

SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

ÍNDICE DE PELIGRO POR INUNDACIÓN (IPI)

Lucía Guadalupe Matías Ramírez

Román Valverde Delgado

Sergio Lozano Torres

Andrés Eduardo Galván Torres

Liliana Ernestina Cruz García

Subdirección de Riesgos por Inundación

Febrero, 2016

CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES.....	1
2.	INTRODUCCIÓN	1
3.	DESARROLLO	2
3.1	Metodología.....	2
3.2	Detalle de cálculo.....	4
4.	INTERPRETACIÓN	7
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8
	BIBLIOGRAFÍA	9

ÍNDICE DE PELIGRO POR INUNDACIÓN (IPI)

1. ANTECEDENTES

La población mexicana está expuesta al impacto de diversos fenómenos naturales perturbadores, tales como inundaciones, sequías, tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; ondas cálidas y gélidas; ciclones tropicales, heladas, tornados, entre otros. La probabilidad de ocurrencia de que un fenómeno perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado está definido por la Ley General de Protección Civil como peligro.

2. INTRODUCCIÓN

Las lluvias pueden provocar que el agua conducida por los cauces de los ríos alcance niveles con los que se lleguen a inundar poblaciones, campos de cultivo o lugares donde se realizan diversas actividades económicas.

En cualquier época del año y lugar del país pueden presentarse algún evento de lluvia con potencialidad de afectar a la población o a sus bienes. Por lo anterior, es posible estimar el grado de peligro al que está expuesto cierto sitio, en particular un municipio.

La Subdirección de Riesgos por Inundación desarrolló una metodología para que la sociedad o las autoridades pudieran consultar el peligro por inundación a nivel municipal. El método consiste en un análisis del índice de inundación de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2013) para el período de retorno de 5 años, construido con diversos factores que intervienen por parte del fenómeno perturbador (la lluvia) y de las condiciones naturales determinantes de los escurrimientos (tales como el relieve del terreno, el tipo y uso del suelo, entre otros). Dicho índice se utiliza como insumo para obtener resultados que se representan por medio de niveles de peligro, los cuales pueden ser fácilmente distinguidos mediante colores.

3. DESARROLLO

3.1 Metodología

En el presente trabajo se tomó como base el Estudio de Inundaciones Fluviales y Mapas de Peligro para el Atlas Nacional de Riesgos por Inundaciones, de la CONAGUA (2013); en el que se determinó las zonas susceptibles de inundación en cada una de las 37 regiones hidrológicas del país. En ese trabajo, la CONAGUA utilizó mapas de precipitación (con diferentes probabilidades de recurrencia) y el método de *Curva numérica*, con lo que estableció un índice de inundación para la cantidad de escurrimiento según las características de las lluvias, la topografía, la edafología, la vegetación y el uso de suelo en las cuencas. Para hacer la calibración, se valió de imágenes satelitales o de radar, modelos matemáticos y fotografías aéreas. Cabe aclarar que en dicho trabajo interesaba mostrar áreas iguales o mayores que 20 hectáreas por lo que pudiesen omitirse aquéllas de menor extensión.

Para determinar el peligro por inundación a escala municipal en el país, la Subdirección de Riesgos por Inundación conjuntó la información de los mapas de la CONAGUA con los límites de los 2457 municipios de México. Una vez hecho lo anterior, se calculó para cada municipio el porcentaje de área inundable. Posteriormente, con el fin de calificar a los municipios conforme al grado de peligro, se utilizó una escala de cinco colores (ver *tabla 1*), y se clasificó los valores de porcentaje del total de municipios con base en quintiles estadísticos; con esta técnica, se distribuyeron los municipios aproximadamente en un mismo número entre los cinco grados de peligro (ver *tabla 2*). Lo anterior generó el mapa final (ver *figura 1*) en el que cada municipio aparece con alguno de los cinco colores que simbolizan el peligro desde muy bajo hasta muy alto, de acuerdo con la proporción de su territorio que esté ubicado en zona inundable.

Tabla 1. Simbología utilizada para el grado de peligro por inundación municipal, que asocia el porcentaje de área inundable en los municipios con un código de cinco colores.

Color	Grado de peligro
	Azul Muy bajo
	Verde Bajo
	Amarillo Medio
	Naranja Alto
	Rojo Muy alto

Tabla 2. Municipios y habitantes clasificados según el grado de peligro por inundación.

