajo

Coordenadas UTM: 17SRM2 CCL
Proyección: Lambert Conformal Cero
Falsa Escala: 2,000,000 (2000)
Falsa Northing: 0.0000
Central Meridian: 102.0000
Standard Parallel 1: 17.1000
Standard Parallel 2: 19.5000
Scale Factor: 0.9999
Latitude Of Origin: 17.0000
Units: Metro
Datum: Pineda

VELOCIDAD DE UN ESCURRIMIENTO



Los Mochis, Sinaloa
Tormenta tropical Ivo



Alcaldía de Tlalpan, CDMX

VULNERABILIDAD FÍSICA

Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales - LGPC

“Capacidad de recibir daño”



<
**Capacidad de
recibir daño**

>
Vulnerabilidad



VULNERABILIDAD FÍSICA

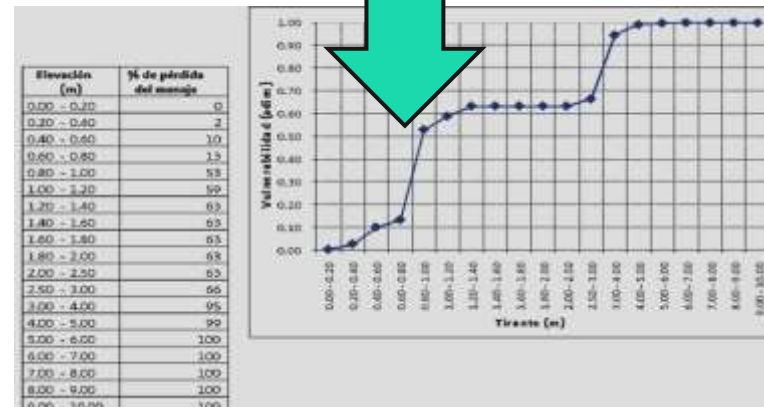
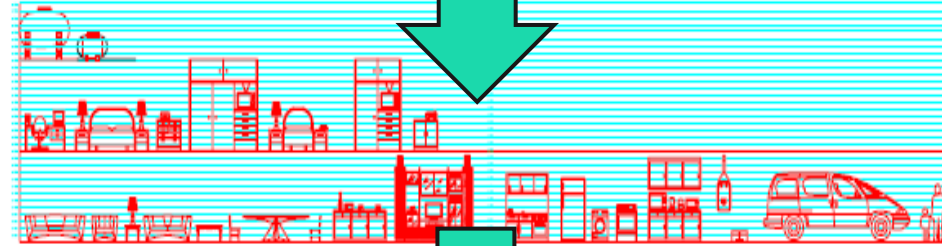
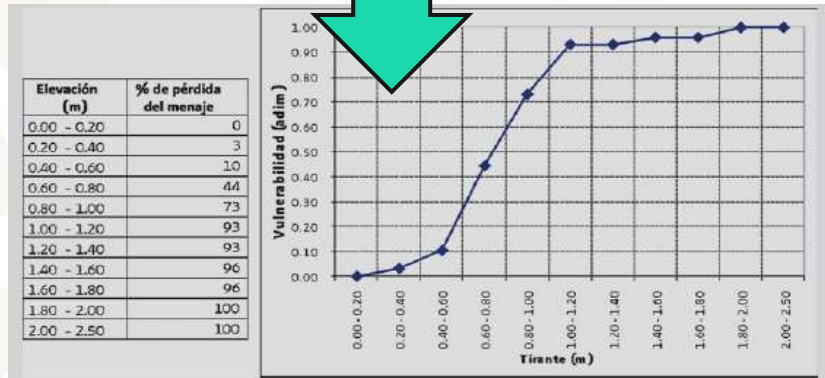
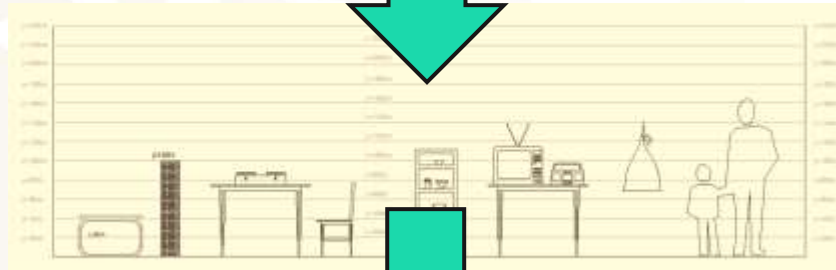
POSIBLES COMBINACIONES

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 canizo, bambú o palma y techo de lámina de cartón
6	II	Vivienda con muros de canizo, bambú o palma y techo de lámina de asbesto o metálica
7	II	Vivienda con muros de embudo o bajareque y techo de lámina de cartón
8	II	Vivienda con muros de embudo o bajareque y techo de lámina de asbesto o metálica
9	II	Vivienda con muros de embudo 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



