

# Vulnerabilidad social y riesgo por inundación en el Valle de Toluca, Estado de México

## Social Vulnerability and Flood Risk in Toluca Valley, State of Mexico

Valdez Pérez, María Eugenia<sup>1</sup>; Orozco Hernández, María Estela<sup>2</sup>; González Guerrero, Gandhi<sup>1</sup>; Mireles Lezama, Patricia<sup>2</sup>

[mevaldezp@uaemex.mx](mailto:mevaldezp@uaemex.mx); [eorozcoh61@hotmail.com](mailto:eorozcoh61@hotmail.com); [gandhoo@hotmail.com](mailto:gandhoo@hotmail.com); [paty\\_land@hotmail.com](mailto:paty_land@hotmail.com)

Universidad Autónoma del Estado de México

<sup>1</sup> Centro Universitario Tenancingo; <sup>2</sup> Facultad de Planeación Urbana y Regional

### Resumen

Este trabajo tiene como objetivo determinar el riesgo por inundación y la vulnerabilidad social, estructural y funcional de los municipios del Valle de Toluca, Estado de México. La vulnerabilidad social se calculó con datos de densidad de población, grado de marginación, acceso a servicios de salud, rezago educativo, pobreza extrema y dependencia económica; esta vulnerabilidad se sumó con la estructural, que considera pendiente, impermeabilidad del suelo, uso de suelo; también se sumó la vulnerabilidad no estructural, calculada con datos de servicios a la vivienda. Para obtener el riesgo, se sumaron todas las vulnerabilidades y, se multiplicaron por el peligro por inundación. Se obtuvieron los patrones espaciales de peligro, vulnerabilidad y riesgo por inundación. Ocho de veintidós municipios presentan alto grado de vulnerabilidad social; nueve, vulnerabilidad media y el resto, baja. En cuanto a peligro de inundación, nueve municipios presentan un alto grado de peligrosidad. Se observa que los municipios de San Mateo Atenco, Almoloya del Río, Atizapan, Rayón y Texcalyacac presentan un riesgo alto por inundación. Se concluye que San Mateo Atenco debe ser prioritario en la atención en caso de contingencia, ya que se trata de un municipio urbano e industrial del Valle de Toluca.

**Palabras clave:** *Vulnerabilidad social; Riesgo de inundación; Valle de Toluca.*

### Abstract

The purpose of this paper is to determine the flood risk and the social, structural and functional vulnerability of the municipalities of Toluca Valley, State of Mexico. Social vulnerability was calculated taking into account population density, degree of marginalization, access to health services, problems of educational lagging, extreme poverty, and economic dependence. This type of vulnerability was added to the structural one, which considers slope, groundsheets, and land use. It was also added the non-structural vulnerability, which was calculated taking into account the data on housing services. To calculate risk, all the vulnerabilities were added and multiplied by danger of flooding. Also, the results obtained showed spatial patterns of danger, vulnerability, and flood risk. Eight of twenty-two municipalities present a high level of social vulnerability; nine of them, medium level, and the rest, low level. Other nine municipalities present a high level of danger of flooding. It is observed that the municipalities of San Mateo Atenco, Almoloya del Río, Atizapán, Rayón and Texcalyacac present a high risk due to flooding. It is concluded that San Mateo Atenco should be a priority in the attention in case of contingency, since it is an urban and industrial municipality of Toluca Valley.

**Key words:** social vulnerability; flood risk; Toluca Valley

## Introducción

Desde la perspectiva del riesgo, la vulnerabilidad es una combinación de características de un grupo social derivada de sus condiciones sociales, económicas y culturales, relacionadas con una peligrosidad específica (Blaikie et al 1998, citada en Barrenechea et al 2000). En un análisis de vulnerabilidad se identifican las condiciones concretas en que cada grupo puede responder ante eventualidades, dependiendo de sus condiciones. Lo que permite identificar heterogeneidades para establecer prioridades de atención, en el caso de este estudio, a nivel municipal.

Vulnerabilidad es la probabilidad de que las personas u hogares sufran una disminución de su bienestar, que los lleve por debajo de un nivel considerado mínimo por la sociedad; cuando esto sucede, se pierden propiedades, se disminuye la atención a la salud, se truncan trayectorias educativas, se desintegran familias y la población no puede enfrentar estas pérdidas (Cecchini, et al, 2012).

La noción de vulnerabilidad social, está estrechamente relacionada con la de grupos socialmente vulnerables, cuya identificación obedece a criterios como, la existencia de factores contextuales que los hace más propensos a enfrentar circunstancias adversas para su inserción social y desarrollo personal; el ejercicio de conductas que entrañan mayor exposición a eventos dañinos, o la presencia de un atributo básico compartido (edad, sexo o condición étnica, condición de pobreza) que se supone les origina riesgos o problemas comunes, lo que limita su capacidad de respuesta y su habilidad para adaptarse a las nuevas circunstancias (CEPAL, 2002).

La amenaza está en función inversa a las posibilidades que tienen las personas o las sociedades de protegerse frente a desastres. De esta manera, la amenaza es mayor cuando las personas o poblaciones cuentan con menores recursos para enfrentar el riesgo. La resiliencia, en términos sociales, corresponde a la capacidad universal, que permite a una persona, grupo o comunidad, minimizar o sobreponerse a los efectos nocivos de la adversidad (Kotliarenco, 1996; citado en Cabrejos, 2005).