Grado de peligro	Límites de porcentajes incluidos (de - hasta)	Número de municipios	Población (habitantes)
Muy bajo	0.00 - 1.68	492	7,125,314
Bajo	1.68 - 3.52	492	11,079,124
Medio	3.52 - 6.62	491	21,278,478
Alto	6.62 - 14.07	491	32,502,321
Muy alto	14.07 - 100.00	491	40,362,349
Total		2457	112,347,586

Fuente: Censo de población y vivienda 2010, INEGI.

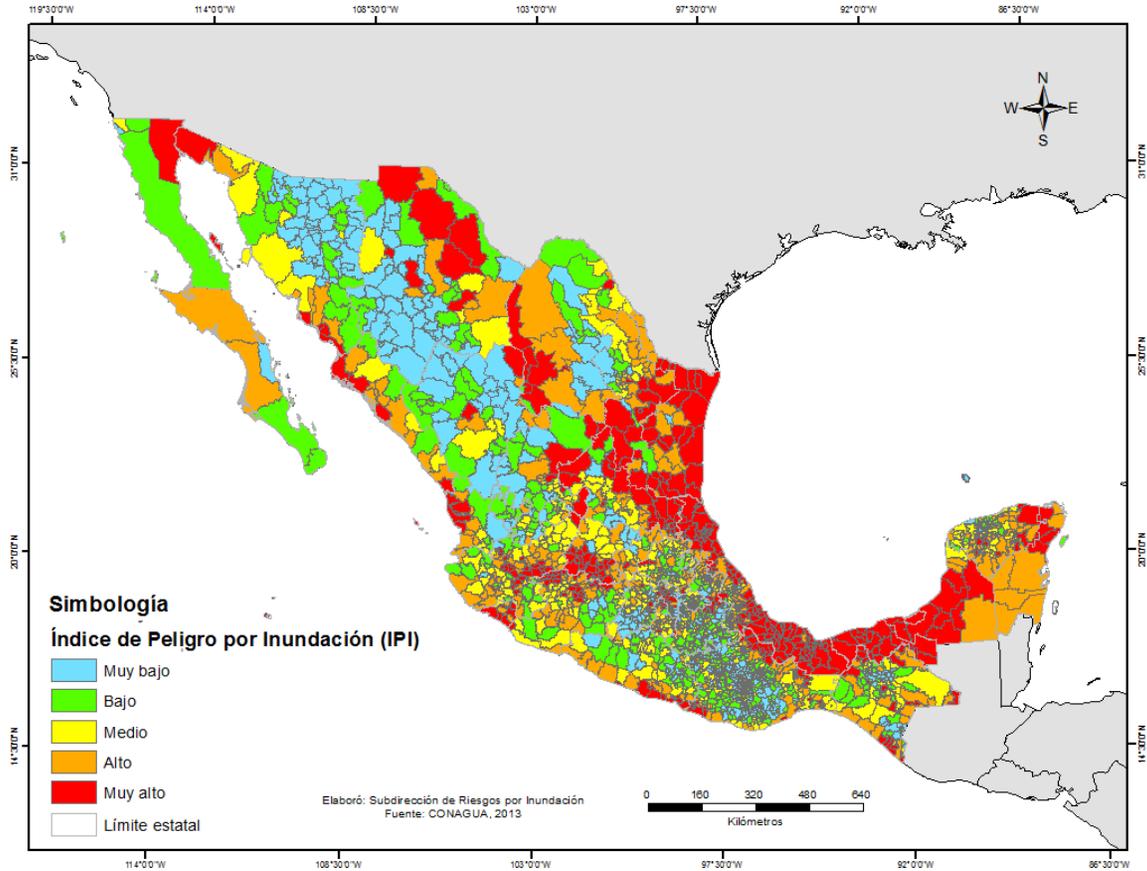


Figura 1. Mapa del índice de peligro por inundación.