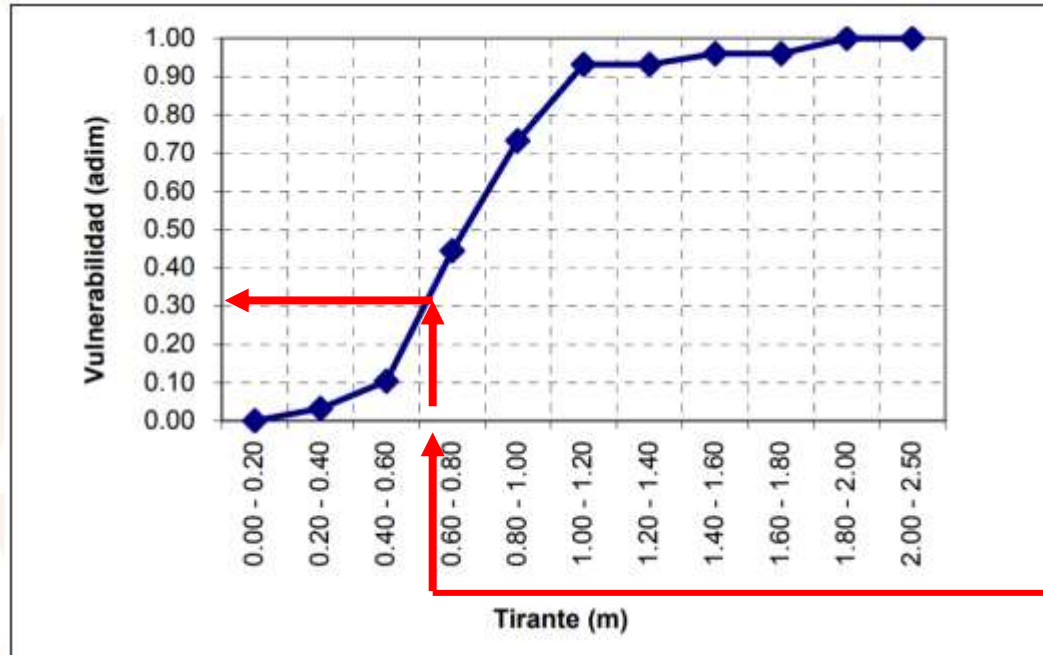
Tipo	Color	Vulnerabilidad
I	Rojo	Muy Alta
II	Naranja	Alta
III	Amarillo	Media
IV	Verde	Baja
V	Verde	Muy Baja

FUNCIONES DE VULNERABILIDAD



FUNCIONES DE VULNERABILIDAD

- Viviendas
- Cultivos
- Industria
- Hospitales
- Escuelas
- Etc.



INDICES DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD A NIVEL MUNICIPAL



Índice de Peligro de Inundación (IPI)

- Capas / Hidrometeorológicos / Inundaciones / Indicadores / Índice de peligro de inundación

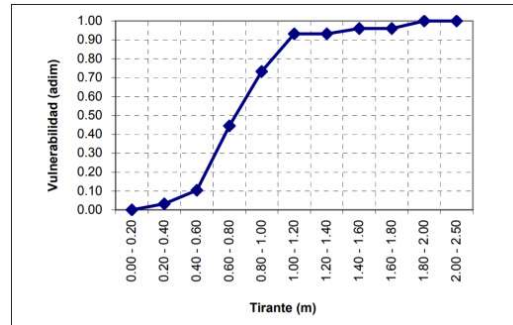
Índice de Vulnerabilidad de Inundación (IVI)

- Capas / Hidrometeorológicos / Inundaciones / Indicadores / Vulnerabilidad por inundación IVI



RIESGO

Daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente afectable - LGPC



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



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

Es la propensión o susceptibilidad a sufrir daños o **pérdidas asociada al peligro**

Es la cantidad de personas, **bienes y sistemas** que se encuentran en el sitio que es factible a ser dañados