Con el cambio climático, se ha observado, entre otros procesos, el incremento de la temperatura atmosférica y marina superficiales, el ascenso del nivel del mar y alteraciones de los patrones de precipitación (Magaña, 1999; IPCC, 2001; NAS, 2001, citado en PNUMA, et al 2006). Lo anterior, se refleja en la intensidad y frecuencia de las lluvias que pueden provocar inundaciones, aunado al incremento de la vulnerabilidad, el hombre construye sobre planos de inundación o cauces de ríos, que obstaculizan el escurrimiento, y por otro lado, los factores geográficos como la

permeabilidad del suelo, el relieve y el uso del suelo, pueden aumentar el escurrimiento superficial de una cuenca (PNUD, 2014).

La acción del hombre incide tanto en el origen como en las consecuencias de las inundaciones, por ejemplo, la canalización de los ríos, aumenta el caudal de avenida y la construcción de carreteras, puede provocar deslizamiento de tierras; también el aumento de las construcciones sobre zonas poco seguras, aumenta la vulnerabilidad de la población (Olcina, 2004).

El peligro es considerado como la identificación de zonas susceptibles a inundarse y responde a las preguntas cuándo, cómo y dónde se inundará (PNUD, 2014). La peligrosidad se refiere al potencial de peligro inminente a los fenómenos naturales, en este caso, a las inundaciones, que puede agudizarse por la acción del hombre (Galarza, 2005).

Mientras que el riesgo es considerado el efecto potencial como resultado tanto de la frecuencia como de la intensidad del peligro y de la vulnerabilidad. Para que existe el riesgo, debe existir alguna amenaza, pero también una población vulnerable a sus impactos (Galarza, 2005).

Bajo esta premisa, se presenta la necesidad de ubicar zonas de riesgo a través de la cartografía, donde se indiquen las áreas de mayor riesgo, para tener una referencia con respecto a la prioridad de atención. Las herramientas de sistemas de información geográfica, son particularmente útiles en el manejo de este tipo de información, por esto el presente trabajo aplica herramientas como ArcGIS y SAGA GIS para cumplir el objetivo de determinar el riesgo por inundación y la vulnerabilidad estructural, no estructural, funcional y social de los municipios del Valle de Toluca, Estado de México.

## **Metodología**

### **Zona de estudio**

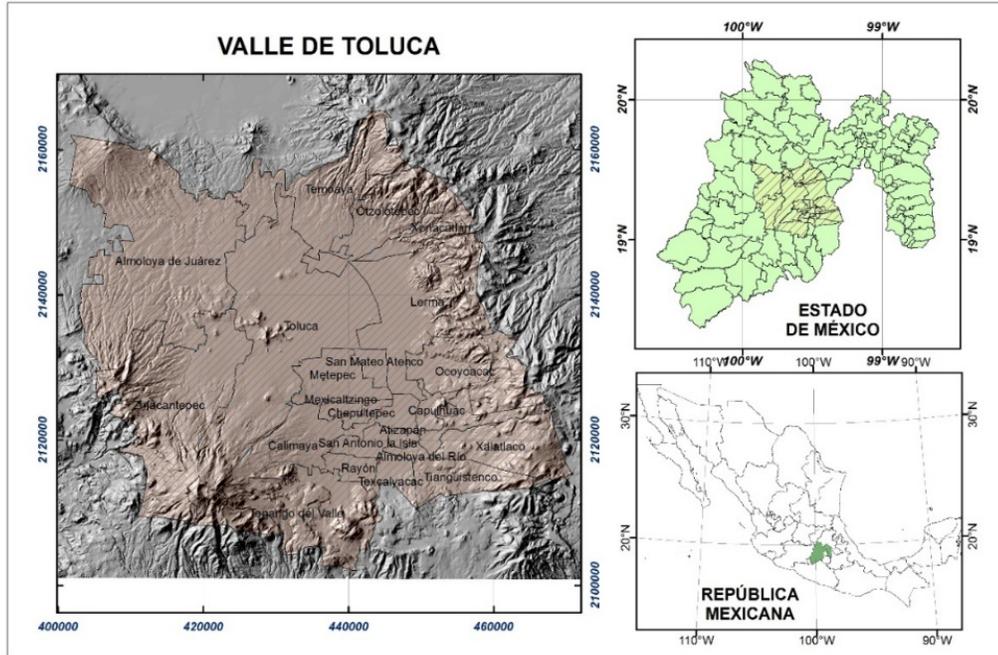
La zona de estudio se encuentra integrada por 22 municipios del Estado de México y es parte de la segunda zona económica y demográfica más importante de la entidad. De acuerdo al último censo de población y vivienda (INEGI, 2010), el Valle de Toluca cuenta con 2,172,035 habitantes.

El Valle de Toluca, se localiza entre 19.01° y 19.58° de latitud norte, y, 99.27 ° y 99.93° de longitud oeste, la localización de la zona de estudio se muestra en la figura 1.

A partir de la década de 1950, se inicia el asentamiento de la zona industrial del Valle de Toluca, debido a los diversos subsidios gubernamentales y la dotación de

infraestructura, así como la facilidad de adquirir grandes extensiones de terreno a bajo costo (INEGI, 2003). Iniciándose así, la desconcentración industrial de la Ciudad de México hacia el Valle de Toluca, lo que impulsó también el crecimiento poblacional y la necesidad de nuevas zonas habitacionales, lugares de esparcimiento y servicios. Lo que la hace, en la actualidad, una de las zonas más pobladas del país.