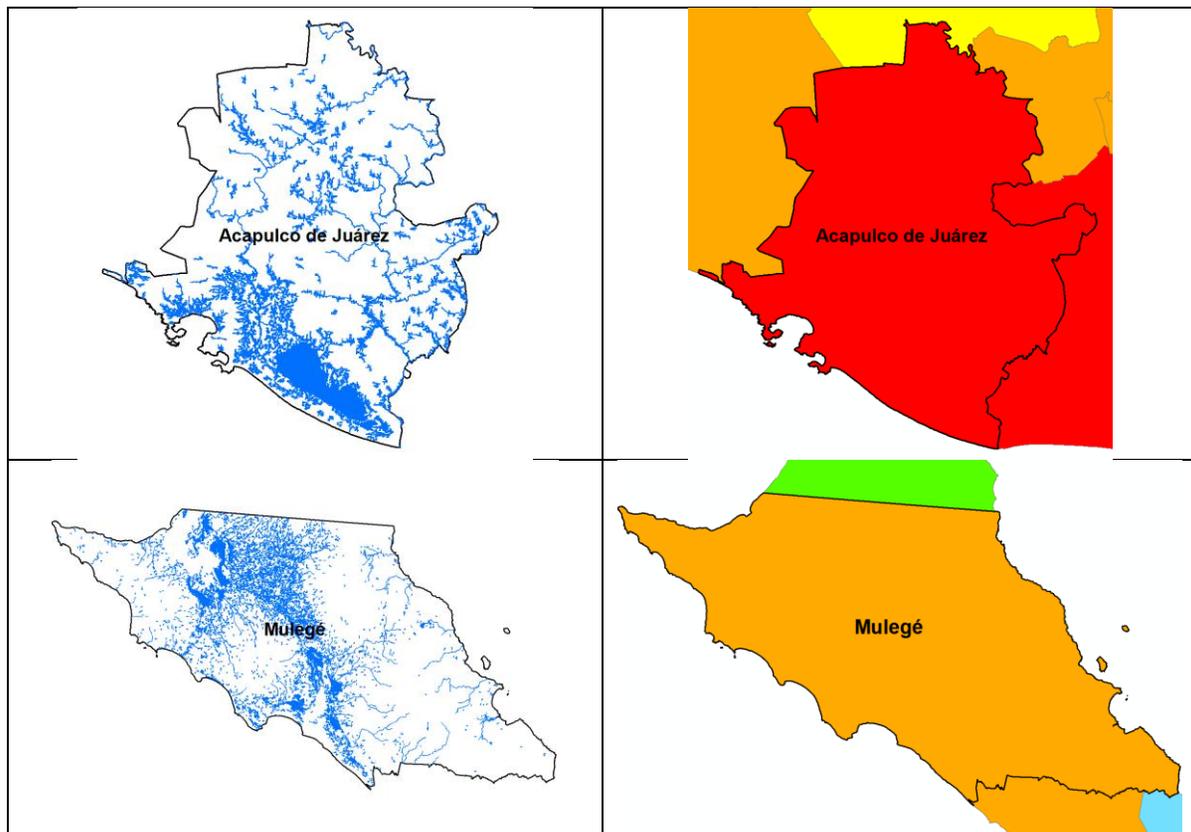
3.2 Detalle de cálculo

Las áreas de cada municipio y las zonas susceptibles a inundarse (provenientes del índice de inundación de la CONAGUA) fueron calculadas con el software Arc Gis 10.2. En la *tabla 3* se aprecian ejemplos del procesamiento.

Tabla 3. Ejemplos del procesamiento del grado de peligro en municipios según el porcentaje de área inundada.

Municipio	Área del municipio km ²	Área inundada km ²	Porcentaje	Color	Clasificación
Acapulco de Juárez	1731.31	250.70	14.48	Rojo	Muy alto
Mulegé	31847.12	2207.39	6.93	Naranja	Alto
Madera	8732.13	359.29	4.11	Amarillo	Medio
Ensenada	53255.88	1433.51	2.69	Verde	Bajo
San Pedro Nopala	109.48	0.00	0.00	Azul	Muy bajo

En la *figura 2* se muestran, para efectos comparativos los municipios de la tabla 3 con el índice de inundabilidad para el período de retorno de 5 años y con el color indicativo del grado de peligro calculado.



