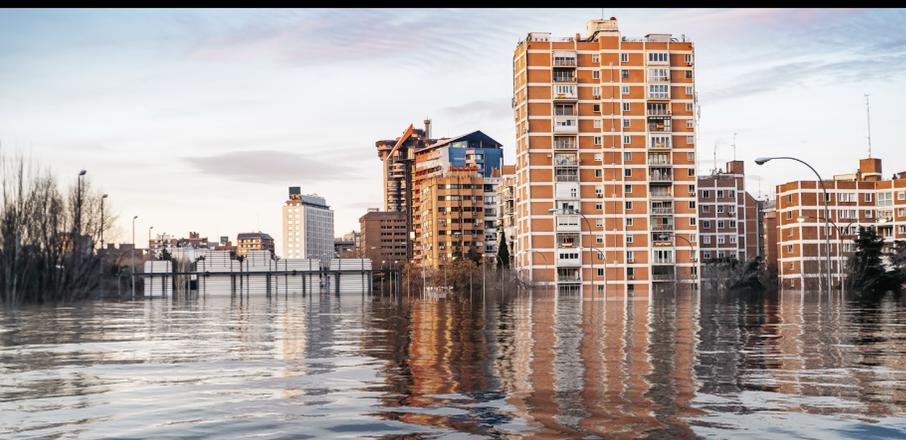


METODOLOGÍA PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD POR INUNDACIONES



Luis Alberto Olín Fabela
Fermín Carreño Meléndez


Atena
Editora
Año 2023

METODOLOGÍA PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD POR INUNDACIONES



Luis Alberto Olín Fabela
Fermín Carreño Meléndez


Atena
Editora
Año 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade de Coimbra

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
 Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
 Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
 Prof^ª Dr^ª Caroline Mari de Oliveira Galina – Universidade do Estado de Mato Grosso
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
 Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
 Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
 Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
 Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
 Prof^ª Dr^ª Geuciane Felipe Guerim Fernandes – Universidade Estadual de Londrina
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
 Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
 Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
 Prof. Dr. Jodeyson Islony de Lima Sobrinho – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
 Prof^ª Dr^ª Juliana Abonizio – Universidade Federal de Mato Grosso
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
 Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
 Prof^ª Dr^ª Kátia Farias Antero – Faculdade Maurício de Nassau
 Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná
 Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
 Prof^ª Dr^ª Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais
 Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Prof^ª Dr^ª Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^ª Dr^ª Marcela Mary José da Silva – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campina
 sProf^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
 Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
 Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 aProf^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
 Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
 Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^ª Dr^ª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Federal da Bahia / Universidade de Coimbra
 Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Metodología para medir la vulnerabilidad por inundaciones

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Autores: Luis Alberto Olín Fabela
 Fermín Carreño Meléndez

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
F114	<p>Fabela, Luis Alberto Olín Metodología para medir la vulnerabilidad por inundaciones / Luis Alberto Olín Fabela, Fermín Carreño Meléndez. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0798-0 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.980232401</p> <p>1. Inundaciones. I. Fabela, Luis Alberto Olín. II. Meléndez, Fermín Carreño. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 363.3</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

INTRODUCCIÓN	1
ACERCAMIENTO TEÓRICO Y CONCEPTUAL SOBRE VULNERABILIDAD Y LAS INUNDACIONES	17
Origen de la vulnerabilidad	17
El concepto de vulnerabilidad	20
Los enfoques de la vulnerabilidad	22
Importancia del análisis de la vulnerabilidad	27
Tipos de vulnerabilidad	28
¿Cómo se mide la vulnerabilidad?	29
El estado de vulnerabilidad	30
Desastres	30
Amenazas o peligros	32
El riesgo y la vulnerabilidad.....	34
Vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante las inundaciones.....	36
La vulnerabilidad asociada a las inundaciones.....	38
ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA MEDICIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	42
Contexto de las metodologías para el cálculo de la vulnerabilidad social asociada a los fenómenos naturales en el ámbito internacional	42
Cálculo de la vulnerabilidad asociada a los fenómenos naturales en el ámbito internacional	43
La metodología utilizada en México para medir de la vulnerabilidad	49
El Índice de Peligro por Inundación del CENAPRED, 2016.	51
Indicadores de la metodología de CENAPRED para medir la vulnerabilidad asociada a fenómenos naturales en México.	53
Análisis de las metodologías para medir la vulnerabilidad por fenómenos naturales.....	56
Uso de indicadores de las metodologías que miden la vulnerabilidad asociada a fenómenos hidrometeorológicos.....	58

CONTEXTO TERRITORIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	61
Ubicación geográfica	61
Caracterización física	63
Indicadores de la dimensión socioeconómica	65
Población Total	65
Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta	65
Porcentaje de población de 15 años sin primaria completa	66
Porcentaje de viviendas sin drenaje ni excusado	66
Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica	67
Porcentaje de viviendas sin agua entubada	67
Promedio de ocupantes por vivienda	67
Porcentaje de viviendas particulares con piso de tierra.....	68
Porcentaje de población económicamente inactiva	68
Inundaciones, la dimensión ambiental	69
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD MUNICIPAL POR INUNDACIONES EN MÉXICO.....	72
Aspectos metodológicos para la medición de la vulnerabilidad municipal por inundaciones	72
Variables e indicadores seleccionados para estimar la vulnerabilidad municipal por inundaciones	73
Características de los indicadores para medir la vulnerabilidad municipal por inundaciones en México, 2020	75
Aspectos metodológicos para la construcción del IVMI	77
CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD MUNICIPAL POR INUNDACIONES EN MÉXICO, 2020	79
Cálculo del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones.	80
Resultados del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones, 2020.....	83
Discusión de resultados	90
CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	95

REFERENCIAS 99

SOBRE LOS AUTORES 104

INTRODUCCIÓN

El ser humano como individuo y en sociedad, en comunidades aisladas o grandes urbes, es un sujeto vulnerable en su integridad física y en su entorno construido por el desarrollo de los fenómenos naturales, incluso, de los que él mismo provoca. Esta condición ha perseguido al hombre desde la antigüedad, salvo que con el avance tecnológico y científico se han generado alternativas para resolver y minimizar los problemas socioeconómicas y ambientales que dejan los desastres. En la actualidad ya se sabe que el riesgo de que ocurra un desastre causado por los fenómenos naturales es propiciado por el hombre, no por la naturaleza. Esto es porque en el proceso de apropiación del territorio para el establecimiento de asentamientos humanos, no siempre se realizan los estudios necesarios para identificar el tipo de suelo en el que se va a construir, la disponibilidad de fuentes de agua dulce, o si ese suelo es o no lacustre por mencionar algunos, partiendo de esa omisión, es altamente probable que si el terreno en el que se edifica la vivienda, anteriormente era un lago o pertenece a la rivera de ríos, y al momento de producirse lluvias intensas puede inundarse.

Ahora, la inundación ya no es el problema, sino la forma en que afecta a la población y la tarea de recuperación de los daños causados por ésta. Estar propenso a sufrir daños por el desarrollo de algún fenómeno natural o por los causados por el hombre, se considera un estado de vulnerabilidad¹ es decir, que se es vulnerable por la indefensión o falta de preparación para hacer frente y mantenerse estable ante los fenómenos naturales, que por su magnitud y duración pueden ocasionar daños materiales y lo más grave, la pérdida de vidas humanas.

Ante esto, la tarea más importante es minimizar los daños que se puedan generar por ocasión de los fenómenos naturales, anticipándose a ellos con la mejora de los sistemas de alerta temprana, o con la preparación de la población para resistir del embate de ciclones tropicales, tormentas, heladas, sequías y las inundaciones (en este libro se toma como fenómeno de análisis con el que se aplica la metodología propuesta). Esta preparación inicia con la identificación de las zonas en riesgo, de todas las áreas territoriales que son propensas a resentir mayores daños que otras por sus características fisiográficas, como la ubicación geográfica, topografía, edafología, geología, vegetación, entre otros.

Con el conocimiento de la parte física de las comunidades con alto riesgo de inundaciones se tiene una parte para conocer su grado de vulnerabilidad. Recordando que la vulnerabilidad es un estado de indefensión ante los fenómenos hidrometeorológicos

1. Olín Fabela, Luis Alberto; Méndez Ramírez, José Juan y Adame Martínez, Salvador (2019): Acercamiento teórico y conceptual de la vulnerabilidad y los fenómenos hidrometeorológicos. *Impactos ambientales, gestión de recursos naturales y turismo en el desarrollo regional*. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, Ciudad de México. ISBN UNAM. Volumen II: 978-607-30-2641-3

que se presenta en un sistema vulnerable por diferentes deficiencias en su estructura, la parte física es sobre la cual se establecieron los asentamientos humanos, y están sujetos al tipo de suelo, la pendiente y los rasgos topográficos que incrementan la formación de inundaciones, pero también existe una serie de características sociales y económicas respecto de la población que habita las zonas de riesgo, y en general del territorio ocupado.

Las características socioeconómicas de la población es el otro factor que promueve altos niveles de vulnerabilidad, pues si no se está en condiciones socioeconómicas por arriba de la línea de las pobreza, en un escenario de peligro al suceder un fenómeno natural, las condiciones de vida, que son reflejo del ingreso por las personas empleadas, resultan susceptibles a ser dañadas por el embate de la fuerza en ese caso de las inundaciones, ejemplificamos el caso, si una o más viviendas tienen piso de tierra al momento de presentarse una inundación a causa de las lluvias pluviales o fluviales² se verá comprometida la estabilidad de la estructura de la vivienda por el lodo y la humedad que se produzca por la combinación de agua y tierra, barro o arcilla, además de generar condiciones insalubres para los habitantes de la vivienda por deficiencias adicionales como falta de agua entubada, de electricidad y el caso del drenaje por la situación del piso de tierra se agravaría como foco de contaminación, incrementando así el grado de vulnerabilidad para zonas con este tipo de características en la vivienda.

Las condiciones de la vivienda las determina el estado de empleo y desempleo de la población que al percibir ingresos van subsanando las características de la vivienda y en el caso de sufrir una inundación tienen recursos económicos, aunque limitados para sobrellevar el evento. Sin embargo, no es el único factor social que define su vulnerabilidad, también el nivel educativo que tienen las personas y el analfabetismo es un reflejo del rezago social que afecta la capacidad de acción ante el desarrollo de estos fenómenos. La población con bajos niveles de educación sufre mayores consecuencias por daños materiales y pérdida de vidas por la falta de conocimiento e ignorancia de lo que deberían de hacer en situaciones de riesgo, e incluso, previamente lo que tendrían que haber evitado para no encontrarse en situaciones potencialmente peligrosas.

Junto a las características de la vivienda, la falta de educación o analfabetismo y el desempleo, se encuentra el hacinamiento³ de personas en la vivienda, que de nueva cuenta comprometen la estabilidad de las familias que se ubican en zonas propensas a las inundaciones. Todos esos factores son los que se proponen como indicadores de

2. Inundación pluvial, causada por la acumulación de agua de lluvia en el lugar en que precipita. Inundación fluvial, es la inundación provocada por agua acumulada que proveniente de otro lugar en el que ocurrió la precipitación. Keller, Edgard A. y Robert H. Blodgett, 2007: Riesgos Naturales, España, Madrid: Pearson Educación, S. A.

3. El hacinamiento se refiere a la acumulación o sobre ocupación de un espacio, en relación al ser humano la CEPAL, (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) destacan que debe existir un espacio en el que pueda haber el esparcimiento adecuado para el desarrollo pleno de las personas al interior de la vivienda.

las variables que se consideran las más representativas de la integridad de la población, porque son parámetro para la medición del Índice de Desarrollo Humano y del Índice de Marginación.

Con estas variables y sus indicadores para medir la vulnerabilidad se aplica una metodología que integra los aspectos socioeconómicos y ambientales de los municipios de México para generar una base de datos en la que se correlacionan sus indicadores con un programa estadístico y especializado en la interacción de grandes cantidades de datos para generar el índice y sus grados de vulnerabilidad y poder representarlos cartográficamente para ilustrar este fenómeno, contribuyendo con este trabajo con la responsabilidad universitaria y académica en la tarea de proponer alternativas y opciones de solución de las problemáticas sociales y ambientales de nuestras comunidades.

La idea de plantear esta metodología para medir la vulnerabilidad por inundaciones surge porque en los trabajos previos de este tema y que han sido elaborados por el Gobierno de México, sólo ha presentado el índice de peligro por inundaciones, que muestra los lugares donde ocurren inundaciones, hasta cierto punto es necesaria esa información, sin embargo, no hace referencia a qué lugares son más propensos a sufrir daños que otros, para solventarlo presentamos en este libro el proceso de aplicación de la metodología propuesta para determinar a escala municipal un índice de vulnerabilidad social que señale el grado de vulnerabilidad por inundaciones en el territorio mexicano.

El estudio de la vulnerabilidad se realizó a partir de la revisión bibliográfica de las disciplinas y enfoques que abordan este tema, encontrando que a lo largo de la historia se ha presentado un proceso y condición de vulnerabilidad para el ser humano, primero porque es un habitante de la Tierra en el que la fuerzas físicas y naturales de la dinámica terrestre le confieren un estado de indefensión y fragilidad ante el desarrollo de los fenómenos geofísicos e hidrometeorológicos, y por su capacidad de hacer frente a estos. Considerando que, con el embate de un evento de esa naturaleza, por su magnitud y duración determina el grado en que puede resultar dañado un asentamiento humano y por la preparación que tenga esa comunidad podrá disminuir las probabilidades del riesgo de desastre.