Fig. n°1. Localización de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2013, 2016).

El estudio comprende dos grandes etapas, primero el cálculo del peligro de inundación, a través de las herramientas informáticas. Y por otro lado el cálculo de la vulnerabilidad, en términos de probabilidad (0 cuando la vulnerabilidad sea nula y 1 cuando sea total). Los valores, estandarizados, de peligro de inundación y vulnerabilidad, se multiplicaron para obtener el riesgo por inundación.

### Zonas susceptibles a inundación

El análisis de susceptibilidad a inundación, se realizó a partir de la evaluación de la cuenca alta del Río Lerma, los resultados se concretan en el valle de Toluca y se reflejan a nivel de municipio, lo anterior por la autonomía que cada ayuntamiento tiene para la autorización de construcción de viviendas, industrias u otras instalaciones y por la responsabilidad de mitigar la vulnerabilidad de sus habitantes.

Aplicando la metodología de PNUD (2014), los criterios topográficos se basaron en las curvas de nivel acotadas cada 10 metros de cartografía escala 1:50,000 (INEGI, 2013), con lo cual se elaboró el modelo digital del terreno, considerando las zonas de depresión del relieve, es decir, donde existen corrientes hidrológicas con pendientes bajas. Con esta información, se determinó la dirección de flujo, la red hidrológica y con esto la delimitación de la cuenca del curso alto del Río Lerma, donde su ubica el Valle de Toluca. Con el software libre SAGA, se obtuvo el área de captación, es decir la característica del terreno que aporta escorrentía a un pixel; posteriormente se calculó el índice de humedad, es decir la tendencia de una celda para producir escorrentía, considerando que un área con mayor humedad es más susceptible a saturarse; este índice se relaciona con la humedad del suelo, tomando en cuenta una humedad constante. Posteriormente se calculó el índice de humedad topográfico, aquí se representa la extensión de la acumulación del flujo en un punto determinado de la topografía, se aplica para describir la distribución espacial de la humedad del suelo. En esta etapa se obtiene un índice de peligro por inundación, también en términos de probabilidad.

### **Cálculo de la vulnerabilidad**

Siguiendo la metodología de PNUD (2014), se calculó la vulnerabilidad total, aplicando la siguiente fórmula:

$$Vt = Ve + Vne + Vf + Vs$$

Donde:

*Vt = Vulnerabilidad total*

*Ve = Vulnerabilidad estructural*

*Vne = Vulnerabilidad no estructural*

*Vf = Vulnerabilidad funcional*

*Vs = Vulnerabilidad social*

Se entiende como vulnerabilidad estructural, a las características físicas de los elementos expuestos (construcciones) que sean susceptibles de daño. Y se consideran como variables: permeabilidad del suelo, uso de suelo, pendiente del terreno, ubicación de las construcciones e instalaciones con respecto a la inundación y la cota altitudinal con respecto a la cota media de inundación, ver tabla 2. A todas estas variables, se les asignó una ponderación de 0.2, como se muestra en la tabla N°1.

Tabla N°1. Variables consideradas para vulnerabilidad estructural

Variable	Criterios evaluados		
Impermeabilidad del suelo	Totalmente cubierto de litología permeable	Medianamente cubierto de litología permeable	Totalmente cubierto de litología impermeable
Pendiente del terreno	Baja (<11°)	Media (11-17°)	Alta (>17°)
Cota	La cota inundada por encima de la cota media del municipio	La cota inundada por debajo de la cota media del municipio	
Ubicación de las edificaciones/instalaciones con respecto a la inundación	Zona de inundación	Fuera de la inundación	
Uso de suelo	Zona urbana/industrial	Agricultura	Bosque

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de PNUD (2014).

En cuanto a la vulnerabilidad no estructural, se consideró la evaluación de las afectaciones que pudieran sufrir elementos como carreteras, sistema de alcantarillado, otras vías vitales, y servicios a las viviendas. La ponderación considerada para este grupo de variables fue de 0.1. Lo cual se indica en la tabla N° 2.

Tabla N° 2. Variables consideradas para vulnerabilidad no estructural

Variable	Criterios evaluados		
Infraestructura de transporte	100% afectadas	50% afectadas	0% afectadas
Sistema de alcantarillado	100% afectadas	50% afectadas	0% afectadas
Otras líneas vitales dañadas	100% afectadas	50% afectadas	0% afectadas
Servicios a la vivienda	2-13%	14-32%	33-50%

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de PNUD (2014).

La vulnerabilidad funcional se relaciona con la capacidad del Estado (en este caso el municipio) de atender las eventualidades en caso de desastre. En este apartado se

consideró si el municipio cuenta con Centros Regionales de Protección civil y las unidades de atención médica. La ponderación considerada fue de 0.2. Las variables consideradas se encuentran en la tabla N°3.

**Tabla N°3. Variables consideradas para vulnerabilidad funcional**

Variable	Criterios evaluados		
	Presencia	No presencia	
Centros Regionales de Protección civil			
Unidades de atención médica	3-29	30-81	82-207

*Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de PNUD (2014).*

La vulnerabilidad social, se refiere a la capacidad de las personas de responder a los impactos potenciales en caso de alguna contingencia por inundación. Se tomaron en cuenta las variables: densidad de población, grado de marginación, porcentaje de personas que no cuentan con servicios de salud, rezago educativo, vulnerabilidad por ingreso, índice de dependencia económica y pobreza extrema; en este caso, la ponderación fue de 0.5. Lo cual se muestra en la tabla N°4.