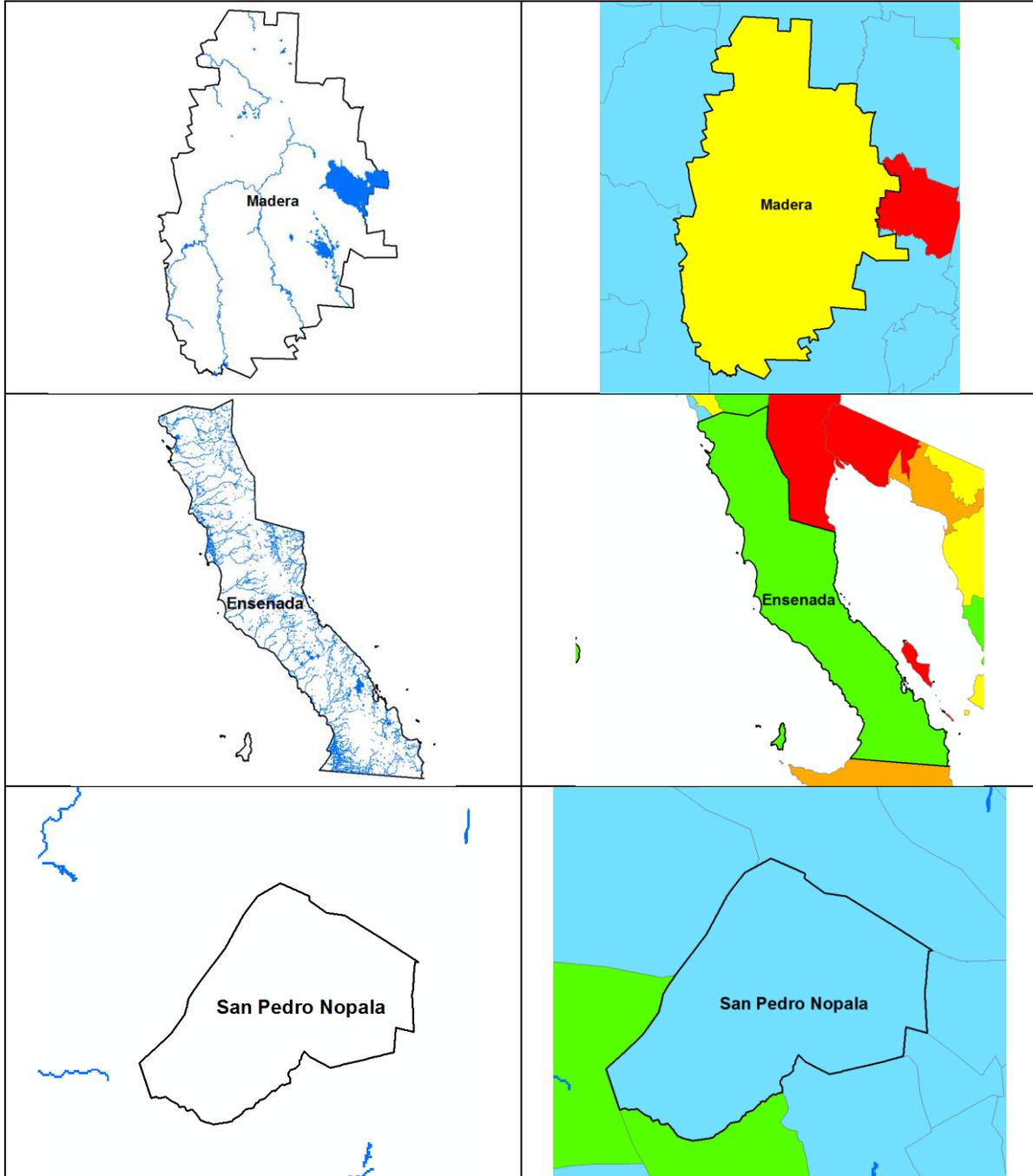


Figura 2. Color de los municipios en función de su área inundable.

4. INTERPRETACIÓN

Con base en el mapa de la figura 1 se puede observar que la calificación del IPI coincide con las formas de relieve de México; por ejemplo, la región clasificada como de *muy alto* índice de peligro por inundación en la llanura costera del golfo de México, que abarca los estados de Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Veracruz, Tabasco, algunas zonas del norte de Oaxaca, Chiapas y el sureste de Campeche es una llanura muy extensa y plana, con alturas que varían entre los 0 y 200 msnm. En ella se localizan y desembocan los ríos más caudalosos del país, lagunas costeras y sobre todo zonas con problemas de drenaje (llanura de Tabasco).