A lo largo del Ecúmene existen territorios con características geográficas inadecuadas en los que se han establecido los asentamientos humanos configurando los espacios de las áreas urbanas (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002) y algunos de estos se ubican en zonas de riesgo, para reducir la vulnerabilidad y minimizar los daños que se producen inevitablemente, se deben plantear estrategias orientadas a disminuir las afectaciones y amenazas socio naturales que ocurren sobre el territorio, con las que se persigue disminuir las situaciones que mantienen el atraso y rezago de los países menos desarrollados (CEPAL, 2005).

Con esta idea se deduce, como ya se ha mencionado que la vulnerabilidad refleja

la capacidad de hacer frente a los fenómenos socio-naturales y que depende de diferentes condicionantes físicas y socioeconómicas para que desencadenen daños a la población y el entorno por causa del desarrollo de algún fenómeno natural. La probabilidad de que resulten mayores daños a las comunidades deviene de los recursos con que se cuenta para hacer frente a estos eventos y ésta es cuantificada y estimada como la vulnerabilidad a la que se es susceptible en determinado momento y ello condiciona el grado en que resulte la afectación por causa de fuerzas de origen natural o físico.

Ruíz (2012) sobre que esta condición de vulnerabilidad explica que es una conceptualización de diferentes campos del conocimiento que aborda diversos elementos como la relación o exposición a algún tipo de amenaza ya sea física o antropogénica del objeto de estudio, como individuo o grupo social, donde se analizan los factores que determinan el grado al que se es vulnerable por la acción del peligro al que está expuesta la población.

El concepto de vulnerabilidad que propone el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) por sus siglas en inglés, la conceptualiza como el grado al cual un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos; sin olvidar que está en función de la exposición de un sistema, de la sensibilidad de éste y de su capacidad adaptativa.

La exposición se refiere a lo que puede ser afectado, en este caso las personas y elementos que resultan dañados por un fenómeno natural o antrópico; la sensibilidad se determina como el grado de susceptibilidad que mide cómo puede ser afectado un sistema por efecto de algún evento físico o social; y la capacidad adaptativa es la forma en cómo puede hacer frente a los cambios que se experimentan y su capacidad de respuesta manteniendo su estructura y funcionalidad actual (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002).

Para Beck (1998) la vulnerabilidad forma parte del riesgo de los desastres ya que existen amenazas sociales, económicas y políticas del sistema de la sociedad mundial super industrializada, impulsadas por la globalización, la ciencia, la tecnología y los medios de producción, generando riesgos al someter a la naturaleza por las fuerzas de la modernidad, por ejemplo, al causar daños al ambiente y la destrucción de la naturaleza provocada por la industria se generan efectos negativos sobre la salud, lo que refleja una pérdida del pensamiento social e intelectual, ya que el ser humano ha dejado de lado su carácter racional al producir situaciones que lo colocan en situaciones de riesgo por amenazas naturales en lugar de prevenirlo de ellas.

Los estados de vulnerabilidad se componen por diferentes situaciones y con diversos factores determinados primero por la ubicación geográfica de los asentamientos humanos

que está vinculada con los aspectos físicos como el clima y por las condiciones geofísicas y además, por la situación socioeconómica de las personas caracterizadas por el grado de desarrollo que se ha alcanzado en su entorno; para ampliar el contexto de lo que se ha presentado anteriormente, enseguida se describen diferentes enfoques con los que se aborda el concepto de la vulnerabilidad.

Entre los autores que hablan sobre la vulnerabilidad, Alwang y otros (2001), presentan un análisis de ésta desde diferentes áreas del conocimiento, la economía, la pobreza, la seguridad alimentaria y la sustentabilidad de los pequeños asentamientos. También desde la sociología y la gestión de los desastres, seguida de una perspectiva que la estudia con visión ambiental y la última, lo hace desde las disciplinas de la salud.

El enfoque económico por parte de Kanbur y Squire (1999) tiene una perspectiva donde el factor de pobreza es resultado de la economía de la ciudad porque con las crisis se ven afectadas entre otras cosas el bienestar de las personas. Ravallion (1996) afirma que los estándares familiares de vida están cambiando en formas impredecibles todo el tiempo, pero aun así se lucha por la constante generación de ingresos. Moser y Holland (1997) desde un enfoque sociológico analizan los esfuerzos de las personas por mantener sus estándares de vida, aunque no siempre lo logren pero que mantienen la búsqueda de superar sus niveles de vida.

Desde el enfoque de Kreimer y Arnold (2000) la vulnerabilidad parte de la gestión del desastre. Dinar y otros (1998) en ese mismo sentido muestran que la vulnerabilidad es una combinación entre el ambiente natural y la población. Por otro lado, desde un enfoque de la salud Gwatkin y otros (2007) destacan que la vulnerabilidad es una predisposición de estar sujeto a una situación de inequidad y desigualdad social.

Grandes instituciones han diseñado metodologías para la medición de la vulnerabilidad por organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo con su informe (GAR15), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), por su parte, en México cuenta con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), y todas ellas han aplicado los cálculos con las dimensiones socioeconómica y la ambiental, principalmente.

Esta intención por medir los estados de vulnerabilidad se fortaleció en los noventa desde el ámbito mundial con la incorporación e integración de indicadores de carácter socioeconómico y ambientales para el cálculo de la vulnerabilidad. Si bien, por separado estos indicadores representan una forma de presentar el riesgo desde la dimensión o ámbito de estudio, con la combinación de varios indicadores se obtiene un índice más completo y representativo de la situación real. Uno de los casos de este tipo es el de enfermedades respiratorias asociadas a la exposición de la contaminación del aire por el tránsito vehicular,

en el que se obtiene un indicador de carácter ambiental y uno de salud, generando también la relación que existe entre ambos y eso otorga un mayor acercamiento a la realidad del problema socioambiental, (Briggs, Corvalán y Nurminen, 1996).

Algunas instituciones gubernamentales han puesto en práctica esa forma de medición de la vulnerabilidad como el caso del Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental, que para mejorar las condiciones de vida de la población y contribuir al progreso hace este tipo de integración de diversas variables y con este tipo de metodologías integradoras como la propuesta de Balbus (2013) que hace mención de la aplicación de un enfoque multisectorial en relación a la integración con un índice que contemple los diferentes indicadores ya sean sociales, económicos y los ambientales para determinar entre otras cosas la vulnerabilidad de forma precisa, concisa y puntual de la población.

En este ritmo tan acelerado de las ciudades a nivel global, Aparicio (2013) resalta que los efectos del cambio climático se han vuelto más evidentes y con el aumento de concentración de la población, incrementa también la vulnerabilidad asociada al calentamiento global en las zonas urbanas y rurales, porque la urbanización coadyuva a la exposición de personas al impacto de esta variabilidad climática.

Béné (2018) sostiene que las ciudades y los centros urbanos son particularmente vulnerables por el incremento de amenazas relacionadas al clima, que por la severidad y frecuencia de los efectos del cambio climático se generan escenarios de desastres, cuyos daños afectarán a quienes tengan menor capacidad de hacer frente a ellos y que son considerados con mayor vulnerabilidad, por lo que ciudades con bajos ingresos y medios de servicios limitados son las que tienen mayor riesgo de desastre por los peligros del clima, además de ello, también son vulnerables por las características sociales de la población tales como la pobreza, la inclusión y la seguridad social y alimentaria de grupos específicos (ubicados en zonas de riesgo o marginadas), entre otros.

La CEPAL (2005) refiere que el estado de vulnerabilidad es un parámetro de la intensidad de los desastres, por ello es indispensable articular la dimensión socioeconómica y la ambiental para identificar las condiciones de debilidad que mantienen a las personas en un estado vulnerable. En contraste con esto y lo planteado por la Organización Panamericana de la Salud (PAHO, 2013) que promueven un estado de bienestar para la población, y hacen el énfasis en que la justicia ambiental y la gobernanza coadyuben a la superación de la problemática social y contribuyan a disminuir esa vulnerabilidad.

Los estados de vulnerabilidad a causa de estos fenómenos se resienten con mayor fuerza cuando al ocurrir los desastres sus efectos se manifiestan en la población con la pérdida de vidas y enfermedades, sin olvidar la destrucción del ambiente, la infraestructura, el transporte y los servicios. Otra consecuencia de estos impactos es la pérdida de

patrimonio como la vivienda, ganado y cultivos, entre otros. Las pérdidas que anteceden se han cuantificado y estimado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) con el GAR⁴ 2015, que reporta pérdidas por desastres causados por fenómenos naturales, de un promedio de entre 250,000 millones y 300,000 millones de dólares americanos al año. Estos daños que terminan por afectar el desarrollo social han impulsado la integración de los diferentes aspectos para la medición de la vulnerabilidad con metodologías que serán descritas más adelante.

La metodología con que se mide la vulnerabilidad en México parte del trabajo realizado por Gay y Conde en 2013 titulado *vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México*, en el que realizan el cálculo de ésta con el establecimiento de parámetros por separado de las dimensiones social, económica y ambiental, asignando valores a cada una de ellas y posteriormente los integran mediante la suma aritmética y, con ese resultado determinan rangos equidistantes del grado de vulnerabilidad mediante la división en cinco partes iguales del conjunto de datos; con ésta mecánica el proceso es simplificado y sesga los resultados por calcular de manera independiente el número de indicadores que utilizan.

Una forma de corregir esos cálculos se muestra con el trabajo de Briggs, Corvalán y Nurminen (1996) que presentan la cuantificación de la vulnerabilidad asociada a cuestiones ambientales con una integración de diversos indicadores asociando la contaminación ambiental y el reporte de las enfermedades respiratorias para definir que la población se encuentra vulnerable por la condición ambiental dañina por los altos niveles de contaminación y que agrava el estado de salud de las personas por encontrarse susceptibles cuando presentan cuadros de enfermedad respiratoria, así, con esta combinación entre la contaminación ambiental y los aspectos sociales de salud pública resulta que se vuelven mayores los riesgos a la población; este método ejemplifica que puede realizarse el estudio de la vulnerabilidad mediante la integración de diferentes variables e indicadores para obtener resultados más contundentes.

Con el ejemplo anterior se hace evidente que existe una relación entre el ambiente y los aspectos sociales, del primero se toman las inundaciones como variable de la se utiliza el índice de peligro por inundación como indicador de ese aspecto, y del segundo con las características socioeconómicas de la población tomadas del índice de marginación que refleja la situación social y económica a nivel municipal, todo eso para definir situaciones de vulnerabilidad de la población asociada a fenómenos naturales exponiendo la relación que configura una situación que presenta un riesgo de desastre para la población cuando existen condiciones de rezago en los asentamientos humanos.

4. Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres.

Considerando lo anterior, se plantea que la temática de la presente investigación sea abordada desde un enfoque integrador, orientado a correlacionar los indicadores de las dimensiones socioeconómica y ambiental para representar el estado de la vulnerabilidad en el contexto actual del país; del que no se puede apartar el desarrollo de los procesos de urbanización que han dado forma y caracterización al territorio nacional con sus componentes sociales y territoriales y los fenómenos hidrometeorológicos en México. Realizar esa integración de los diversos indicadores para medir la vulnerabilidad se convierte en una herramienta para disminuir ese estado que mantienen condiciones de atraso en el desarrollo del país, en torno a todo lo anterior gira la temática presentada en libro.

El problema que existe es la falta de una metodología que mida la vulnerabilidad municipal por inundaciones en México. En contraste con países de altos ingresos, se pretende adaptar el modelo de sus metodologías para medir la vulnerabilidad que utilizan para la reducción del riesgo de desastres y cuyo objetivo es la disminución del grado de vulnerabilidad de la población expuesta a las amenazas generadas por el clima, tal como lo expresa el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 derivado de la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas, UNISDR (2015a) en el que se hace énfasis por fomentar y reforzar el análisis y estudio de todas las variables de las situaciones de vulnerabilidad de las personas y con ello, poder reducir considerablemente las posibilidades de desastres por el desarrollo de inundaciones.

Las metodologías internacionales plantean la reducción de los estados de vulnerabilidad porque esta situación genera muchas pérdidas económicas derivadas de la atención a los desastres, situación que claramente se observa en países de bajos ingresos, pues el costo por estos eventos equivale a un 22% del gasto social, comparado con 1.45% de lo que se destina en países con altos ingresos (UNISDR, 2015b). Los efectos de los fenómenos hidrometeorológicos en México reflejan un incremento de las víctimas por el grado de vulnerabilidad y el riesgo al que están expuestos los asentamientos humanos, por ejemplo, el costo por daños totales derivados de las inundaciones de 1980 al 2000 fue de 227 millones de dólares (CENAPRED, 2014) por ello, para anticiparse a los desastres y estar preparados por si se presentan, es necesario realizar estudios en los que se aplique la integración de los factores que conforman la vulnerabilidad para poder reducirla con el avance de dichos estudios.