**Tabla N°4. Variables consideradas para vulnerabilidad social**

Variable	Criterios evaluados				
Densidad de población	204-886	887-1924	1925-3820		
Grado de Marginación	muy bajo	bajo	medio	alto	muy alto
Porcentaje sin acceso a servicios de salud	15-25	26-33	31-41	42-50	51-68
Rezago educativo	10-17	18-22	23-27	28-33	34-41
Vulnerabilidad por ingreso	0-2	3-4	5-6	7-9	
Índice de dependencia	48-56	57-62	63-69	70-78	79-94

económica					
Pobreza extrema	2-7	8-12	13-20	21-34	35-48

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de PNUD (2014) y Datos de CONABIO (2014), INEGI (2010).

Con estos valores se obtuvo el índice de riesgo por inundación, aplicando la siguiente fórmula:

$$Ri = P * Vt$$

*Ri = Riesgo por inundación*

*P = Peligro por inundación*

*Vt = Vulnerabilidad total*

El peligro por inundación se obtuvo del cálculo del mapa de zonas susceptibles a inundación.

### Resultados

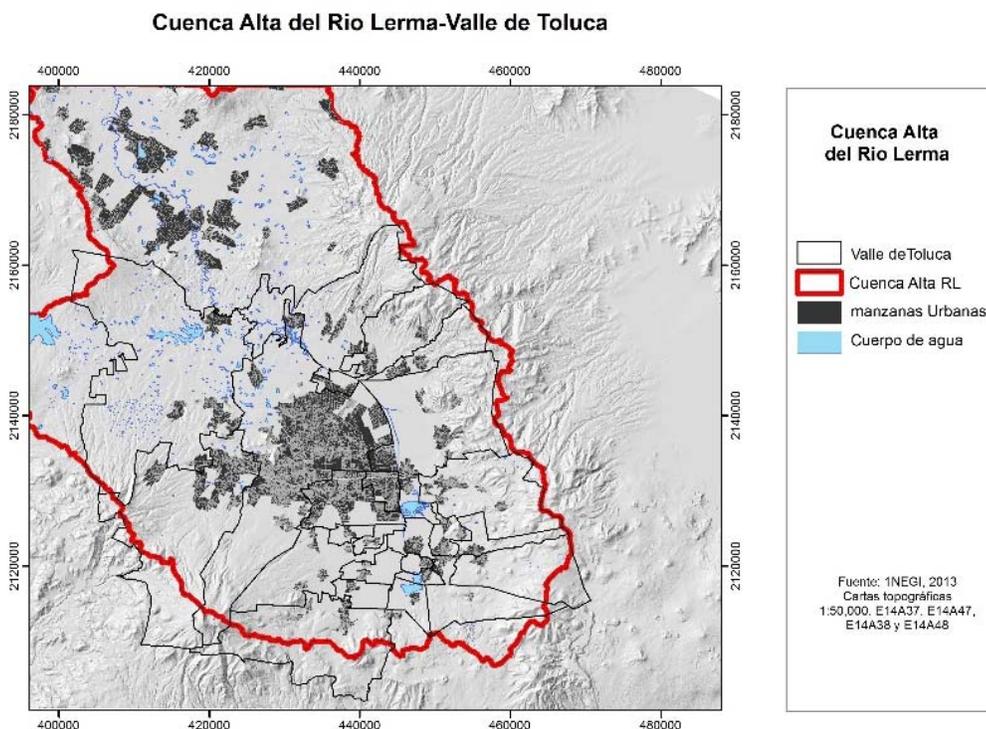
El Valle de Toluca queda totalmente integrado a la Cuenca Alta del Río Lerma, y en las últimas décadas el crecimiento poblacional se ha ido incrementando, no precisamente a la par con la dotación de servicios y menos con el mantenimiento de la infraestructura existente. El hecho de que el crecimiento urbano no esté del todo regulado, pese a la legislación establecida, provoca aún más daños, por ejemplo, las nuevas edificaciones pueden obstruir el curso natural de los escurrimientos sin que exista una nueva infraestructura de desagüe que ayude a compensar el nivel de escurrimiento, lo que propicia que el agua, en episodios de intensas lluvias, se anegue por efectos de esta expansión urbana.

Este crecimiento urbano se traduce en un cambio de dirección del flujo del escurrimiento, aunado a que el suelo que soporta a estas ciudades se encuentra, en su mayoría, sobre pavimento, lo que implica que el agua acumulada de incorpore a la red de drenaje y no a la recarga de acuíferos, por ejemplo.

En la figura 2, se muestra la delimitación de la cuenca alta del río Lerma, la delimitación de los municipios que integran el Valle de Toluca y la traza urbana existente. Como se ve, los municipios de Toluca, Metepec y San Mateo Atenco tienen

una importante extensión cubierta por áreas urbanas, sobre las partes más bajas del Valle, lo que implica un riesgo mayor a inundaciones.

Fig. N° 2. Zonas urbanas del Valle de Toluca



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2013, 2016).

Durante el periodo 1960-2010, el Valle de Toluca ha transformado su territorio de rural a urbano, debido a que la expansión demográfica ha propiciado el surgimiento acelerado de fraccionamientos, casas de interés social, desarrollos inmobiliarios, así como complejos industriales y comerciales cercanos a estos conjuntos habitacionales (Olín, 2015).