En contraste, la región de la llanura costera del Pacífico es muy pequeña y en ella se encuentran los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, cuyo relieve es plano; lo cual indica que es una llanura angosta y alargada. En ésta se localizan algunos municipios con índice *muy alto*, *alto* y *medio*.

Por otra parte, la Sierra Madre Occidental en su porción norte está más separada de la costa (300 km); en cambio en el sur se reduce su anchura y se aproxima más al mar. Su altura media es de 2250 msnm, y en ella se encuentra una serie de montañas paralelas unas a otras que disminuyen en altura hacia el oeste, por cuyos valles fluyen varios ríos, algunos de los cuales desembocan en pequeños lagos interiores y otros salen de la sierra por los cañones profundos. Por lo anterior, en esta región se tiene una mayor concentración de municipios con calificación *muy baja* según el IPI. No obstante, sobresalen algunos municipios con categoría de *muy alto* como Nuevo Ideal en Durango, el cual ha registrado ocho eventos de inundación en los últimos 12 años. En comparación, se encuentra Nogales en Sonora, que se clasificó como *muy bajo*, pese a que allí han ocurrido decesos por inundación. Al respecto, los contrastes se explican porque el índice de inundación de la CONAGUA en Nuevo Ideal, Durango ocupa un mayor territorio del municipio, es decir, 17.5%; mientras que en Nogales, Sonora el área susceptible de inundación es apenas del 0.6%, y corresponde en mayor medida al área urbana. Cabe mencionar que los dos municipios poseen prácticamente la misma extensión territorial, 1832 km² y 1769 km², respectivamente.

Las características especiales del relieve mexicano determinan que la Meseta Central esté rodeada por tierras altas (con o sin salida al mar), dichos rasgos hacen que en términos hidrológicos esta zona sea una gran cuenca.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las áreas susceptibles de inundación se localizan principalmente en las llanuras costeras. En la vertiente del océano Pacífico ocupan Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. En el golfo de México, desde Tamaulipas a Quintana Roo, todo el litoral de los estados es propenso a las inundaciones.

Al interior del continente las inundaciones son mayores en Nuevo León, Chihuahua y Coahuila; porque las lluvias suelen ser intensas y provocan muchos daños a la población asentada en cauces de arroyos secos. Para el sureste suceden en Tabasco, Veracruz, Campeche y Quintana Roo.

Por lo anterior, la elaboración de mapas sobre inundaciones en México permite identificar las regiones, así como los estados y municipios que requieren atención prioritaria. Para ello es necesario elaborar estudios más locales e incorporar los análisis de vulnerabilidad de la población asociada a este fenómeno.

El mapa muestra el peligro por inundación a nivel municipal. Sin embargo, esta información general debe ser tomada con un criterio analítico y no concluyente, para no omitir peligros intensos que pudieran existir a escalas más pequeñas que las municipales. Así ocurre en la zona urbana de Nogales situada en un área inundable; pero que por ser comparativamente muy pequeña dentro del municipio, éste fue clasificado con peligro *muy bajo*.

Como se mencionó en el documento, el IPI se comporta según el relieve del territorio mexicano, toda vez que, la base del índice de inundación desarrollado por la CONAGUA (2013), toma como principio fundamental, este elemento. Por otra parte, en

el presente trabajo pudieron ser omitidas áreas inferiores a las 20 ha, por las consideraciones realizadas en el desarrollo de este índice.

En futuros trabajos se puede considerar la frecuencia de eventos ligados a problemáticas locales como convectividad de lluvia, poca capacidad de drenaje, insuficiencia en el desalojo de escurrimiento en cuencas específicas y aquellos típicos de zonas urbanas, como lo son la invasión de cauces y la falta de mantenimiento a las redes de drenaje principal.

BIBLIOGRAFÍA

1. CONAGUA, 2013. Estudio de Inundaciones fluviales y mapas de peligro para el Atlas Nacional de Riesgos por Inundaciones. Comisión Nacional del Agua, 2013.
2. DOF, 2014. Ley General de Protección Civil. Diario Oficial de la Federación. Publicada el 6 de junio de 2012; y sus últimas reformas el 3 de junio de 2014.
3. INEGI, 2011. Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.