Con respecto a lo anterior, México para ese aspecto metodológico, hace su esfuerzo por realizar el estudio de la vulnerabilidad a partir de los fenómenos sociales como la pobreza, marginación, hacinamiento, y de los fenómenos naturales particularmente los geológicos para calcular el peligro ante los terremotos, analizando los movimientos

sísmicos y volcanes que tienen repercusión en diferentes sectores de la sociedad, trabajo elaborado en 2013, por Gay y Conde⁵ que utiliza 38 variables para la estimación de dicha vulnerabilidad y con esa información realizar el análisis de los indicadores que utilizan y que son referentes para el desarrollo de la propuesta que se plantea en este libro.

Estas metodologías se encuentran disponibles en el portal del CENAPRED, de ellas, la problemática que se detecta es que fueron elaboradas con información del Atlas Nacional de Riesgos a partir de la Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social ante Sismos y el Viento, omitiendo la constitución de una metodología para medir la vulnerabilidad municipal asociada a los fenómenos hidrometeorológicos; particularmente para determinar esa vulnerabilidad asociada a inundaciones, a partir de una metodología que utilice indicadores de las dimensiones socioeconómica y la ambiental integrados con un método estadístico adecuado para poder hacer el análisis de dicha vulnerabilidad con un grado de precisión competente.

En el Atlas Nacional de Riesgos elaborado para México en 2006, se adoptó una metodología para el cálculo de la vulnerabilidad social asociada a sismos y viento que sólo utiliza los factores físicos (viento y sismos) o tipología de vivienda para determinar qué zonas son vulnerables ante el desarrollo de un evento de esa categoría, y por otra parte, estiman la vulnerabilidad social con una serie de indicadores socioeconómicos y en ambos casos arrojan un grado de vulnerabilidad por separado, ya sea físico o social, por lo que se considera poder integrar todos los indicadores en una sola estimación para el cálculo de la vulnerabilidad asociada a las inundaciones.

Por esta situación, se pretende vincular esta investigación dentro del contexto de los asentamientos humanos por los aspectos sociales y económicos, relacionándolos con el aspecto ambiental que ocurren dentro del territorio nacional mediante la integración de indicadores en una metodología que incorpore la dimensión socioeconómica y la ambiental para el cálculo de un índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones en México; realizando el análisis a partir de las variables (características socioeconómicas y ambientales), del fenómeno de estudio y que son susceptibles de cambio al ser vinculadas y relacionadas entre sí, (Lafuente y Marín, 2008).

En México la actual metodología del CENAPRED sólo mide la vulnerabilidad asociada a sismos y viento, y no se tiene una metodología de ese tipo para medir la vulnerabilidad por inundaciones que refleje la situación actual del grado de vulnerabilidad municipal por inundaciones y que sirva a su vez para contribuir en la gestión del riesgo de desastres en el país ante el escenario adverso del cambio climático.

5. Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Fondo ambiental público del Gobierno del Distrito Federal, Conferencia Nacional de Gobernadores y Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Disponible en: <http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/Vulnerabilidad/>

Habiendo hecho la revisión en las fuentes de información del CENAPRED no se encontró la metodología que mida la vulnerabilidad municipal por inundaciones y por ello es necesario contar con herramientas para la medición de la vulnerabilidad asociada a fenómenos hidrometeorológicos debido a que las grandes concentraciones de población son lugares donde se resienten en mayor medida los efectos adversos derivados del cambio climático y la variación climática, y también, porque hay grupos más vulnerables que otros y éstos se identifican utilizando diversos indicadores socioeconómicos que caracterizan la población y son en principio la información necesaria para realizar el cálculo de esta vulnerabilidad. Este método que se propone figura como un enfoque integrador de diferentes aspectos de la población y su entorno para realizar la estimación de la vulnerabilidad atendiendo al contexto actual de las ciudades.

Este tipo de metodologías corresponden con lo planteado en los Objetivos del Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2018) que establecen que debe hacerse uso de los recursos más aptos para contribuir al logro de los mismos, particularmente con el objetivo número 13, nombrado *Acción por el clima*, que remite a reducir la vulnerabilidad y en el que se tiene que realizar el mayor esfuerzo por construir y diseñar los indicadores que sean lo más claros, sencillos y eficaces para el cálculo y la medición de la vulnerabilidad y ello, permita a los tomadores de decisiones definir el curso de acción que esté encaminado a la reducción de la situación que vuelve vulnerable a los asentamientos humanos en la actualidad.

Ante la situación de riesgo por el cambio climático que enfrenta la humanidad se establece una normatividad a fin de minimizar riesgos y daños derivados de los efectos de éste, tal como lo expresa la Ley de Cambio Climático en su última modificación en 2018 en el diario Oficial de la Federación de México, y con ello se refuerza la necesidad de contar con herramientas que favorezcan los estudios y análisis de la vulnerabilidad ante las inundaciones.

Bajo este escenario, se hace énfasis en la importancia de realizar el estudio de la vulnerabilidad mediante la integración de diferentes variables que inciden directamente en la conformación de ésta, ello supone la relación de aspectos de las dimensiones socioeconómica y la ambiental de los asentamientos humanos para brindar un contexto más completo del estado de vulnerabilidad existente con el fin de reducir la exposición de las personas y sus bienes a los desastres reflejados en pérdida de vidas, daños a la población y al entorno construido.

Diseñar una metodología de fácil acceso, comprensión y precisión en la que se incluyen las inundaciones como parte de los factores determinantes de la vulnerabilidad en correlación con los que contemplan la dimensión socioeconómica, responde a la

necesidad de resolver que está presente el riesgo de pérdida de vidas y daños a los bienes de la población, por ello, este cálculo se debe realizar con la integración de indicadores socioeconómico y los ambientales para que la estimación del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones sea más representativa de ese estado vulnerable asociado a las inundaciones.

Aunado a lo anterior y en suma por los problemas derivados de la concentración de población y de los asentamientos humanos a escala municipal, ligados al urbanismo, en el caso de la planeación sobre nuevos territorios o la urbanización de los mismos sería de gran utilidad contar con herramientas para prevenir todos los problemas que en la actualidad se observan en las ciudades considerados como una de las causas que genera en mayor medida dificultades en la salvaguarda de las personas que ocupan lugares muy conglomerados y con insuficiente equipamiento e infraestructura para hacer frente a situaciones inesperadas a causa de fenómenos naturales como las inundaciones en las que se afecta gran parte de la población tanto en áreas urbanas como rurales de los sitios ya establecidos;.

Contar con las herramientas necesarias y los conocimientos adecuados para cumplir con ese propósito ampliará el campo del conocimiento del urbanismo a gran escala, ya que este modelo puede ser aplicado en el contexto nacional o en menor escala pero cubriendo cada uno de los diversos fenómenos hidrometeorológicos (ciclones, huracanes, lluvias torrenciales, tormentas, etc.) que ocurren en la actualidad y vincularlos con la situación socioeconómica de las entidades de la República Mexicana que resulten afectadas por éstos para determinar su grado de vulnerabilidad.

Realizar una propuesta como esta con un enfoque multisectorial aumenta la complejidad que presenta el cálculo de la vulnerabilidad que se realiza individualmente, conjuntando la dimensión socioeconómica y la ambiental, y realizando una integración de éstos en el índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones (IVMI) que también apoye el análisis para la reducción de dicha vulnerabilidad en la gestión del riesgo de desastres.

En este libro se busca cumplir el objetivo de presentar una metodología para calcular la vulnerabilidad asociada a las inundaciones, a partir de que en México no se cuenta con herramientas para ello y únicamente se tiene el registro de los lugares en dónde suceden las inundaciones, por tanto, es necesario tener un índice que determine qué zonas son más vulnerables que otras definiendo las acciones más adecuadas que se requieren para minimizar los daños que provocan las inundaciones.

La estructura del libro tiene una secuencia de cinco fases, empezando con un breve recuento de los lineamientos generales de esta propuesta desde su inicio y su plan (Morales, 2011) en el que se plantean primero, la descripción del concepto de la vulnerabilidad;

después se contrastan diferentes metodologías que se aplican para medir la vulnerabilidad asociada a fenómenos físicos, y con ello se proponen una serie de indicadores para medir la vulnerabilidad asociada a las inundaciones y con ello, se calcula un índice con estos indicadores para finalmente concluir con los hallazgos a los que se llegó con esta propuesta.

La secuencia metodológica parte de la definición de la problemática por la falta de la metodología para medir la vulnerabilidad municipal por inundaciones, describiendo la conceptualización del término vulnerabilidad a partir de la cual se resume el cuerpo de conocimiento de este tema; la siguiente fase comprende la descripción y análisis de las metodologías utilizadas por los organismos internacionales para medir la vulnerabilidad asociada a algún fenómeno natural; de lo anterior se desarrolla la fase siguiente con la generación de la base de datos con las variables de las dos dimensiones, la socioeconómica y de la ambiental con las inundaciones en el ámbito nacional mexicano; posteriormente se realizan los cálculos estadísticos para la obtención del IVMI y se presenta la cartografía temática representando la vulnerabilidad social asociada a las inundaciones en México; y, por último se hace el análisis y discusión de los resultados obtenidos en el transcurso de la presente investigación.

El método que se aplica en el desarrollo de la presente investigación es el *método deductivo* de acuerdo con lo que plantea Lafuente y Marín (2008) por estar enmarcado en la lógica racional que consiste en inferir ideas o argumentos a partir de premisas generales existentes, con las que se explica la realidad de forma aislada. De esa forma el eje del trabajo es la integración de diferentes aspectos e indicadores para dar un sentido de mayor complejidad a la explicación de fenómeno objeto de estudio. A partir de este método se realiza una contrastación de las diferentes formas de medir la vulnerabilidad que se aplican a escala nacional y en el ámbito internacional, con ello, se hace énfasis en la integración de las dimensiones socioeconómica y la ambiental para el cálculo de la vulnerabilidad.

Este trabajo parte de una investigación cuantitativa en la que se utilizan en la mayor parte datos estadísticos para el diseño y cálculo del índice de vulnerabilidad municipal asociada a las inundaciones en México. La utilidad de esta investigación es que puede ser aplicada con el enfoque de estudio de casos contando con un diseño metodológico y las conclusiones que son particulares para el desarrollo de esta investigación (Ceballos-Herrera, 2009).

Como recurso metodológico la aplicación de este método para trabajar y organizar la información, teorías y estrategias a fin de encontrar nuevos conocimientos con la intención de comprender y abordar la realidad; con esta revisión de nuevas formas de explorar la ciencia también son elaborados diferentes planteamientos con la epistemología, y con ello, poder acercarnos a diferentes métodos e incluso, más adecuados para explicar la realidad

(Camacho y Otros, 2007).

Ampliando lo que compete a la fase 1, cuerpo del conocimiento, en esta se presenta un acercamiento teórico y conceptual sobre la vulnerabilidad y los factores que la agravan, así como del tema de los fenómenos naturales, particularmente de las inundaciones. Aquí se aplica la técnica documental especializada en esos temas utilizando bibliografía impresa y electrónica; dado que la revisión de la literatura en ambos casos resulta ser la fase más importante de todo proceso de investigación (Morales, 2011). Recopilando los temas específicos del concepto de vulnerabilidad para comprender este rubro del cuerpo del conocimiento de la investigación.

Con este apartado se aborda el concepto de vulnerabilidad y cómo se define desde diferentes enfoques; atendiendo cual es el origen de la vulnerabilidad, y su definición conceptual, haciendo énfasis en los enfoques que la explican y de los que parte su análisis; también se describe lo que mide la vulnerabilidad y cómo se mide, sin dejar de lado el tema de los desastres que se presentan y son derivados de los peligros y amenazas que generaran situaciones de riesgo y combinados con un estado de vulnerabilidad se generan esos escenarios de desastres por efectos de un fenómeno natural.

Con ello, se puede identificar la postura teórica que mejor conviene en la definición de conceptos y primordialmente que sirve para la identificación de variables e indicadores más relevantes para este cálculo de vulnerabilidad asociada a inundaciones; con la revisión y recopilación de material bibliográfico se tiene el primer acercamiento a las fuentes bibliográficas principalmente de los repositorios de instituciones académicas y gubernamentales que apoyan la explicación y ayudan en la descripción de los conceptos centrales sobre la temática de la vulnerabilidad (Hernández y Bautista, 2017).

La segunda fase presenta la analogía de metodologías utilizadas en el cálculo de la vulnerabilidad. Para esta fase de la investigación y utilizando la técnica de investigación documental especializada enfocada en las metodologías que se aplican para calcular la vulnerabilidad asociada a fenómenos hidrometeorológicos, se realizó la búsqueda en fuentes de organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas con su Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, y lo publicado por la Organización Panamericana de la Salud. Así mismo se efectuó un análisis de las metodologías que abordan la vulnerabilidad asociándola con los fenómenos naturales y que se emplean en diversos países, y con ello, poder hacer énfasis en la necesidad de aplicar esa metodología en México.