El crecimiento poblacional del Valle de Toluca, se muestra en la tabla N°5

Tabla N°5. Crecimiento poblacional de los municipios del Valle de Toluca 1960-2010

Municipio	Población 1960	Población 2010
Almoleya de Juárez	38310	147653
Almoleya del Río	3387	10886
Atizapán	2250	10299
Calimaya	12335	47033
Capulhuac	9609	34101
Chapultepec	1531	9676

Xalatlaco	5311	26865
Lerma	27814	134799
Metepec	18915	214162
Mexicalcingo	2897	11712
Ocoyoacac	14574	61805
Otzolotepec	15990	78146
Rayón	3063	12748
San Antonio la Isla	2794	22152
San Mateo Atenco	11987	72579
Temoaya	23131	90010
Tenango del Valle	24628	77965
Texcalyacac	1222	5111
Tianguistenco	19688	70682
Toluca	156033	819561
Xonacatlán	10600	46331
Zinacantepec	31918	167759
<b>Total Valle de Toluca</b>	<b>442928</b>	<b>2172035</b>

Fuente: Olín (2015), INEGI (2010).

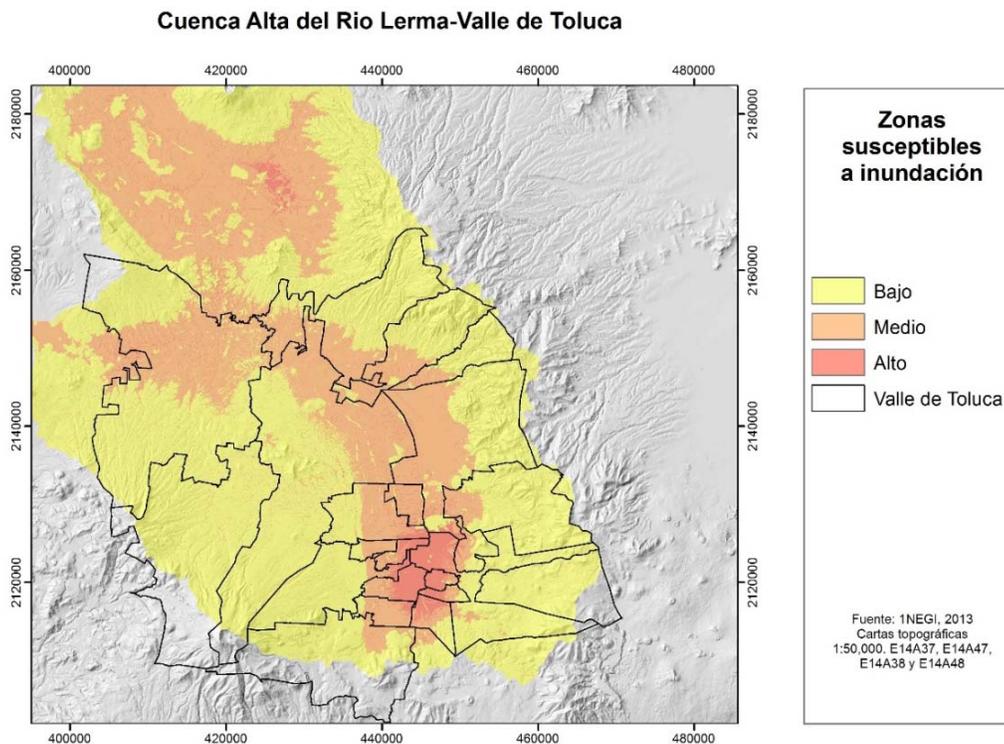
A partir de la década de los 80's el fenómeno migratorio interno, Valle de México - Valle de Toluca, incrementó la población principalmente en los municipios de Metepec y Toluca. Para 1990, el crecimiento de la población en el Valle, incrementó también las actividades socioeconómicas de los municipios de Toluca, Metepec y Zinacantepec, lo que atrae a la población rural que se establece en las periferias de dichos municipios, en asentamientos irregulares y sobre las áreas agrícolas y de uso forestal (Olín, 2015).

Otros municipios que han mostrado crecimiento población excesivo son San Mateo Atenco y Lerma, éstos principalmente por la oferta de empleo y la cercanía a la Ciudad de México.

Uno de los elementos importantes en el análisis de la vulnerabilidad social y de los riesgos se basa en la densidad de población, en sus descriptores sociodemográficos y en las características de la vivienda. La cartografía de los riesgos establece una representación espacial de los niveles de riesgo a partir de la combinación de mapas de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad (Díaz, y Díaz, 2002).

Los resultados del análisis de las zonas susceptibles a inundación que se realizaron a nivel de celda o pixel se extrapolaron a nivel municipal, lo que dio como resultado el mapa de peligro que se muestra en la figura 3.