Los probables daños o pérdidas ocasionadas por algún agente perturbador



Morelia, Michoacán, 2015



Jerécuaro, Guanajuato, 2016



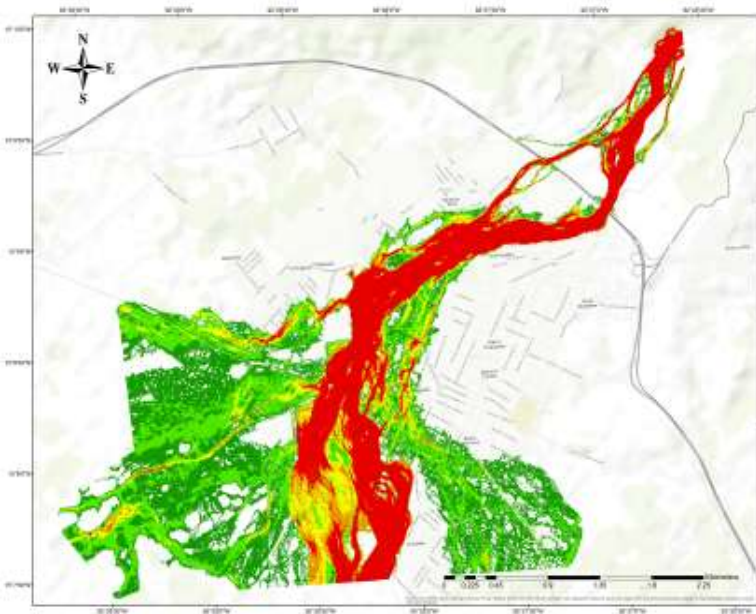
**Carretera El Novillero
Acaponeta, Nayarit, 2018**



Acaponeta, Nayarit, 2018

MAPAS DE RIESGO

Mapa de Severidad Huixtla Tr= 20 años



CENAPRED
MÉXICO
SUBDIRECCIÓN DE RIESGOS POR INUNDACIÓN
Y CAMBIO CLIMÁTICO



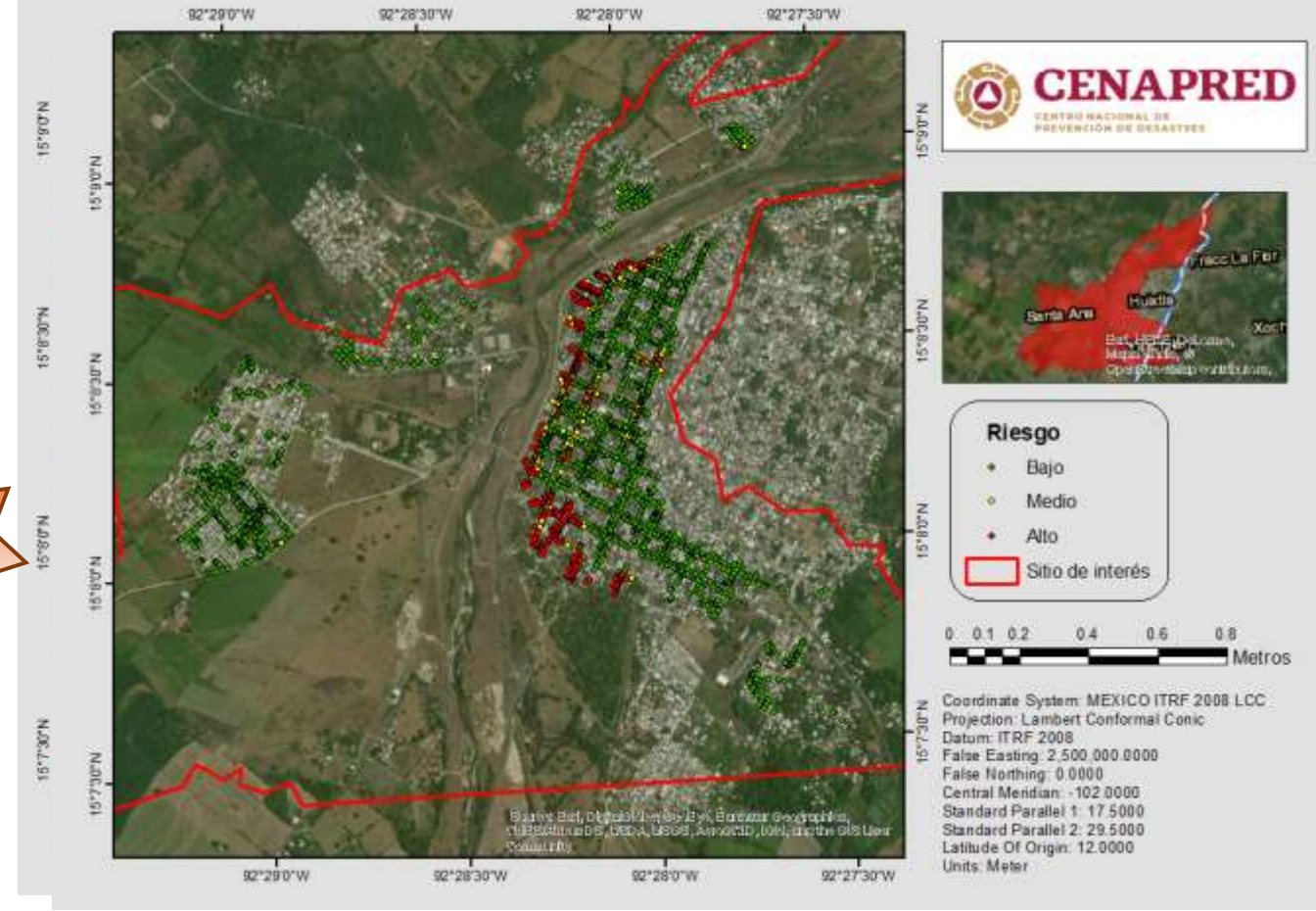
Simbología
Huixtla Severidad Tr= 20 años