Esta segunda parte muestra el análisis que se hace a las metodologías que miden la vulnerabilidad en el ámbito internacional y también lo que se ha hecho en México; presentando la manera en que se mide la vulnerabilidad asociada al desarrollo de los

fenómenos naturales con el caso de las olas de calor en Londres, Wolf y McGregor (2013); o la evaluación de la salud al cambio climático de Ponce (2018), en las que se hace uso de diferentes indicadores, tanto sociales como los ambientales para la estimación de la vulnerabilidad; en contraparte, para México se presentan en este apartado el caso de la medición de la vulnerabilidad ante sismos y viento, y el índice de peligro por inundación del CENAPRED, en los que se realizan los cálculos de forma aislada y con operaciones aritméticas simplificadas (suma y división aritmética), para determinar los rangos de vulnerabilidad asociados a estos fenómenos.

La metodología que se revisó en el caso de México fue la punta de lanza para realizar una contrastación entre las ésta y las metodologías internacionales que utilizan diferentes procedimientos para calcular la vulnerabilidad, que hacen una estimación de la vulnerabilidad a partir de tres dimensiones que de acuerdo con el IPCC son relativas a la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de un sistema. Esta metodología aplicada en México es la realizada por Gay y Conde en 2013, en su obra *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México*, en la cual, de forma similar al anterior utiliza indicadores de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa de los sistemas para construir su vulnerabilidad.

Se concluye esta fase con el análisis de las variables que son utilizadas para el cálculo de la vulnerabilidad de las metodologías que anteceden; en contraste se plantea integrar una propuesta propia que conforma una metodología innovadora facilitando la integración de indicadores que, desde este punto de vista, resultan más apropiadas y eficaces para la estimación de la vulnerabilidad municipal asociada a las inundaciones diseñada específicamente para México.

La fase 3, muestra la elaboración de la base de datos para el cálculo del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones en México. En esta investigación de tipo correlacional, también llamada de asociación, se pretende indagar sobre el vínculo y correlación entre diferentes variables para explicar el problema de estudio (Ramírez, Zwerg-Villegas, 2012). Para la elaboración de las bases de datos que se utilizan para el cálculo del IVMI, primero se hace uso de técnicas documentales de fuentes estadísticas como el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), el Consejo Nacional de Población (CONAPO), el Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), y el Instituto Nacional de Ecología (INE), y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

De la misma forma, se apoya la investigación con las técnicas geoestadísticas en las que se realiza la recopilación de datos estadísticos y vectoriales publicados por las fuentes oficiales señaladas anteriormente del Censo de Población y Vivienda 2020 y el

Marco Geoestadístico 2020. La información obtenida de dichas fuentes de información se selecciona en referencia al índice de marginación en el que se integran la dimensión socioeconómica, y para la parte que tiene que ver con la ambiental se reunió la información que se encuentra disponible sobre el registro de las inundaciones que han ocurrido en el país contenidas en el índice de peligro por inundación del CENAPRED, 2016, y con ello es posible realizar la integración de esas dos dimensiones para el cálculo del IVMI que se propone en esta investigación.

Este apartado contiene el contexto territorial en el que se lleva a cabo la propuesta metodológica con la caracterización geográfica del área de estudio en la que se incluyen los aspectos socioeconómicos de la población y el aspecto ambiental de las inundaciones; con esta información se generó la base de datos con la que se lleva a cabo la operacionalización del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones.

La fase 4, cálculo del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones, que a partir de la fase anterior se utilizan herramientas estadísticas para el manejo de las bases de datos en formato dbf y xlsx principalmente, y que pueden ser manipuladas en el software especializado para el cálculo y manejo de bases de datos de gran escala, en este caso se utiliza el IBM SPSS, Statistics, Version 22, con el cual se trabaja la información estadística; y con el índice obtenido se procede a la generación de rangos de la vulnerabilidad con el paquete Microsoft Excel en el que se tiene que clasificar con el método de estratificación de Dalenius y Hodges para definir los mínimos y máximos de cada rango y poder visualizar la información en los cinco grados de vulnerabilidad, que serán Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto.

También se utiliza el Sistema de Información Geográfica ArcGis 10.2, para la integración de las bases de datos con el elemento vectorial de las poligonales que representan las aéreas geoestadísticas municipales de México editadas por el INEGI, para la representación gráfica del grado de vulnerabilidad municipal por inundaciones en México.

En esta fase se plantea la metodología para el cálculo del IVMI que comprende la situación socioeconómica del territorio y el desarrollo de las inundaciones que inciden en el mismo; cabe señalar, que la medición de las condiciones socioeconómicas son las mismas para todas las entidades del país y el indicador de las inundaciones es el que esté registrado para cada entidad federativa y a partir de ello se procede a la estimación del índice.

La última parte son los resultados, con esta parte se concluye este trabajo, junto con el análisis y discusión de resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación y mostrándola contrastación de la vulnerabilidad existente asociada a las inundaciones, y con ello, resaltar la pertinencia de aplicar la metodología propuesta para lograr incidir de

manera positiva en la gestión del riesgo de desastres que existe en México; ya en la parte final un apartado se presentan las conclusiones a las que se llegó con este trabajo.

En específico se obtendrá una representación por municipio de la vulnerabilidad por inundaciones en todo el país, el resultado de todo este trabajo destaca que con la actual metodología del CENAPRED que solo se mide la vulnerabilidad ante sismos, eso amplía la necesidad de contar con una metodología específica para medir la vulnerabilidad asociada a las inundaciones en México, y con ello poder atender la parte de la población que se encuentra más afectada por esta situación y permita la disminución de población vulnerable ante el desarrollo de inundaciones que afectan las zonas con mayor concentración de población y aquellas en las que la población está caracterizada por condiciones socioeconómicas desfavorables.

Con esta metodología se muestra que la vulnerabilidad municipal asociada a inundaciones se compone por los factores socioeconómicos y los ambientales, encontrando los lugares con mayor vulnerabilidad en función de los cinco rangos establecidos que resultan de combinar los indicadores que se proponen para este trabajo, de esta manera se podrá obtener un referente nacional, estatal y municipal que presente el estado de vulnerabilidad de forma precisa y concreta por el uso de diversos indicadores y no solamente por el que muestra que se registra un número de inundaciones.

Encaminados al final del libro se presenta la discusión y análisis de los resultados encontrados, además se muestran los hallazgos encontrados desde el primer apartado de esta investigación con el aspecto conceptual de la vulnerabilidad, lo encontrado con respecto a lo metodológico que fue soporte para el planteamiento propuesto de la metodología para un índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones, y se presentan las consideraciones de lo que significa cada rango de vulnerabilidad encontrado y lo que representan en la realidad.

ACERCAMIENTO TEÓRICO Y CONCEPTUAL SOBRE VULNERABILIDAD Y LAS INUNDACIONES

En esta parte se presentan conceptos relacionados a la conformación de situaciones de vulnerabilidad y los enfoques de carácter teórico que hacen referencia a ésta. Encontrando que su análisis ha sido multidisciplinar con los trabajos de Kanbur y Squire (1999), con un enfoque económico; desde una corriente sociológica abordan la vulnerabilidad Moser y Holland (1997); Kreimer y Arnold (2000), desde la gestión del desastre; Dinar y otros (1998), utilizan el enfoque ambiental, y Gwatkin y otros (2007), lo abordan desde el enfoque de salud; del que se han hecho estudios que persiguen la reducción de riesgo que ocurran daños causados por estados vulnerables de los asentamientos humanos que se ven afectados al momento de que suceden los eventos físicos¹ en los que existe una alta probabilidad de resultar peligrosos tanto para las personas y sus bienes.

Con esto se hace una descripción teórica y conceptual de la vulnerabilidad explicando la forma en que se generan estas situaciones, que podemos observar en comunidades que se encuentran ubicadas en territorios con mayor probabilidad de que ocurra un evento desastroso causado tanto por factores físicos como sociales y que son la causa de esa vulnerabilidad, y por ello se considera como detonante y la causa principal que desencadena los desastres, esto sucede como consecuencia de la cercanía al desarrollo de fenómenos naturales adversos, para esta investigación se consideran las inundaciones que ocurren en el territorio nacional, ahora se hace la descripción de este tema.

ORIGEN DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad social ha existido desde la antigüedad, “durante el proceso evolutivo de la humanidad y de las ciudades el hombre ha estado sujeto a situaciones de vulnerabilidad, primero porque es un habitante más del Planeta en el que la dinámica terrestre le confieren un estado de indefensión y fragilidad ante el desarrollo de los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos a los que está expuesto; y segundo, por su capacidad de hacer frente y resistir los daños que provocan los distintos fenómenos naturales” (Olín, et. al., 2019:309).

Para reducir el riesgo de algún daño de carácter natural o antrópico se han realizado esfuerzos por atenuar esta condición de vulnerabilidad ante fenómenos naturales o producidos por el hombre, identificando las características que predisponen a la población

1. La vulnerabilidad es un concepto utilizado en la relación entre los asentamientos humanos y el desarrollo de fenómenos geológicos e hidrometeorológicos (GAR, 2015) de los cuales se tomarán las inundaciones para esta investigación. La CEPAL, 2005 refiere que los peligros o amenazas derivados de los fenómenos hidrometeorológicos vuelven vulnerable los asentamientos humanos.

a ser vulnerables en el entorno en el que establecen sus asentamientos humanos, entre éstos, se tiene el Informe de Evaluación Global, GAR, que es una evaluación cada dos años para la reducción del riesgo de desastre que también realiza un análisis y la revisión sobre amenazas naturales que afectan a las personas, UNISDR, 2015a.

Con esa intención Cardona, (2001), menciona que para la disminución de los grados de vulnerabilidad se debe prevenir, y en la medida de lo posible predecir situaciones que comprometan la integridad física y de los bienes de las comunidades cuando ocurren los fenómenos naturales. Y es gracias al desarrollo tecnológico y al uso de las aportaciones científicas que se ha logrado aminorar las afectaciones materiales y humanas que se derivan de los fenómenos naturales, tomando las previsiones necesarias para aspectos de ubicación, construcción y planeación de las ciudades.

Al poder identificar aspectos causales y aquellos que generan la vulnerabilidad, ésta claro que ésta aumenta la probabilidad de que se presente un escenario de riesgo para la población y llega a desencadenar desastres sobre los territorios con alguna característica física que causa un riesgo a la población y a los espacios cuyos rasgos geográficos no le confieren la capacidad para ser urbanizados, Ayala-Carcedo y Olcina, 2002; al lograr reunir información sobre esos aspectos, se tendrán condiciones para disminuir las situaciones de riesgo para los nuevos asentamientos humanos y los existentes.

A saber de lo anterior, el riesgo de desastres aumenta considerablemente por los estados de vulnerabilidad que presentan los asentamientos humanos, debido a que “existen amenazas sociales, económicas y políticas del sistema mundial super-industrializado, impulsadas por la globalización, ciencia, tecnología y medios de producción, generando riesgos al someter a la naturaleza por las fuerzas de la modernidad, por ejemplo, al causar daños al ambiente y la destrucción de la naturaleza provocada por la industria se generan efectos negativos sobre la salud, ambiente y el entorno construido” (Olín, et. al., 2019:310).

Bajo esta concepción de corte sociológico se considera a la vulnerabilidad como un estado que responde al carácter global de una parte de la sociedad y que se encuentra en un estado de riesgo, mismo que se genera por sus relaciones e interrelaciones promovidas por las actividades económicas, comerciales e industriales en las que se involucran diferentes países y que por consecuencia afectan todos los estratos sociales que conforman cada territorio, en éste las desigualdades se encuentran marcadas con mayor intensidad en lugares o sectores de la población con más predisposición a resentir daños ocasionados por algún evento derivado de los fenómenos naturales y con un grado de vulnerabilidad muy alto.

Tal como ocurre en territorios ocupados por asentamientos humanos, se observa que, en un sistema abierto o cerrado, complejo o simple existen procesos que intervienen

sobre los factores sociales, económicos y ambientales de la vulnerabilidad. Chardon, 2008, resalta que se generan situaciones de vulnerabilidad por factores sociales derivados de la ausencia y por no aplicar estudios específicos para el establecimiento de los asentamientos humanos. Una sociedad es vulnerable por una serie de factores que intensifican el riesgo de desastre al existir la debilidad de su sistema en los aspectos socioeconómicos y ambientales, González (2009).

Tras la revisión de la literatura sobre la vulnerabilidad se identifica que ésta se genera por diferentes situaciones y por diversos factores como la “ubicación geográfica de los asentamientos humanos que está vinculada con el clima principalmente y las condiciones geofísicas, y, además, por la situación socioeconómica de las personas que están caracterizadas por el grado de desarrollo alcanzado en algún lugar en específico, creando una combinación entre aspectos físicos o naturales y el aspecto social relacionado con las actividades del ser humano” (Olín, et. al., 2019:310).

Como consecuencia de la relación hombre – naturaleza se observa que la susceptibilidad del ser humano ante los fenómenos naturales lo lleva a identificar que el estado de vulnerabilidad se centra en la afectación para el hombre con los daños físicos o incluso con pérdida de vidas, siendo una situación en la que la vulnerabilidad ha ocurrido durante toda la historia de la humanidad, y se observa que es una debilidad y la propensión del hombre a sufrir daños al ocupar el territorio para emplazar sus actividades y relaciones socioeconómicas, y habituales, en las que no se tiene el cuidado de analizar si es pertinente su establecimiento o si lo permite el terreno para poder construir su vivienda y que no sea una zona de riesgo.