**Fig. N°3. Zonas susceptibles a inundación**

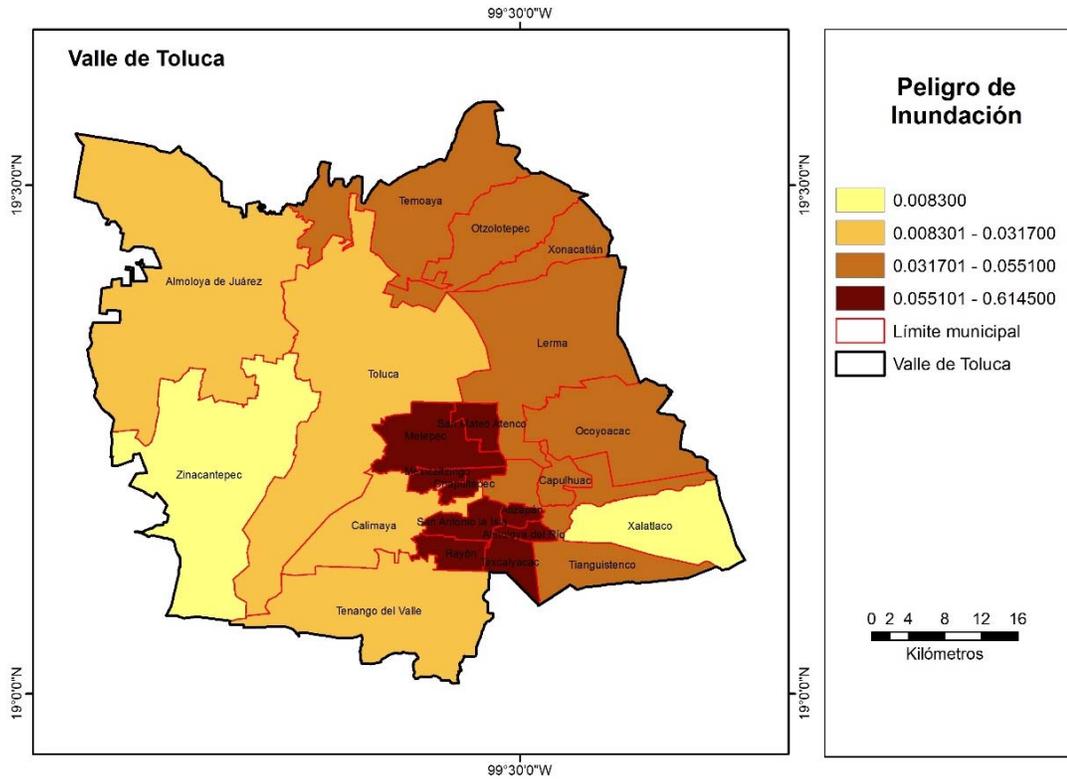


Las zonas de amarillo, corresponden básicamente a las zonas más altas que delimitan el Valle de Toluca y las zonas en rojo y naranja son las que corresponden a la llanura de inundación del Río Lerma. Los municipios más susceptibles a inundarse son San Antonio la Isla, Atizapan, Chapultepec y el noreste de Tianguistenco. Con susceptibilidad a inundación media están los municipios de San Mateo Atenco, Rayón, el este de Metepec, el oeste de Lerma, el noreste de Toluca, el sureste de Temoaya y el norte de Almoloya de Juárez. Es importante aclarar que este río es el receptor de los desechos de la zona industrial y que en riesgo de desbordamiento implicaría un desastre no sólo natural, sino sanitario.

A cada uno de los criterios considerados en las variables que miden la vulnerabilidad se les asignó un valor numérico para estar en condiciones de estandarizarlo en términos de probabilidad y reflejado en el mapa a nivel de municipio. La figura 4, muestra espacialmente la peligrosidad por inundación.

Con las aplicaciones estadísticas que contiene el software ArcMap, se procedió a clasificar los datos representados en mapas, se aplicó el método *natural break*, el cual busca una partición de clases basadas en los grupos naturales inherentes a los datos. ArcMap identifica puntos de quiebre de los datos, agrupando valores similares, maximizando de esta manera, las diferencias entre las clases, estas clases se integran donde hay saltos relativamente grandes entre el conjunto de datos. Los datos se agruparon en cuatro categorías que refleja que a mayor valor, mayor peligrosidad.

Fig. N°4. Peligro de inundación por municipio



Fuente: Elaboración con base en resultados

En la categoría de menor peligrosidad, se encuentran los municipios de Zinacantepec, en el cual en su mayor parte, se encuentra dentro de un área natural protegida; y el otro municipio es Xalatlaco, el cual se localiza en las laderas de la Sierra de las Cruces.

Son cuatro los municipios que se encuentran en la categoría dos, de menos a más, estos son Tenango del Valle, Calimaya, Toluca y Almoloya de Juárez, estos municipios forman parte de las laderas del Nevado de Toluca, un área natural protegida, la cual se encuentra por encima de la cota de inundación.

En la categoría media de inundación, categoría 3, se encuentran siete de los 22 municipios que integran el Valle de Toluca, una parte de superficie territorial de estos, se encuentran dentro de la cota de inundación, pero algunos de ellos alberga una parte de la zona industrial de este Valle, que coincide con las zonas que son susceptibles a inundarse; por lo que será de vital importancia monitorear constantemente las áreas más cercanas a la cota de inundación.

Los municipios que se encuentra en la categoría más alta de peligrosidad son 8, Metepec y San Mateo Atenco, son prácticamente urbanos, lo que implica que la dirección de flujo de los escurrimientos está totalmente alterada y habrá que revisar las condiciones de infraestructura de desagüe para garantizar que el agua se encause correctamente y se eviten inundaciones, de hecho, uno de los mayores problemas de inundación en el Valle de Toluca, se presenta en San Mateo Atenco, año con año presenta graves problemas de inundación, alterando el tránsito vehicular de esta zona. Los otros municipios presentan el más alto grado de peligrosidad debido a que estos se encuentran sobre la cota de inundación del río, por ser la zona en la que nace este río, aunque las zonas urbanizadas son pequeñas, las condiciones sociales y económicas no son las mejores, por lo que también será necesario monitorear estos municipios.