- A - Muy Alto
- B - Alto
- C - Medio
- D - Bajo
- E - Muy Bajo

Coordenadas Geográficas: UTM
Proyección: Lambert Conformal Cónica
Falso Northing: 0.0000
Falso Easting: 2.500.000.0000
Datum: ITRF 2008
Central Meridian: -102.0000
Standard Parallel 1: 17.5000
Standard Parallel 2: 29.5000
Scale Factor: 1.0000
Latitude Of Origin: 12.0000
Units: Meter



Riesgo por inundación Tr = 20 años



Atlas Nacional de Riesgos como herramienta para identificar inundaciones



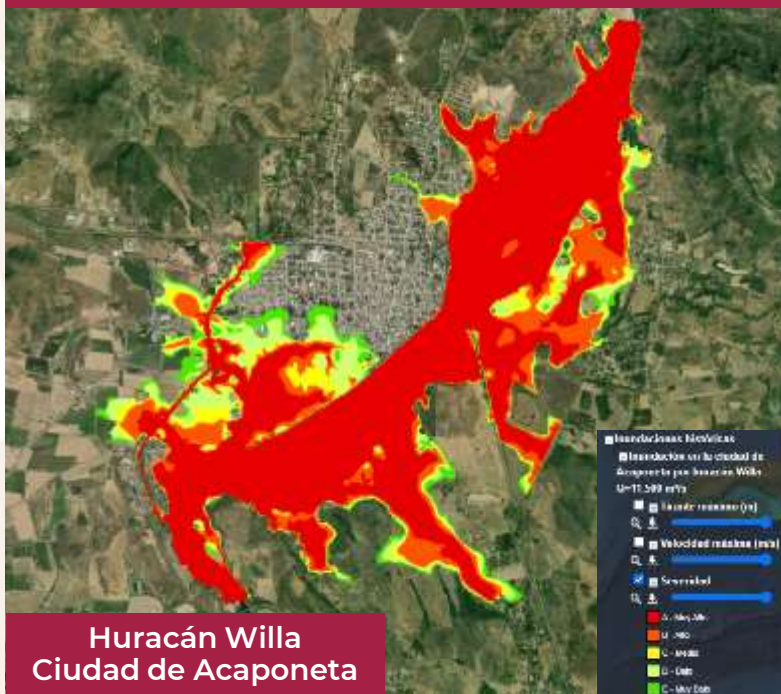
De los 2,465* municipios de México, sólo 419 y 13 alcaldías de la Ciudad de México tienen atlas, que representa el 17.5% del total, y su actualización comprende desde 2004 hasta 2019; además 12 atlas municipales se encontraron actualizados al 2019.