Con estados latentes de vulnerabilidad se da un aumento de los daños o desastres cuyos efectos los resiente la población por la pérdida de vidas y enfermedades, además por el deterioro ambiental, en infraestructura, el transporte y los servicios; otra consecuencia de estos daños es la pérdida de patrimonio como la vivienda, ganado y cultivos, entre otros, según lo reporta el Informe de la Evaluación Global de la Reducción del Riesgo de Desastres (GAR, 2015) que para ese año registró pérdidas por desastres aproximadamente de entre 250,000 millones y 300,000 millones de dólares americanos al año. Se entiende entonces qué, cuando un asentamiento humano se encuentra vulnerable o no está preparado ante una amenaza de carácter natural se genera una situación de riesgo, y si las personas se ven afectadas la situación de riesgo produce un desastre. Atendiendo lo anterior, se puede incidir en la reducción del riesgo de desastres y sus consecuencias mediante la prevención y aplicación de propuestas novedosas para medir las condiciones de vulnerabilidad y poder reducirlas.

Con el bagaje que existe sobre el concepto de la vulnerabilidad, ha sido representada

como un estado de indefensión en el que se encuentra “propenso de sufrir algún tipo de daño en lo individual y colectivo e incluso de los bienes materiales que se ha logrado cuantificar, y se puede estimar desde diferentes escalas o rangos a los que precede un conjunto de técnicas estadísticas en las que se organizan las características de las variables objeto de una medición, entre las cuales existen diferentes dimensiones” (Olín, et. al., 2019:314), entre ellas la socioeconómica.

EL CONCEPTO DE VULNERABILIDAD

El concepto de vulnerabilidad ha sido empleado en distintas disciplinas que lo han vinculado a las afectaciones y sensibilidad de la población de ser dañada y comprometer su salud derivada de los eventos físicos adversos, y ante eso, la Pan American Health Organization (PAHO) definió a la vulnerabilidad como la susceptibilidad, y en otras palabras, el riesgo en el que la población está expuesta al momento de ocurrir algún fenómeno natural, que por su potencia destructiva es considerado una amenaza natural, lo que eleva las probabilidades que desencadene un desastre, (Icumi, et. al., 2008).

De acuerdo con Martuccelli (2017), la vulnerabilidad se manifiesta por la debilidad de una sociedad que se ha desarrollado durante la historia del hombre por el corto periodo de vida que tiene, esto es, por el contexto temporal de las generaciones que están en constante riesgo, primero por esa expectativa de vida y también por el lugar en que ubicaron su vivienda y donde desarrollan sus actividades sociales y comerciales. Es en cierto modo una constante y condicionante a la que está sujeto el ser humano, ante situaciones adversas por el desarrollo de eventos físicos que comprometen su integridad y los bienes que posee. Por esto se requiere analizar e identificar las causas de la vulnerabilidad para reducir dichos estados vulnerables actuales y futuros.

Con otro punto de vista, la vulnerabilidad predispone al ser humano a recibir daños ante una amenaza física o natural por considerar que se es vulnerable a causa de aspectos socioeconómicos y por supuesto ambientales cuya relación afecta en mayor medida las comunidades que no han desarrollado estrategias de mitigación y fortalecimiento que prevenga un escenario de desastre; ese es el punto de partida para minimizar los estados de vulnerabilidad de las sociedades ante los fenómenos naturales que ponen en riesgo a la población, Foschiatti (2004).

Una postura similar la tiene Béné (2018), al mencionar que la sociedad es vulnerable ante el aumento de los peligros que se crean por el cambio climático. En ese contexto, el impacto de los fenómenos hidrometeorológicos y sus efectos pueden desencadenar desastres y afectaran a las personas con mayores desventajas y condiciones más desfavorables de vida, particularmente en las zonas con mayor riesgo por la ubicación en

áreas no adecuadas para el establecimiento de los asentamientos humanos, sobre todo para aquellos que sus condiciones socioeconómicas de pobreza y marginación no les permiten afrontar el embate de algún evento natural que resulte peligroso ante la amenaza de la destrucción del entorno y la pérdida de vidas.

Diferentes autores² han identificado varios campos del conocimiento en los que se ha explorado la vulnerabilidad, para Ruíz (2012), existe una estrecha relación entre los peligros que se derivan de los fenómenos naturales y los asentamientos humanos cercanos a éstos. Por eso que es una construcción hecha por los factores físicos y los sociales y que se intensifica por los aspectos ambientales y socioeconómico que comprometen el bienestar de las personas.

García (2015), menciona que desde la antigüedad el hombre está sujeto a las condiciones de vulnerabilidad por el medio en que vive, por los problemas derivados de los fenómenos naturales o físicos que afectan principalmente a la población más vulnerable, y que está condicionada a sufrir mayores daños por el desarrollo de los eventos naturales por sus características socioeconómicas y de la preparación para resistir los desastres en los que se daña su entorno y en algunos casos la pérdida de vidas.

De acuerdo con el IPCC (2007), la vulnerabilidad está asociada al desarrollo de los fenómenos físicos. Para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático se concibe como el nivel de susceptibilidad ante el embate de los eventos físicos con la debilidad por enfrentar los daños que se producen por efectos del cambio climático, y se mide con base en la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa de un territorio y su comunidad.

Ayala-Carcedo y Olcina, (2002), señalan que la exposición incluye a la población y el entorno de ésta, que en su conjunto están expuestos a sufrir los embates causados por los eventos naturales adversos; la sensibilidad es el grado en que se resienten los daños a causa de fenómenos naturales extremos y que por su intensidad o magnitud los daños que ocasionan son la medida estimada del desastre; y la capacidad adaptativa que considera la preparación que se tiene para hacer frente al ocurrir los desastres, es decir, que se mide que tanto puede recuperarse un sistema cuando es sujeto de experimentar los impactos derivados de los eventos adversos.

De la Cruz y otros, (2014), consideran que los problemas como el asentamiento de comunidades en zonas de riesgo, la marginación y los niveles de pobreza en poblaciones demasiado aglomeradas, son atenuantes de los aspectos negativos de la ciudad. Al no haber control en los procesos de la acelerada urbanización, que son los precursores de la

2. La vulnerabilidad es analizada desde el enfoque de salud que considera el acceso a servicios de salud y seguridad social; el económico que alude a los estados de pobreza que son precursores de un estado de vulnerabilidad mayor porque ya se encuentran con deficiencias; y de los ambientales con el análisis de la relación entre el ser humano y su entorno en el que se construye el escenario de vulnerabilidad, entre ellos destacan Alwang y otros (2001), Kanbur y Squire (1999), Kreimer y Arnold (2000) y Gwatin y otros (2007).

proliferación de esos asentamientos irregulares que afectan el paisaje al ubicar vivienda en laderas de los cerros o rivera de los ríos. Como ejemplo, uno de los casos de México en el Estado de Tamaulipas al sur de esta entidad con la ocupación de grandes superficies de humedales por asentamientos humanos carentes de normatividad apegada a los reglamentos de la planeación urbana, terminan por construir sobre esos terrenos no aptos para la edificación, y al rellenarlos para reducir el peligro de inundación se asume que ya no existe el riesgo, sin embargo en temporada de lluvias se inundan por el curso natural del agua sobre el terreno, que como se mencionó anteriormente eran humedales.

Con base en esta revisión bibliográfica se identifica que las vulnerabilidades se construyen socialmente por la falta de estudios sobre planificación territorial que pasan por alto las señales de peligro y advertencia por el establecimiento de los asentamientos humanos en determinado territorio. Muchas de las veces se pasa por alto establecer asentamientos humanos sobre el territorio omitiendo los estudios adecuados al terreno de ubicación, por ejemplo, al “margen de ríos, lagos o los cuerpos de agua para tener acceso al vital líquido, sin tomar en cuenta que esas zonas son consideradas de riesgo, porque se encuentran expuestas a eventos naturales o antrópicos y pueden afectar la infraestructura, los servicios básicos y poner en riesgo bienes materiales y la seguridad de sus habitantes” (Olín, et. al., 2019:312); por situaciones como esas conviene describir los diferentes enfoques de la vulnerabilidad para contextualizar este concepto.

En este libro se presenta la definición del concepto de vulnerabilidad con un enfoque integrador de los aspectos socioeconómicos y físicos del territorio y su población para entender la vulnerabilidad, por lo que en ese contexto y de acuerdo con los argumentos anteriores se plantea esta definición que enmarca el estudio de la vulnerabilidad como la exposición de las comunidades a sufrir daños por el peligro al que se ubican por las amenazas derivadas del clima. Es una realidad que existen diferentes escenarios que muestran los estados de vulnerabilidad de las ciudades que están caracterizados por los aspectos socioeconómicos y ambientales, además de los financieros e institucionales. En seguida se describen las diferentes posturas con relación al concepto de la vulnerabilidad.

Los enfoques de la vulnerabilidad

“El termino de vulnerabilidad es adaptado en diferentes disciplinas para expresar una situación de desventaja de un individuo o grupos de personas ante el impacto de la fuerza de algún fenómeno natural o peligros producidos por el hombre” (Olín, et. al., 2019:312). Este análisis de la vulnerabilidad se conforma a partir de la postura de diferentes disciplinas, en primer lugar, se observa desde la economía, identificando la pobreza, la falta de alimento y el rezago que presentan las localidades menos desarrolladas; después la

sociología con el análisis de la gestión de los desastres; una visión más es desde la parte ambiental y finalmente se estudia la parte vulnerable de la sociedad por el área de la salud, según lo reporta Alwang y otros, 2001.

El primer enfoque de lo económico en el que Kanbur y Squire (1999) presentan los estados de pobreza como la parte vulnerable de una sociedad, lo señalan de ese modo porque la pobreza representa mucho más que tener poco, en este caso se complica el escenario porque se corre el riesgo al estar en situación de pobreza de perder lo que se tiene. Con respecto a eso, los niveles de vida se miden por la capacidad de ingreso de las personas, que al mejorar las condiciones económicas los estados de vulnerabilidad se reducirían considerablemente al existir los medios que aporten mayor seguridad de todos los aspectos socioeconómicos de la población. (Ravallion, 1996).

Por su parte, para Moser y Holland (1997), con su enfoque sociológico describen que la población vulnerable realiza acciones intentando superar ese estatus y calidad de vida desarrollando la mejor estrategia para mantener ese equilibrio que le permita en familia tener el control de situaciones que puedan surgir por un desequilibrio económico y eso repercute inevitablemente al interior de las familias y en la conformación de la integración social.

Kreimer y Arnold (2000), hacen su aporte para analizar la vulnerabilidad con la gestión de los desastres, estos autores sostienen que hay una interrelación entre los estados vulnerables de la sociedad y el desarrollo de los eventos físicos. Explican que se presentan estas situaciones de vulnerabilidad social por la interacción de aspectos socioeconómicos y para la disminución del riesgo de desastres porque se realizan acciones desde área de la sociedad tendientes a plantear acciones para minimizar esta situación. En este sentido y de forma similar hay una postura que interpreta a la vulnerabilidad como la interacción de la naturaleza y los asentamientos humanos, de la que surgen los estados de vulnerabilidad por la cercanía al desarrollo de eventos peligrosos en donde la población queda expuesta al impacto de esos fenómenos naturales, que con los registros que se tienen de los últimos años es derivada de variaciones climáticas, y propiamente a causa del cambio climático (Dinar y otros, 2018).

Gwatkin y otros (2007), presentan una postura enfocada en la parte de la salud de las personas, en la que resultan vulnerables por la posición de desigualdad y marginación en la sociedad por su estatus de salud y derechohabiencia a los servicios de salud, entre los que se identifican también los aspectos de nutrición, la mortalidad y natalidad que en conjunto determinan condiciones de salud de la población de pequeñas comunidades y de las grandes ciudades.

Estos enfoques coinciden en apuntar la vulnerabilidad como un momento en que se

es susceptible de recibir algún daño o encontrarse en situaciones predispuestas a resentir afectaciones provocadas por el embate de fenómenos naturales y, al existir condiciones desfavorables marcadas por marginación, desigualdades y pobreza se incrementan los impactos negativos que afrontan países de bajos ingresos. Por lo tanto, se requiere la conjunción de diferentes técnicas para identificar qué parte de la población resultaría más afectada por el desarrollo de un fenómeno natural y para ello, se han elaborado metodologías que miden los factores sociales, económicos y ambientales que conforman la vulnerabilidad y poder plantear acciones para su disminución.

La vulnerabilidad se hace visible y manifiesta los estragos que reciente la población al momento de ocurrir los desastres con todas las implicaciones que deriva la pérdida de vidas, el deterioro del entorno construido y todo lo que se encuentre en su territorio, pero al comenzar a reconstruir o recuperarse se observan los problemas económicos que frenan esa recuperación por existir condiciones vulnerables en cada sociedad. Ante ello, surgió el Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres (GAR, 2015), documento cuyo objetivo es mostrar los efectos que causa esa alteración climática provocando muerte de personas y un gasto económico exorbitante del que según datos de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR, 2015a), se pierden al año alrededor de trescientos millones de dólares al año.