La vulnerabilidad total es la suma de todas las vulnerabilidades analizadas en este trabajo, se evaluó la vulnerabilidad estructural, que se relaciona directamente con las condiciones del medio geográfico donde se asientan las edificaciones y la infraestructura de servicios públicos; la vulnerabilidad no estructural, en este caso, se tomó considerando los servicios a la vivienda. En cuanto a la vulnerabilidad funcional, está relacionada con la infraestructura de atención por parte de los ayuntamientos, concretamente con los centros de atención de protección civil y médica en caso de contingencia. En cuanto a la vulnerabilidad social, se consideraron variables como:

Densidad de población, la cual se relacionada con las acciones de mitigación y las posibilidades de atención en el sistema de salud. Grado de Marginación, se refiere las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relaciones con la residencia en localidades pequeña (CONABIO, 2014).

Porcentaje sin acceso a servicios de salud, éste indica que una persona no cuenta con adscripción o derecho a recibir servicios médicos de alguna institución pública, privada o seguro popular. El rezago educativo, se refiere al grupo de personas de tres a quince



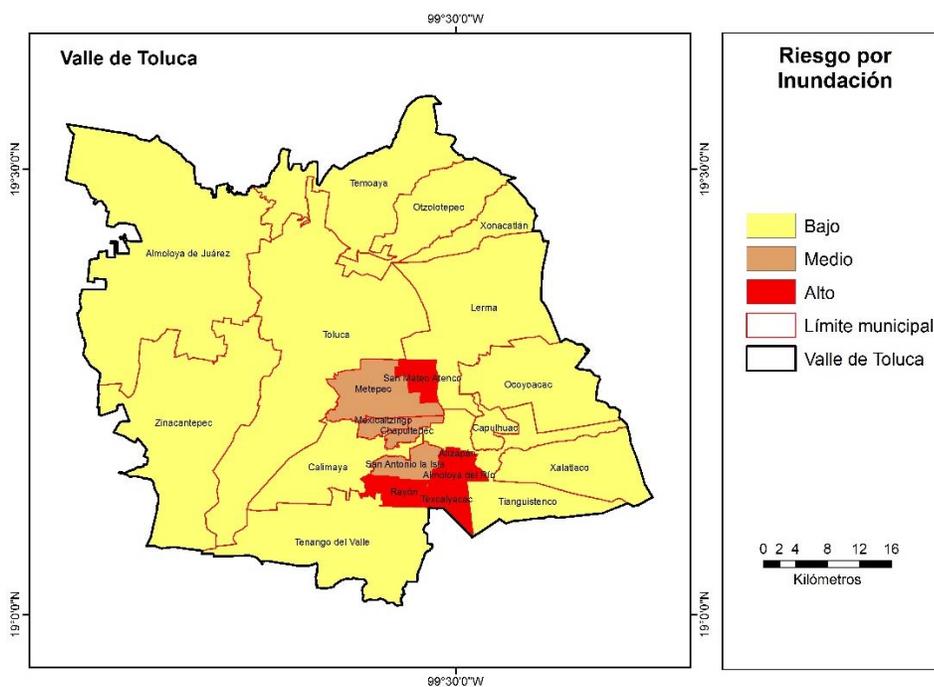
Mexicalcingo, San Antonio la Isla y Rayón. En contra parte, los que mayor grado de marginación presentan, son Almoloya de Juárez, Temoaya, Otzolotepec y Xalatlaco.

El mayor porcentaje de población sin acceso a servicios de salud, que va del 50% al 65%, se encuentra en los municipios de Tianguistenco, Xalatlaco, Capulhuac y Mexicalcingo. Con respecto al rezago educativo, el municipio de mayor rezago es Temoaya.

Los municipios de mayor vulnerabilidad por ingreso, son: Temoaya, Otzolotepec, Xalatlaco y Atizapan. Con relación al índice de dependencia económica, Temoaya es el de mayor porcentaje. Los municipios que presentan mayor porcentaje de la población en pobreza extrema, son Temoaya, Otzolotepec, Zinacantepec, Atizapan y Xalatlaco. En cuanto a los servicios a la vivienda, los que mayor rezago tienen son: Zinacantepec, Almoloya de Juárez, Temoaya y Otzolotepec.

Sumando todas estas vulnerabilidades, se tiene que los que presentan mayor vulnerabilidad son Temoaya, Otzolotepec, Calimaya, Rayón, Tianguistenco, Almoloya del Río y Xalatlaco. Como puede observarse los que mayor número de variables de alta vulnerabilidad presentan son Temoaya, Otzolotepec y Xalatlaco. El resultado final de este estudio se resume en el índice de riesgo por inundación, el cual se presenta en la figura 6.

Fig. N° 6. Riesgo por inundación por municipio



Fuente: Elaboración con base en resultados

El riesgo por inundación se obtuvo multiplicando el índice de peligros por inundación, por la suma de todas las vulnerabilidades. Que de acuerdo a todas las condiciones geográficas, sociales y de infraestructura de atención que ofrece cada Ayuntamiento, los municipios con mayor riesgo por inundación son: Texcalyacac, Almoloya del Río, Atizapan y San Mateo Atenco; éste último sería el que requiere más atención, por ser un municipio densamente poblado y porque alberga una parte importante de la zona industrial del Valle de Toluca.