*ACTUALMENTE MÉXICO TIENE 2471 MUNICIPIOS



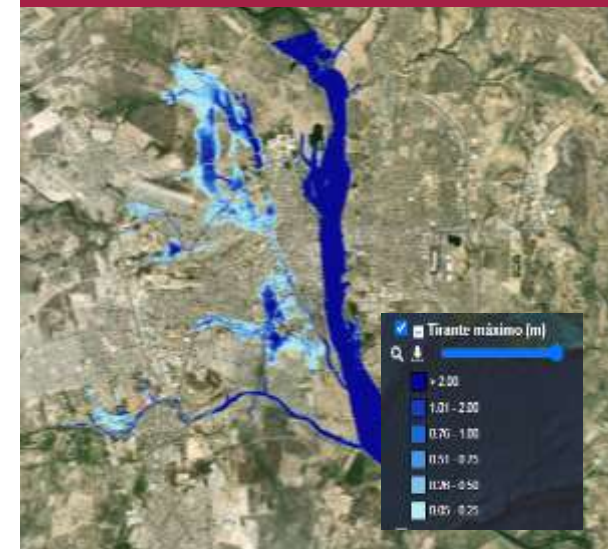
Inundaciones históricas



Zonas federales



Mapas de tirantes, velocidades, vulnerabilidad, peligro y riesgo



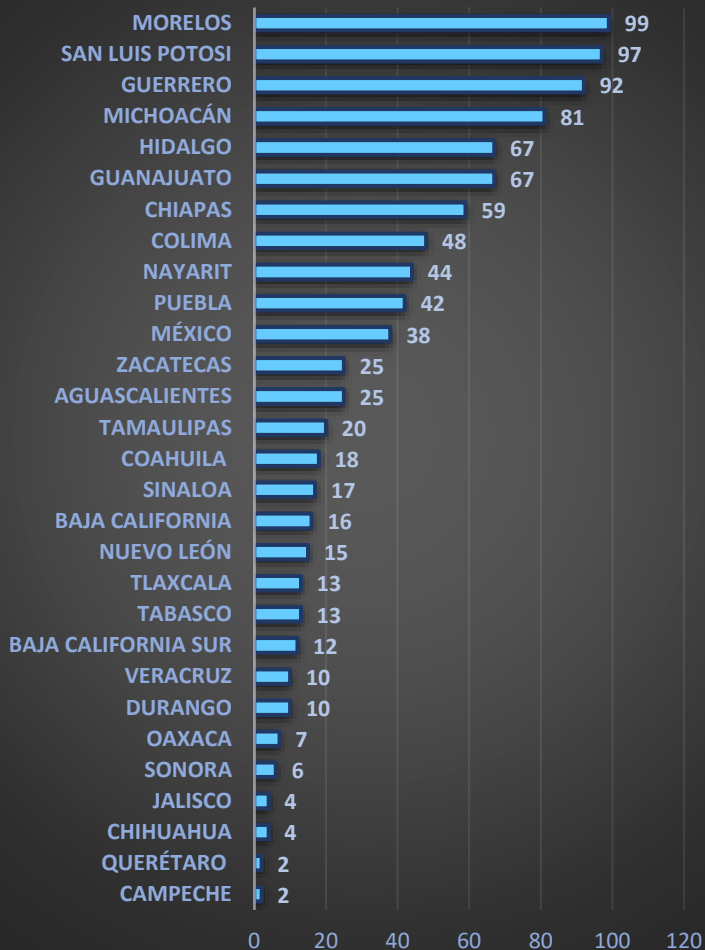
**34
presas**

**64
ciudades**

**22
cuencas
o ríos**

Puntos críticos de inundación

Puntos críticos por estados



Formato de puntos críticos

Centro Nacional de Prevención de Desastres **Formato General de Levantamiento de Puntos Críticos de Inundación** Subdirección de Riesgos por Inundación

1

Unidad que reporta: _____ Número de reporte: _____

Fecha del reporte: _____ Fecha del evento de inundación: _____ Frecuencia del evento: _____

2

Tipo de inundación

Pluvial _____ Fluvial _____ Ambas _____

Otro: _____

Área de afectación (m2) _____ Profundidad máxima (m) _____ Profundidad promedio (m) _____ Duración aproximada _____

3

Afectaciones

Tipo	Cantidad	Anotaciones/Comportamiento

Nombre de localidades/colonias/municipio: _____

4

Identificación y descripción del punto crítico:

Tipo de infraestructura	Dimensiones/descripción

Coordenadas geográficas Latitud: _____ Longitud: _____

5

Descripción general del evento (precipitación, atención de afectaciones, etc.)

Centro Nacional de Prevención de Desastres **Formato General de Levantamiento de Puntos Críticos de Inundación** Subdirección de Riesgos por Inundación

6

Ubicación del punto crítico y polígono de inundación (croquis) y memoria fotográfica



- Datos generales
- Tipo de inundación
- Afectaciones
- Identificación y descripción del punto crítico
- Descripción general del evento
- Ubicación de punto crítico, polígono de inundación y memoria fotográfica



https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RI/RI_Informe_PAT2_1_PuntosCriticos.pdf