Al presentarse esta condición, los estados de vulnerabilidad empeoran los escenarios de desastres y son mayores cuando una comunidad es vulnerable y no tiene la preparación para enfrentar los efectos causados por los eventos naturales y cuya capacidad mantiene escenarios de riesgo, este es un problema que al involucrar asentamientos humanos y fenómenos naturales hay una alta probabilidad que desencadene en desastre. El análisis de las posturas con las que se observa la vulnerabilidad ayuda para definir mecanismos con los que se alcance a medir tanto aspectos socioeconómicos como los ambientales como causales de situaciones vulnerables y tener la posibilidad de reducirlas o minimizarlas para mejorar las condiciones de vida de la población.

El aspecto de vulnerabilidad de las personas se ha estudiado con el desarrollo de diferentes metodologías para la medición de la vulnerabilidad desarrolladas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo que elabora un Informe de la Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 (GAR15³), también se incluye a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y en este ámbito internacional está la Organización Mundial Meteorológica (OMM); para el caso de México se cuenta con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), organismo que realiza una estimación de la vulnerabilidad solo que de forma aislada, utilizando

3. The Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR)

aspectos sociales económicos y ambientales, sin embargo, como se mencionó antes, lo hacen de forma aislada, sin integrar las variables ni indicadores que de cada aspecto que se considera como factor de la vulnerabilidad.

Para atender situaciones de vulnerabilidad en el ámbito mundial desde de 1990 se implementó el uso de indicadores de los aspectos socioeconómico y de los ambientales con el propósito de estimar los estados de vulnerabilidad de la sociedad que estuvieran vinculados con el desarrollo de los eventos naturales de carácter hidrometeorológico, de lo que surgió una reflexión de que al estudiarlos y analizarlos de esta forma generarían un resultado sencillo e individual del fenómeno estudiado, pero que si se interrelacionan diferentes indicadores se obtendría un resultado más completo. Un caso específico lo presentan Briggs, Corvalán y Nurminen, (1996), con la combinación de diversos indicadores relacionados con enfermedades respiratorias, de los que se vincula la población que está por default expuesta a la contaminación por el smog, y al integrarse generar un indicador que muestra esa relación entre la contaminación del aire y las enfermedades respiratorias, además del dato de cada uno de estos indicadores.

Por situaciones como la anterior, en Estados Unidos con el Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental se propusieron ayudar y contribuir con el desarrollo sostenible con el diseño de indicadores para lograr medir la vulnerabilidad de las personas, planteando una idea de aplicar nuevas herramientas o técnicas que integren diferentes variables e indicadores con la finalidad de obtener un índice que abarque todos los aspectos socioeconómicos y los ambientales en la estimación de los estados vulnerables de la sociedad, Balbus (2013).

Estos indicadores deben incluirse en las metodologías que miden la vulnerabilidad de las personas ante los efectos derivados de esa variación climática, tomando en cuenta que la aglomeración de las personas en las ciudades las vuelven más vulnerables por la condición de hacinamiento que se desencadena, y ese proceso incrementa la exposición de la población a los embates derivados del cambio climático, sin olvidar que esta situación se agrava por efectos de la marginación, pobreza, inequidad, falta de cobertura y abasto de necesidades básicas, al igual que la contaminación, el deterioro ambiental y la ausencia u no aplicar la planeación urbana, que en todo su conjunto mantiene a la sociedad condicionada a los estados de vulnerabilidad actual y futura, (Aparicio, 2013).

Ante el acelerado ritmo de crecimiento económico y de urbanización en países como el nuestro, uno de los retos fundamentales es estar preparados ante el riesgo de desastres a causa del desarrollo de los fenómenos hidrometeorológicos y geológicos que ocurren en el territorio nacional del mismo modo a los que se está expuesto, atendiendo esto, la intervención de los gobiernos es trazando proyectos, programas para la disminución,

prevención y mitigación de riesgos (Puente, 2018) a través de la planificación oportuna de los nuevos territorios y de la expansión de las zonas urbanas existentes y de los pequeños núcleos de población, con la creación de nuevas medidas que disminuyan la vulnerabilidad actual y futura; en el México actual con ciudades que concentran a la población se convierten en focos de atención por eventos naturales a los que se está expuesto, por ello se presenta esta vertiente urbana de la vulnerabilidad asociada los fenómenos hidrometeorológicos.

Aparicio (2013) subraya que la vulnerabilidad se incrementa con los efectos del cambio climático porque se han vuelto más evidentes, y el aumento de concentración de la población también incrementa la vulnerabilidad asociada al cambio climático en las zonas urbanas y rurales, porque la urbanización coadyuva a la exposición de personas al impacto de la variabilidad climática con los fenómenos hidrometeorológicos, porque existen condiciones de pobreza, desigualdad, restricción de servicios básicos, contaminación y falta de planeación urbana, que son problemas en la sociedad que la mantienen en un estado de vulnerabilidad persistente y difícil de erradicar.

El estado de vulnerabilidad de un territorio, comunidad o ciudad aumenta la intensidad de los desastres ante el desarrollo de los fenómenos naturales, por ello es indispensable articular la dimensión socioeconómica y la ambiental para identificar las condiciones de debilidad que mantienen a las personas en un estado vulnerable (CEPAL, 2005). Para la Organización Panamericana de la Salud (2013) cuyo principal objetivo es el goce del grado máximo de salud como derecho fundamental del ser humano, particularmente para los grupos más vulnerables, promoviendo que la cuestión ambiental, la pobreza y la falta de gobernanza, que son los factores clave de la vulnerabilidad, puedan ser atendidos en planitud al enfocarse especialmente en los grupos de bajos ingresos y en aquellos lugares donde existe el riesgo de que sucedan fenómenos hidrometeorológicos puedan mitigar esa condición, formulando políticas y planes que contribuyan a disminuir las vulnerabilidades.

En el caso del CENAPRED para México se ha hecho el análisis de la vulnerabilidad centrado en las áreas con mayor población por el riesgo que representan los peligros naturales para la seguridad de las personas que se ubican en territorios densamente poblados en los que al ocurrir algún fenómeno natural se genera un escenario de riesgo de desastre.

Esa es la forma en que se ha hecho en México el análisis de la vulnerabilidad con relación a los sismos y volcanes por ejemplo de la Ciudad de México y los municipios de su zona conurbada, porque son lugares que desde la conformación de estas ciudades, han concentrado la mayor parte de la población en el país; lo que ha dejado de lado la parte del estudio de la vulnerabilidad hacia los fenómenos hidrometeorológicos que también ocurren en el país, pero en zonas menos pobladas, por lo que se debe trabajar en realizar el estudio

contemplando todo el territorio nacional.

Como conclusión de este punto, y tras la revisión de los enfoques mencionados, se identifican aspectos que se toman como ejemplo para el planteamiento de la propuesta metodológica de esta investigación. Confirmando la idea de que “la vulnerabilidad es un estado en el que la población y los bienes se encuentran expuestos a sufrir daños ante la presencia de una amenaza por los fenómenos naturales o sociales; estos factores conforman un escenario de riesgo porque existen diferentes grados de vulnerabilidad que está condicionada por diversos factores que la provocan, entre ellos, los aspectos ambientales, sociales, económicos, institucionales, entre otros” (Olín, et. al., 2019:314).

IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

Ante los estados de vulnerabilidad y con base en los aspectos socioeconómicas de las personas ante las amenazas y peligros en el territorio, resulta necesario contar con la información de cada uno de esos factores para estar en posibilidades de realizar los estudios, análisis y estimaciones necesarias antes de que se desencadene un desastre, con ese fin de evitar que estos ocurran, se debe contar con las técnicas y métodos adecuados para reducir los escenarios negativos cuando ocurren los desastres, (UNISDR, 2015b).

“Cada elemento en la conformación de los desastres tiene sus características específicas, primero, en el caso de los fenómenos físicos o naturales que son eventos que no producen un desastre, sino al establecer los asentamientos humanos en zonas propensas a ellos, éstos se convierten en eventos peligrosos para el ser humano, en ese sentido, se hace una descripción de las amenazas o los peligros a los que se está expuesto y junto con las características socioeconómicas se prevé un estado de vulnerabilidad y un escenario de riesgo” (Olín, et. al., 2019:314), que pueda derivar en desastres

Estas afectaciones o daños que puede sufrir la población y su entorno son considerados desastres, y se presentan cuando se desencadenan fuerzas y energía de la naturaleza que por su potencia destructiva se convierten en amenazas en un entorno que presenta determinada debilidad ante ellas, y al existir algún tipo de asentamiento humano se generan los peligros a los que están expuestos los bienes y el ser humano. La vulnerabilidad incide en la intensidad de los desastres, por ello es indispensable articular la dimensión socioeconómica y la ambiental para identificar las condiciones de debilidad que mantienen a las personas en un estado vulnerable, CEPAL (2005).

Se debe identificar los factores que intervienen en la vulnerabilidad de un territorio cuando éste sufre afectaciones derivadas de los fenómenos hidrometeorológicos y que causan pérdidas materiales y de vidas humanas a lo largo de la historia, y afectan en alguna manera el crecimiento y desarrollo de los países en donde ocurren, según lo presentan

Maqsood y otros (2014) con el informe GAR15 “La función de la Vulnerabilidad Regional” en el que se remarca la necesidad de mejorar las acciones para la reducción del riesgo de desastres a través de tener mejor conocimiento de los componentes de la vulnerabilidad.

Para comprender esto con mayor objetividad, en los siguientes puntos se abordan los conceptos que tienen que ver con la vulnerabilidad, se presenta la descripción de los elementos que interactúan en ella, y conociendo cómo ocurren los desastres a partir de lo que señala la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR, 2015a); comprendiendo además que en estas situaciones se interrelacionan diversos factores de tipo natural o físico con los que está expuesta la población (que es el otro factor) y más aún por la cercanía al desarrollo de éstos; al existir esa relación del asentamiento humano y la amenaza se crea un escenario de riesgo y es muy posible que por efectos de los fenómenos hidrometeorológicos adversos se desencadene un desastre.

Tipos de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se ha estudiado por diferentes posturas, desde el aspecto de la población que compromete sus bienes o su persona, hasta identificar las características que los hacen vulnerables por algún factor o “dimensión con diferentes variables o rasgos consideradas como un elemento que presenta debilidades y un escenario desfavorable ante el embate o impacto negativo derivado de las fuerzas de la naturaleza que se pueden manifestar con gran intensidad, y ello genera daños considerables sobre la población y el entorno construido” (Olín, et. al., 2019:315).

Para analizar la vulnerabilidad se propone el análisis de dos dimensiones, una la socioeconómica y la otra ambiental que agrupan diversas variables a medir, en la primera se incluye la población en diferentes categorías de organización como niños, adultos, adultos mayores, etc., considerando también aspectos como la “infraestructura y formas de producción y de las actividades económicas, por su parte, la cuestión ambiental está conformada por los elementos del medio natural que pueden ser dañados ante una situación de emergencia por inundaciones, incendios, derrumbes, y demás fenómenos naturales sobre el territorio” (Olín, et. al., 2019:315), y con ello lograr integrar una forma de medir la vulnerabilidad de la sociedad.

Para identificar el tipo de vulnerabilidad en el aspecto social, Wilches-Chaux (1989) define una clasificación de la vulnerabilidad a la que la sociedad está expuesta, considera que hay vulnerabilidad natural, física, económica, política, técnica, ideológica, educativa, cultural, ecológica, institucional y social, ésta última se desencadena cuando hay poca organización e integración de la sociedad que se encuentre en riesgo, y esa limitante atenúa su capacidad para disminuir y evitar situaciones de desastres.

Wilches-Chaux (1989) sostiene que la suma de los componentes de la vulnerabilidad global debe ser el centro de atención para disminuir y prevenir los desastres, tomando en cuenta que son producto de los factores físicos y humanos; con esa idea se pueden generar las pautas para identificar situaciones de vulnerabilidad a partir de la investigación y aplicación técnicas de lo social y lo físico porque existe correlación en estos aspectos que determinan los estados de vulnerabilidad sobre el territorio.

¿Cómo se mide la vulnerabilidad?

Existen metodologías que surgen porque al ocurrir los desastres como producto de la interacción entre las amenazas naturales y las acciones humanas, caso común en países de bajos ingresos en el que los daños o desastres no sólo involucran las fuerzas de la naturaleza, ni son un evento aislado, sino que por la concentración de personas de las ciudades se convierte en una situación persistente, además de que las condiciones económicas frenan la recuperación ante los eventos anteriores, es decir, son una constante en la que está presente por una parte, el desarrollo de fenómenos naturales y por otra las condiciones socioeconómicas desfavorables que mantienen un escenario latente del riesgo de desastres, (Wisner y otros, 2003).

En las metodologías de Wolf y McGregor (2013) y Ponce, (2018) explican que la vulnerabilidad se mide haciendo referencia a las diferentes dimensiones ya sean sociales o económicas, de las cuales se conforman las situaciones de vulnerabilidad; considerado su naturaleza se miden por la intensidad o el grado de susceptibilidad que tienen, entendiendo, por ejemplo que una inundación provoca daños diferentes zonas sobre el territorio, pero al interior de esa área existen otras que concentran gran parte de la población, y éstas tienden a resultar más afectadas, primero por esa concentración de población y segundo, por las condiciones socioeconómicas desfavorables de las personas que ocupan las áreas con mayor inundación.