El grupo de municipios de riesgo medio son: Metepec, Mexicalcingo, Chapultepec y San Antonio la Isla. El resto de los municipios presentan el menor riesgo por inundación.

### Conclusiones

El conocimiento del territorio y su dinámica, permitirá prever situaciones de desastre y reducir los riesgos, por lo que es importante considerar escalas de trabajo local que garanticen un buen detalle de la situación y una más acertada actuación de los actores involucrados, de manera más racional y ordenada.

Es necesario realizar un análisis de las políticas públicas que inciden en la vulnerabilidad social y el riesgo por inundación, para reducir los riesgos y valorar su efectividad, de tal manera que se puedan mitigar.

Los estudios de vulnerabilidad y riesgo, vistos como una relación directa e inseparable, deberían conducir por un camino más fructífero para construir políticas que encaminen a la reducción de desastres y la mitigación de las amenazas.

Es necesario realizar recorridos de campo para detectar las condiciones de obsolescencia de infraestructura y equipamiento en las ciudades, de tal manera que se tomen las medidas necesarias para evitar daños aún mayores.

En la medida en que los Ayuntamientos cumplan su rol de dotar y garantizar a la población los servicios públicos de calidad, será posible estar mejor preparados ante las contingencias y la población más vulnerable estará en condiciones de mitigar los impactos.

Se requiere llevar a cabo estudios sobre la percepción del riesgo, para calibrar que tan preparada está la población con respecto a qué hacer en caso de contingencia, lo cual permitirá establecer estrategias más efectivas en la prevención y mitigación de los riesgos.

Las variables consideradas en este estudio, quizá no sean las más completas, pero sí dan una idea de las condiciones tanto físicas como sociales del territorio que ocupa el Valle de Toluca, por lo que estudios posteriores habrán de abarcar otras variables y hacer nuevas propuestas para el análisis de vulnerabilidad de este territorio.

Es urgente reevaluar la planeación y desarrollo de las ciudades de acuerdo a las condiciones que ofrece la naturaleza para no intensificar los riesgos en zonas que están por debajo de la cota de inundación.

Este estudio se realizó con variables a nivel municipal, y un estudio de mayor detalle, requerirá de considerar datos a nivel de área geoestadística básica para tener una mejor idea de las condiciones de vulnerabilidad, sobre todo de las localidades que presentan un mayor riesgo.

### **Bibliografía**

BARRENECHEA, J.; GENTILE, E.; GONZÁLEZ, S. y NATENZON, C. (2000). Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría del riesgo. IV Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales, UBA. Buenos Aires.

CABREJOS POLO, J. (2005). La promoción de la resiliencia y el diseño de políticas sociales. En Revista de la Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos 10(28), pp 47-70.

CECCHINI, S.; ESPÍNDOLA, E.; FILGUEIRA, F.; HERNÁNDEZ, D. y MARTÍNEZ, R. (2012). Vulnerabilidad de la estructura social en América Latina: Medición y políticas públicas. Realidad, Datos y Espacio. En Revista Internacional de Estadística y Geografía. 3 (2) Mayo – agosto. pp 32-45.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2014). Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad. [En Línea], disponible en URL: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> [Acceso en marzo de 2017]

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2002). Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas. División de Población de la CEPAL - Centro Latinoamericano y Caribeño de

Demografía (CELADE) Vigésimonoveno período de sesiones de la Comisión (Brasilia, Brasil, 6 al 10 de mayo de 2002).

DÍAZ, M., DÍAZ, C. (2002). El análisis de la vulnerabilidad en la cartografía de riesgos tecnológicos. Algunas cuestiones conceptuales y metodológicas. Serie Geográfica. 10. pp 27-41.

GALARZA, L. (2005). Una aproximación al estudio conceptual de los desastres urbanos en América Latina. La importancia de un proceso de gestión integrado para desarrollar estrategias de prevención de riesgos y disminuir la vulnerabilidad social [En línea]. VII Jornadas de investigación del Centro de Investigaciones Geográficas y del Departamento de Geografía. La Plata. Disponible en [http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/trab\\_eventos/ev.778/ev.778.pdf](http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.778/ev.778.pdf)

Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2003). Perfil sociodemográfico del área metropolitana de Toluca: XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2010). Censo de Población Y Vivienda 2010. Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2013). Conjunto vectorial de la carta topográfica 1:50,000. Claves E14A37, E14A47, E14A38, E14A48. Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2016). Marco Geoestadístico municipal de México. Aguascalientes, México.

OLCINA, J. (2004). Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en la escala local. El papel del planeamiento urbano municipal. Boletín de la A.G.E. Núm. 37. Pp 49-84.

OLÍN, L. (2015). *Políticas de población y proceso de poblamiento en el Valle de Toluca 1960-2010. Tesis de licenciatura en Planeación Territorial.* México: Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Planeación Urbana y Regional.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

(2006). Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible. Indicadores de seguimiento: México 2005. SEMARNAT, México.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2014). Metodologías para la determinación de riesgos de desastre a nivel territorial. Parte 1. Grupo de Evaluación de Riesgo de la Agencia de Medio Ambiente, La Habana, Cuba.