Ejemplos de puntos críticos



Índice de Inundabilidad



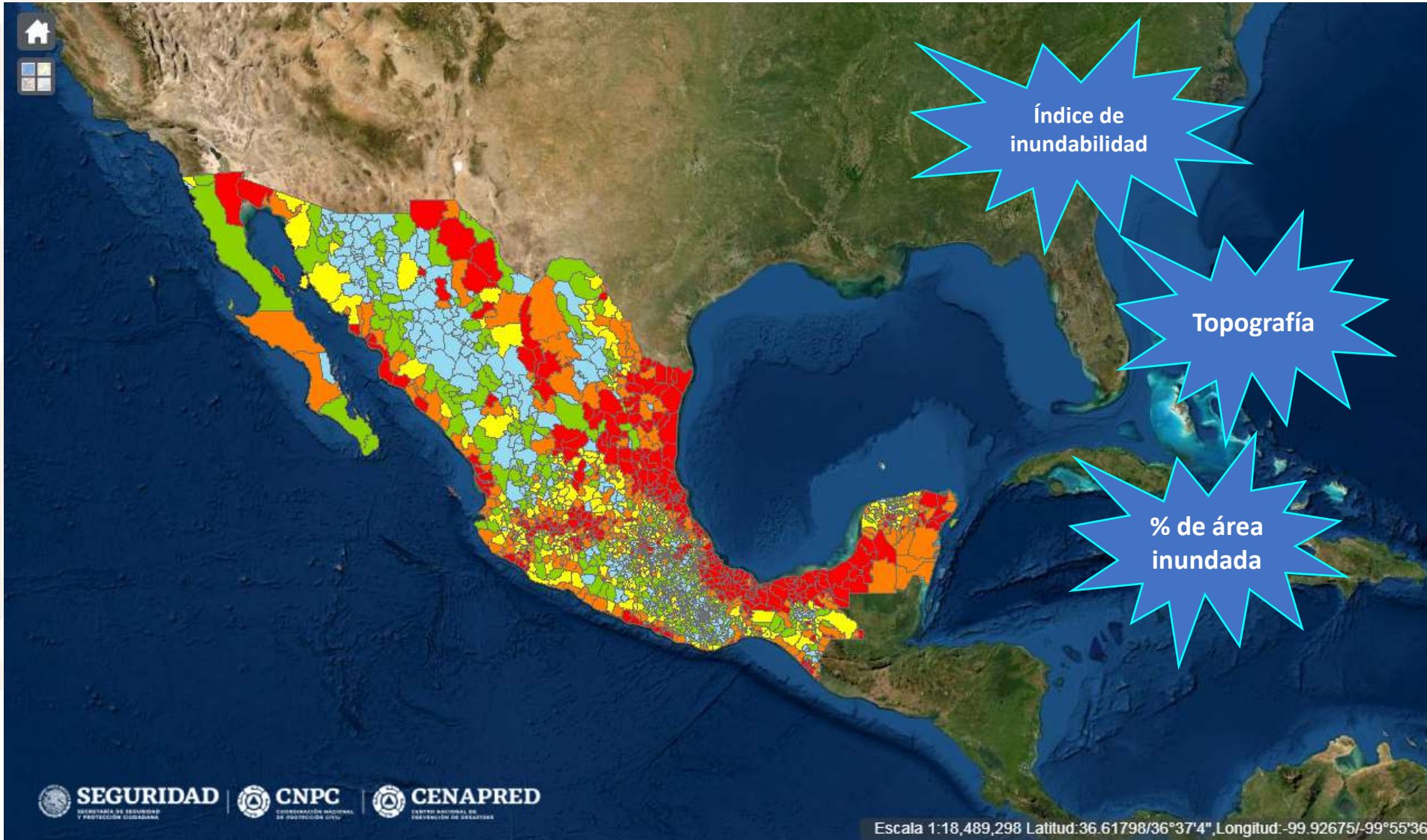
Atlas Nacional de Riesgos por Inundación Centro

Regiones

Índices de inundabilidad

- Periodo de retorno $Tr=2$ años
- Periodo de retorno $Tr=5$ años
- Periodo de retorno $Tr=10$ años
- Periodo de retorno $Tr=50$ años
- Periodo de retorno $Tr=100$ años

Índice de peligro por inundación



Hidrometeorológicos

- Sequía
- Heladas
- Tormentas de electricidad
- Tormentas de granizo
- Tormentas de nieve

Inundaciones

- Históricos

Indicadores

- Índice de vulnerabilidad de inundación (CENAPRED, 2017)