Con la revisión del trabajo de Wolf y McGregor (2013) y Ponce, (2018), se puede inferir que para medir la vulnerabilidad de la población se analiza el factor que la causa, puede ser ante las olas de calor, por la sequía, los incendios, por los demás fenómenos hidrometeorológicos como lluvias intensas, inundaciones, granizadas, heladas, bajas temperaturas, ciclones tropicales, etcétera, en general por efectos principalmente derivados del clima, y también, están considerados los fenómenos geológicos como sismos, deslizamientos de tierra y erupciones volcánicas.

Una de las técnicas para medir la vulnerabilidad utiliza herramientas con mayor complejidad que los métodos simplificados, lo más avanzado se aplica en países desarrollados en comparación con los métodos utilizados en países de bajos ingresos,

más adelante se presentan algunos ejemplos donde la característica principal es utilizar programas avanzados de “cómputo con software especializado, y por ejemplo para el caso de México se utiliza un criterio simplificado para estimar los datos de vulnerabilidad lo que genera resultados parciales en la explicación de la vulnerabilidad” (Olín, et. al., 2019:315).

Existen diversos factores que causan los estados de vulnerabilidad, entre ellos, la estabilidad la situación económica, los niveles de vida para los estratos de niños, jóvenes y ancianos, como parte del grupo de personas de escasos recursos monetarios, de ahí que en esta investigación se encontró una estrecha relación entre los aspectos socioeconómicos y ambientales a partir de lo que presenta la CEPAL (2005) mencionando que los *desastres no son naturales* sino que se constituyen a partir de la interacción de las personas y el entorno donde ocurren los fenómenos naturales.

EL ESTADO DE VULNERABILIDAD

Los estados de vulnerabilidad son situaciones que determinan la posibilidad de recuperación ante el desarrollo de algún fenómeno natural que comprometa la integridad de las personas y sus bienes, ese aspecto promueve la necesidad y la importancia de realizar estudios y el análisis pertinente de las causas de un estado vulnerable para disminuir esas debilidades y prevenir los escenarios de riesgo de desastres.

Con el análisis de los estados de la vulnerabilidad social, se identificó que la “relación directa con una situación de vulnerabilidad se presenta cuando se genera un desastre derivado de las fuerzas naturales, ya sea geológico o hidrometeorológico, en los cuales resulta afectada principalmente la población y el entorno” (Olín, et. al., 2019:315). Específicamente se deben realizar los estudios que describan, identifiquen y señalen las causas que provocan y mantienen los estados vulnerables de la sociedad en condiciones más desfavorables y que tienden a desencadenar los desastres, y para comprender el contexto que tiene que ver con la vulnerabilidad, se describe también el concepto de desastre en el siguiente punto.

Con el análisis de los factores, las causas de la vulnerabilidad y los enfoques con que se estudia este concepto se tiene que “cuando un asentamiento humano se encuentra vulnerable o no está preparado ante una amenaza de carácter natural, se genera una situación de riesgo; si las personas se ven afectadas la situación de riesgo deriva en un desastre. Ante esto, se puede incidir en la reducción del riesgo de desastres y sus consecuencias mediante la prevención” (Olín, et. al., 2019:314).

Desastres

Una de las metas para estas generaciones y en la actualidad es “alcanzar el

desarrollo sostenible para los países de bajos ingresos superando que tiende a ser más complicado cuando ocurren los desastres porque al materializarse los riesgos a los que está expuesta la población por los fenómenos naturales, los impactos que sufren los asentamientos humanos ocasionan mayores pérdidas en países menos preparados que otros” (Olín, et. al., 2019:316), estas ideas están expresadas así:

“El desarrollo urbano socialmente segregado genera a su vez nuevos patrones de riesgo de desastres. Los hogares de bajos ingresos suelen verse forzados a ocupar zonas expuestas a amenazas con terrenos de poco valor, infraestructura y protección social deficientes o inexistentes y niveles elevados de degradación ambiental.” (UNISDR, 2015a).

De acuerdo con la CEPAL (2005) los desastres son “la destrucción parcial o total, transitoria o permanente, actual o futura de un ecosistema en el que se ven afectado el ser humano por la pérdida de vidas humanas, del medio y de las condiciones de subsistencia; éstos se presentan cuando se desencadena una fuerza o energía potencialmente destructiva que representa particularmente una amenaza en un medio caracterizado por condiciones adversas y de debilidad” (Olín, et. al., 2019:316) y por la poca o nula capacidad de recuperarse ante de los efectos producidos por las inundaciones; dicha situación refleja esa vulnerabilidad que, al ser medible, también sirve para estimar el grado y capacidad para lograr la recuperación, y en otras palabras o es la que define la magnitud de los desastres.

Wisner y otros (2003), coinciden que “cuando ocurre un desastre se debe investigar su origen, es decir, en un evento geofísico es importante conocer las causas implicadas en su desarrollo, incluyendo los casos cuando existe un peligro derivado de un fenómeno físico porque éste se relaciona directamente con factores sociales y económicos que causan la vulnerabilidad; por ello, se deduce que la vulnerabilidad se crea por procesos sociales y económicos impulsados además por peligros naturales que afectan en diferentes formas e intensidades a la población” (Olín, et. al., 2019:316).

El tema de los desastres tiene relación directa con los estados de “vulnerabilidad como un factor socialmente construido según Bartolomé (2006) o como lo expresa Kaztman (2000) partiendo de una problemática social que es causada por las desigualdades producto de las fuerzas del mercado en la que se crea una situación de vulnerabilidad por la marginación y segregación social en la que existe una incapacidad de sobreponerse ante el embate de un evento natural adverso” (Olín, et. al., 2019:316).

En Olín, et. al., (2019:316), se muestra que los desastres no siempre “son causados por la naturaleza, sino que son un producto social, en ese sentido, se explica que un huracán es causado por las fuerzas de la naturaleza, y lo que lo convierte en un evento peligroso para el ser humano y presenta un riesgo latente de generar un desastre es por malas decisiones y prácticas ineficientes del sistema productivo”, y por la falta de la planeación

territorial como factores subyacentes del desarrollo que afectan y comprometen de manera directa la integridad de la población con mayor vulnerabilidad y de las que son parte de asentamientos humanos establecidos en zonas de riesgo al construir su vivienda en zonas de peligro como las riberas de los ríos o territorios accidentados y de acceso limitado, lo que complica el escenario al momento en que se desarrolla un evento inesperado como las inundaciones.

De acuerdo con lo que se ha presentado en relación al desastre, éste se genera por la “consecuencia de un sistema mal organizado y poco planeado, en el que se compromete la seguridad de las personas por la falta de previsión de situaciones con riesgo de desastre, es decir, la falta de estudios sobre la ubicación de asentamientos humanos, en los que no se ha identificado el tipo de suelo, su localización en la cuenca hidrológica y la pendiente misma de terreno, vuelven incierta la condición de seguridad de la capacidad que tiene el suelo para resistir las actividades que se proyecten sobre él, y ello es reflejo de una deficiente planeación y ordenación del territorio, en la que se muestra que la construcción de un desastre depende principalmente de las condiciones que vuelven vulnerable un asentamiento humano, es decir, de las condiciones sociales poco adecuadas y que favorecen el riesgo de derivar en situaciones de desastre ante el desarrollo de los fenómenos naturales” (Olín, et. al., 2019:316).

Amenazas o peligros

En general todo evento natural como una erupción volcánica, aunque ocurra en despoblado y “que no afecte al ser humano es un fenómeno natural y no una amenaza natural, y sólo cuando éste ocurre en un área poblada ya es catalogado como un evento peligroso y se convierte en una amenaza de tipo natural definido como los sucesos del ambiente que resultan peligrosos para el hombre y su entorno Burton, Kates y White (1978)” (Olín, et. al., 2019:317).

En Olín, et. al., (2019:317), se menciona que “no hay asociación directa entre el fenómeno natural y la ocurrencia de un desastre, sólo si el primero es considerado una amenaza de desastre es porque existe una sociedad susceptible a su potencial daño, como las inundaciones, que resultan una amenaza natural cuando existe una sociedad propensa a sufrir los daños y pérdidas sociales y económicas sobre ella” según lo reporta la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2004).

El Instituto para el Medio Ambiente y la Seguridad Humana (UNU, 2007) explica que una que una amenaza al preceder al peligro para la población se registra como un factor con el que se producen afectaciones comprometiendo la integridad en grande manera de los asentamientos humanos tomando en consideración que los fenómenos naturales

sucedan en cualquier parte del Planeta, incluyendo áreas pobladas y las que no.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2005) destaca “que las amenazas dependen de la energía o fuerza potencialmente peligrosa del fenómeno que las produce, cuando existe la posibilidad de desencadenarse y también del agente que actúa como el detonador que las activa, provocando un estado de vulnerabilidad que está en función del grado de exposición, la protección preestablecida, la reacción inmediata, la recuperación básica y la reconstrucción que sean previstas para anticiparse a un desastre” (Olín, et. al., 2019:317).

Para el Instituto de Medio Ambiente y Seguridad Humana (UNU, por sus siglas en inglés, 2007), “aquellos que son más vulnerables a los fenómenos naturales son los grupos marginados como la población en situación de pobreza, las mujeres, niños y ancianos, que tienden a resultar más dañados por el impacto de los desastres, y ello, es causado por una amenaza ya sea de tipo natural o social y son consideradas como los factores que contribuyen a la vulnerabilidad” (Olín, et. al., 2019:317).

Para la CEPAL (2005), se considera que de acuerdo a su origen las amenazas desencadenan algún tipo de desastre que se caracterizan por su intensidad y los aspectos geográficos de la región, además, de los sectores sociales, productivos y de infraestructura que resultan afectados; estos factores colocan a las comunidades a estar expuestas y a resentir daños producidos por “eventos naturales extremos, aunque no siempre derivan en desastres, es decir, sólo ocurre un desastre cuando existen condiciones de vulnerabilidad y los fenómenos naturales con potencial destructivo sobre un territorio que son identificados como amenaza” (Olín, et. al., 2019:317).

La Estrategia para la Reducción del Riesgo de Desastres (ISDR, 2009) muestra que las amenazas se convierten en peligros cuando “están asociados con la actividad humana por una condición o situación peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Por lo tanto, una situación peligrosa es construida por desestimar situaciones o amenazas físicas propias del territorio en el cual se establecen los asentamientos humanos” (Olín, et. al., 2019:317).

Por su parte, y de acuerdo con Olín, et. al., (2019:317), el IPCC (2012) define que el peligro es “el potencial suceso físico inducido por el hombre que causa pérdida de vidas o daños a las personas y su propiedad como bienes y recursos ambientales; estos eventos físicos son peligrosos cuando los elementos sociales son expuestos a su impacto o existen condiciones bajo las cuales se pueden predisponer a sus efectos, por consiguiente, un peligro denota una amenaza o efectos potenciales adversos, más no un evento físico en sí”.

El Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastre

(GAR2015) “hace referencia a los fenómenos peligrosos como las inundaciones, tormentas, sequías y terremotos, entre los que también destacan los procesos, como la urbanización, la degradación ambiental y el cambio climático que configuran y dan forma a las amenazas a la sociedad, por la exposición de personas, sistemas de producción, infraestructuras, viviendas y otros activos tangibles humanos en zonas propensas a amenazas en las que se estima la vulnerabilidad que representa la susceptibilidad de estos a sufrir daños y pérdidas debido a situaciones socialmente construidos y que provocan escenarios con condiciones inseguras y peligrosas en los entornos, a los que también se espera tengan la capacidad de prever, absorber o amortiguar las pérdidas y poder recuperarse” (Olín, et. al., 2019:317).

Con base en esto, para Olín, et. al., (2019:318), es indiscutible que “ya sea amenaza (*Hazard*), como se encuentra en la mayoría de los textos en idioma inglés, o bien, un peligro, que es lo habitual para referirse a los eventos asociados a los fenómenos naturales en la literatura de lengua hispana, es un momento que se crea en presencia de dos elementos, un fenómeno natural y un asentamiento humano; entiéndase que puede fluir el agua de un río de forma natural, pero si se establece o construye vivienda en la cercanía y orilla del río, cuando se presenten lluvias intensas es altamente probable que aumente el nivel y la corriente de éste y provoque inundaciones en los terrenos inmediatos, y ello comprometa las construcciones y edificaciones que se hayan ubicado en las inmediaciones de los ríos”. Queda, sin embargo, una diferencia con el concepto de *peligro* que se considera una advertencia de que pueden ocurrir daños por la cercanía al desarrollo de los fenómenos naturales, y la *vulnerabilidad* que es el estado que presenta un territorio para hacer frente al momento de ocurrir algún evento que desencadene daños y afectaciones a la población y el entorno construido.

En este libro se identifican las inundaciones como el factor ambiental que se correlaciona con la vulnerabilidad de las personas, y ocurren en asentamientos cercanos a cuerpos de agua o en terrenos con escasa pendiente y con las lluvias y sistemas deficientes de drenaje o con vías de comunicación cubiertas de asfalto o cemento, que retienen agua pluvial o fluvial, estancándose y generando inundaciones; junto a cuerpos de agua con las lluvias el agua alcanza las zonas habitadas, con ello se hace evidente que una inundación es causada aparte del factor natural y también por el hombre, quien de acuerdo a su capacidad económica determina las características de su vivienda, su ubicación y los servicios con que cuenta, (Olín, 2017).