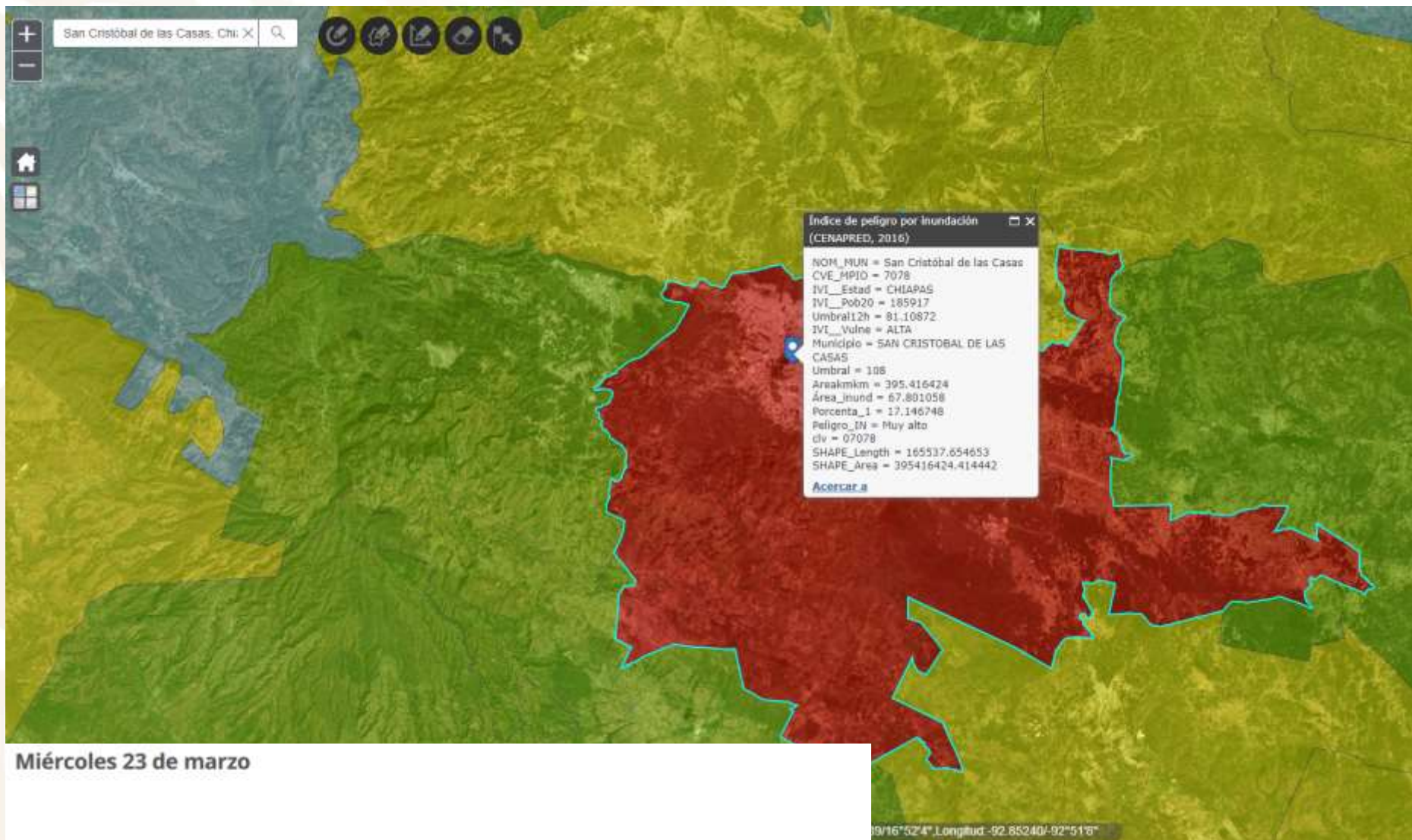
🔍 📄

Índice de peligro por inundación (CENAPRED, 2016)

🔍 📄

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Umbrales de inundación



Índice de peligro por inundación (CENAPRED, 2016)

NOM_MUN = San Cristóbal de las Casas
CVE_MPIO = 7078
IVI_Estad = CHIAPAS
IVI_Pob20 = 185917
Umbral12h = 81.10872
IVI_Vulne = ALTA
Municipio = SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
Umbral = 108
Areakmkm = 395.416424
Área_inund = 67.801058
Porcenta_1 = 17.146748
Peligro_IN = Muy alto
div = 07078
SHAPE_Length = 165537.654653
SHAPE_Area = 395416424.414442

Acercar a

Miércoles 23 de marzo

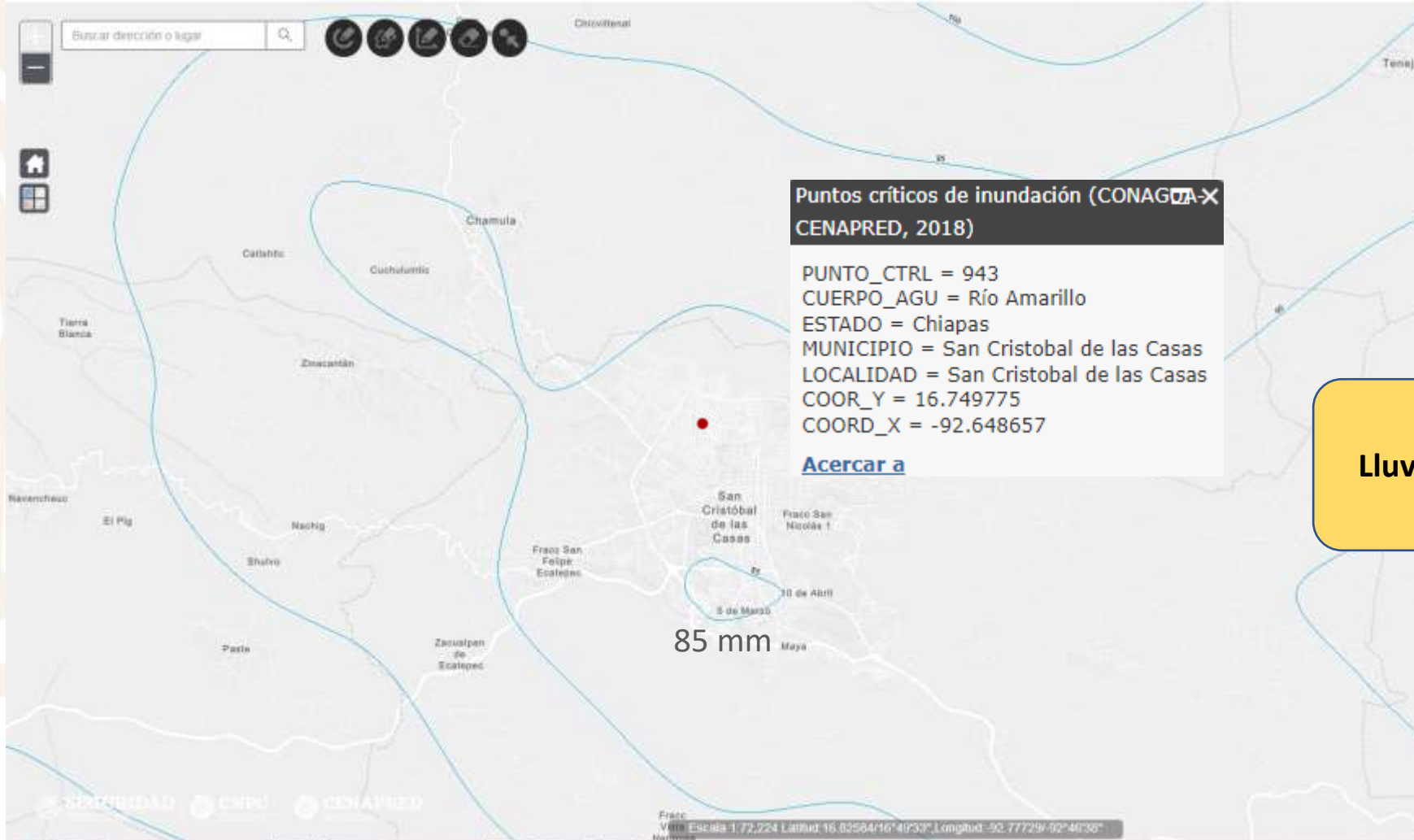
- Lluvias fuertes con puntuales muy fuertes (50 a 75 mm): Tabasco y Chiapas.

Isoyetas



Datos Básicos

- Censo 2010 (INEGI, 2010)
- Censo 2020 (INEGI, 2020)
- Uso de suelo y vegetación
- Hidrología
- Climatología
- Precipitación
 - Nacional (2018)
 - Isoyetas de precipitación media anual 24hr
 - Isoyetas de 1hr Tr=2 años con intervalos de 1mm
 - Isoyetas de 24hr Tr=2 años con intervalos de 2mm



Isoyetas Tr=10 años para 24 horas

Miércoles 23 de marzo
Lluvias fuertes con puntuales **muy fuertes** (50 a 75 mm): Chiapas y Tabasco

Conclusiones

- ❑ Los estudios de inundaciones son poco utilizados para la toma de decisiones (reconstrucción, planeación urbana, logística, etc..)
- ❑ Las redes de medición y bases de datos de las variables que caracterizan las inundaciones, son insuficientes e, incluso, obsoletas.
- ❑ Los análisis de peligro y riesgo por inundación con resoluciones y detalles adecuados, implican tiempo, personal humano calificado y equipo de cómputo robusto.
- ❑ Las inundaciones son un fenómeno complejo cada vez más frecuente y de gran dimensión, que provoca daños importantes para la población, por lo que es de gran importancia que los municipios cuenten con herramientas suficientes para poder reducir y/o mitigar las afectaciones por este tipo de fenómenos.
- ❑ Las medidas de mitigación no estructurales (basados en estudios de análisis de inundaciones de buena calidad), su difusión y la participación ciudadana, pueden impactar directamente en un manejo eficaz del recurso hídrico.

Gracias por su atención

- Ing. Nina Danae Ramírez González nramirez@cenapred.unam.mx
- Ing. Diego Montealegre Zuñiga dmontealegre@cenapred.unam.mx
- M. en I. Angel Bautista Tadeo abautista@cenapred.unam.mx