El riesgo y la vulnerabilidad

Para Beck (1998), “el riesgo es el momento en que se presenta una acción que tiene un efecto negativo que altera o provoca un cambio en una parte o totalidad de un sistema. Para el ser humano con el desarrollo de la civilización, la modernidad avanza con

la adaptación del entorno a las necesidades del ser humano provocando en el mayor de los casos, deterioro ambiental, y lo más grave es que, al apropiarse y adaptar ese entorno se crean escenarios en los que se es susceptible a resultar afectado cuando se origina un evento natural, el cual sigue su curso de forma natural como en los casos de zonas con poca pendiente cuando hay precipitaciones de lluvia intensas, inundan el terreno y los bienes que se encuentren en éste” (Olín, et. al., 2019:318).

En la investigación de Olín, et. al., (2019:318), “existen territorios de riesgo como espacios cuya característica geográfica no es la adecuada para el establecimiento de asentamientos humanos, que, al interactuar con fenómenos naturales por su ubicación geográfica, es necesario comprender la peligrosidad natural y como interactúa con la vulnerabilidad existente y propicia escenarios de desastre, Ayala-Carcedo y Olcina (2002)”.

Se identifica un riesgo cuando “el ser humano interactúa con la naturaleza y lo hace de forma no apropiada, pues la ocupación del territorio y la forma en que se lleva a cabo la mayoría de las veces es sin prever o considerar las posibles amenazas o daños que podrían ocurrir sobre el territorio ocupado; por ejemplo, ocupando zonas planas con el establecimiento de los asentamiento humanos y comenzar a asentarse en terrenos con pendientes pronunciadas en los cerros o mesetas que son propensas a sufrir deslaves o derrumbes, entre otros, eso las convierte en zonas de riesgo, resaltando que pueden causar daños en las personas y bienes que las ocupan” (Olín, et. al., 2019:318).

En el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC, 2003) se describe que “la concentración de población en zonas de riesgo incrementa el peligro y propiamente el riesgo de desastre, porque dichos asentamientos son vulnerables por esa ubicación en el territorio y por la baja capacidad económica para absorber el impacto de los desastres y recuperarse de sus efectos, situación que es propiciada por el inadecuado uso de la tierra y los asentamientos humanos en áreas propensas a amenazas como laderas de ríos y humedales, combinado con condiciones de vida frágiles e inseguras con escasa infraestructura social y de servicios, que además se agrava por los procesos de degradación ambiental, para lo cual debe fortalecerse la capacidad de gestión y reducción de los riesgos a partir de políticas públicas que integren aspectos sociales económicos y ambientales(Olín, et. al., 2019:318).

De acuerdo con la CEPAL (2005) el riesgo es una forma de ser susceptible a daños y afectaciones derivados de alguna amenaza, en las que su magnitud, duración y su fuerza o energía son de carácter natural o humano y son un peligro que puede destruir o desestabilizar un ecosistema parcial o totalmente. Olín, et. al., (2019:319), refieren que “para Luhmann (2006) es un problema social que deriva de la interacción del hombre con el ambiente, a partir de la modernidad al ocupar y extender las zonas urbanas a áreas no

adecuadas para ello. González (2009) menciona que es un atributo de individuos, hogares o comunidades estrechamente relacionados con problemas de marginación y con procesos de exclusión social”.

Esta situación que se presenta del riesgo deriva principalmente de los desastres según Keller y Blodgett (2007), en la que señalan que este término es configurado desde diferentes enfoques, con la constante presente de la intervención humana, explicando que, al ocurrir cualquier fenómeno natural, éste no se toma como sinónimo de desastre sino que “se convierte en una amenaza para la vida humana y sus bienes por haber generado esa exposición al ocupar zonas de riesgo que resultan peligrosas al amenazar los intereses del hombre” (Olín, et. al., 2019:319).

Está latente la posibilidad de riesgo o probabilidad que suceda algún evento natural que afecte las personas, su entorno o comunidad, y de acuerdo con Olín, et. al., (2019:319) “es una condición que no se puede controlar en su totalidad, porque no se conoce la fuerza o magnitud del evento que pueda ocasionar, modificar o dañar un individuo o a una comunidad. La probabilidad que llueva es alta y ello puede generar el riesgo de que se presente una inundación. Estas situaciones de riesgo pueden llegar a ser controladas con diversos factores, entre ellos la adecuada planeación u ordenación del territorio, con las que se disminuiría la ocupación de zonas de riesgo por la pendiente, el tipo de suelo no apto para la construcción, etcétera; en este sentido el restringir o controlar el desarrollo de malas prácticas agrícolas o ganaderas contribuiría de manera importante a reducir el riesgo de deterioro y daño ambiental y que se pueda evitar de manera concreta el riesgo de un desastre”.

Los esfuerzos para reducir el riesgo al que está expuesta la población en el ámbito nacional, se plasman con el trabajo que presenta la metodología de la vulnerabilidad que se aplica en México, en la que “se maneja desde la entidad del CENAPRED (2016) con el Atlas Nacional de Riesgos, del cual se desprende la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, con la que se llevó a cabo la Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social, presentando una metodología que utiliza criterios simplificados para estimar la vulnerabilidad física de las viviendas, generando resultados parciales de la estimación de esta vulnerabilidad” (Olín, et. al., 2019:319); en contraparte, la propuesta de este libro que se verá más adelante muestra una alternativa para medir la vulnerabilidad asociada al desarrollo de las inundaciones a nivel municipal.

VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS ANTE LAS INUNDACIONES

Las situaciones en las que se presenta una interacción entre diferentes elementos

que componen un fenómeno de estudio y bajo la perspectiva integradora y holística de las relaciones y sus conjuntos son una de las formas sistemáticas de la aproximación científica de la representación de la realidad (Arnold y Osorio, 1998), con ese rumbo, aquí presentamos la relación entre el desarrollo de un fenómeno y los elementos que resultan afectados cuando ocurre una inundación. Como lo expresa Olín, et. al., (2019:319) “la precipitación de lluvias o granizo puede ocurrir una inundación, ésta puede ser breve o no, dependiendo del terreno donde se presenta, además del factor principal, que es el tipo de servicio de drenaje que exista y de su funcionamiento, sin embargo, se debe tener presente que la interacción humana con el sistema hidrológico genera altas probabilidades de causar algún tipo de daño, Keller y Blodgett (2007)”.

La información que se tiene de los estados de vulnerabilidad sirve para determinar los daños a la salud, la pérdida de vidas o bienes que se pueden presentar en un sistema que es vulnerable, para ello, se deben realizar evaluaciones sobre ella para que pueda disminuir eventualmente. Para Olín, et. al., (2019:320) “la comprensión de la relación entre el clima y el hombre permitiría realizar análisis para la reducción del riesgo de desastres, que bien pueden ser factores medibles y que pueden ser monitoreados para reducir las condiciones de susceptibilidad existentes generando las estrategias adecuadas para preservar la integridad de la humanidad, WHO (2013)”.

Otro dato que se toma como base para la disminución de la vulnerabilidad, es que “la sociedad actual destina entre 250 a 300 billones de dólares cada año en atención a los desastres, sumados a las miles de vidas que se pierden por ellos, y esta situación en países propensos a los peligros causados por fenómenos naturales crece en comparación con la reducción de la vulnerabilidad por problemas derivados de un desarrollo económico, del acelerado ritmo de urbanización, del crecimiento no planificado de la población y por la ocupación de zonas de riesgo para los asentamientos humanos, considerando además, el cambio climático, la degradación ambiental, la creciente desigualdad, que mantienen un escenario negativo y de mayor vulnerabilidad en los países menos desarrollados, UNISDR, (2016)” (Olín, et. al., 2019:320).

De la revisión del GAR (2015) se infiere que la “acelerada urbanización de los asentamientos humanos que crecen y se expanden a zonas poco aptas para el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas y sobre todo para la construcción de vivienda, que es donde existe el acceso a suelo para personas que perciben bajos ingresos siendo su única alternativa de vivir en la informalidad y ocupar zonas de riesgo con demasiada pendiente, así sea en fraccionamientos alejados de la ciudad donde escasean los servicios básicos que generalmente antes eran tierras de cultivo y se urbanizaron para el establecimiento de fraccionamientos, o con la construcción de vivienda con materiales perecederos y de

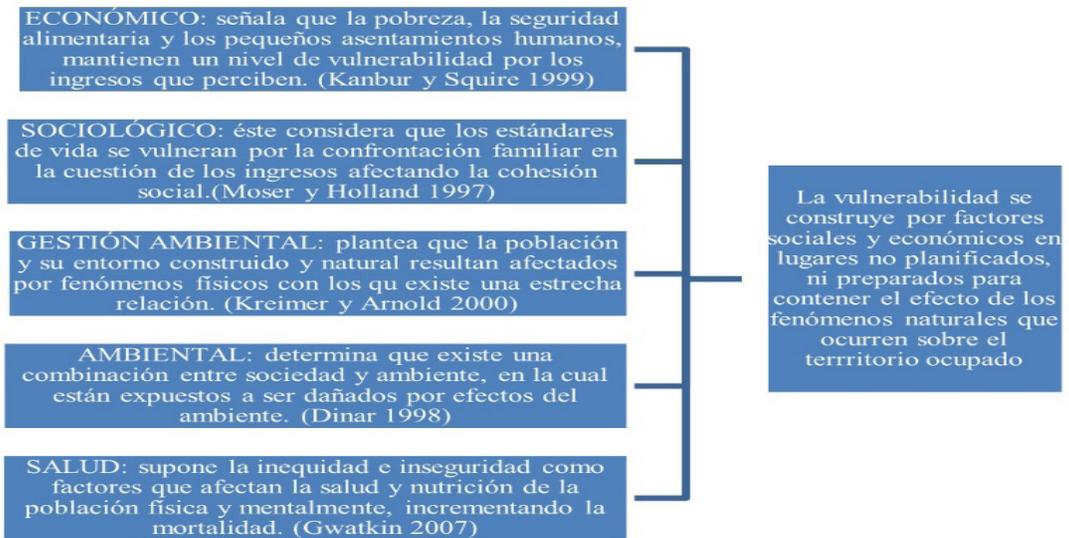
mala calidad y diseño, con la gran ausencia de la planeación territorial; todo ello crea las condiciones de vulnerabilidad que se combinan con las lluvias por ejemplo, causando inundaciones en los municipios más poblados y con gran frecuencia en época de lluvias” (Olín, et. al., 2019:320).

Cualquier “asentamiento humano puede reducir sus vulnerabilidades sociales y económicas a través de la aplicación correcta de la planeación territorial, y ello permitirá la disminución de situaciones de riesgo o de peligro ante el desarrollo de fenómenos hidrometeorológicos y así, evitar situaciones que puedan terminar en desastres; entendiendo entonces, que no se puede evitar que llueva con intensidad, pero sí se puede evitar el riesgo de una inundación tomando las medidas adecuadas en el establecimiento de los asentamientos humanos y del conjunto de actividades productivas, de infraestructura y de servicios que se lleven a cabo sobre el territorio” (Olín, et. al., 2019:320).

LA VULNERABILIDAD ASOCIADA A LAS INUNDACIONES

Con el análisis de lo que se ha escrito sobre la vulnerabilidad se fortalece su significado al “entender que ésta mide cuan vulnerable es un asentamiento humano ante el embate de algún fenómeno natural, y saber que tanto puede perder o resultar dañada una comunidad por una situación de este tipo. Esta vulnerabilidad es un recuento de datos de población e indicadores socioeconómicos que muestran el grado en que es vulnerable determinada cantidad de personas por el peligro de los fenómenos hidrometeorológicos que pueden convertirse en un desastre” (Olín, et. al., 2019:322).

Para establecer un concepto sobre vulnerabilidad se debe entender que cada disciplina de acuerdo con Olín, et. al., (2019:312) “hace uso de la palabra vulnerabilidad (Esquema 1) y le ha impreso desde su perspectiva una concepción propia de acuerdo con su objeto de estudio, sin embargo, no son tan distintos entre sí, todos los conceptos de la vulnerabilidad desde las diferentes disciplinas que hacen uso de ellas, presentan ciertas coincidencias, que hacen referencia a las condiciones de debilidad y que muestra la parte que adolecen en ese momento ante la presencia y desarrollo de un evento inesperado y que compromete la integridad del ser humano, que además, se convierte en peligroso por la existencia de algún asentamiento humano”.



Esquema 1. Enfoques del concepto de la vulnerabilidad

Fuente: Tomado de Olín, et al., 2019:312.

Por la manera transdisciplinaria con nuevas formas de interpretar la realidad con esa aproximación científica caracterizada por una perspectiva holística e integradora resaltando las relaciones que surgen en ésta, con la visión científica de la teoría general de sistemas por Arnold y Osorio (1998), es posible impulsar una terminología que permita describir el comportamiento y características de un conjunto en estudio para explicar su comportamiento; razón por la que en este libro se relacionan diferentes variables para describir el fenómeno de la vulnerabilidad municipal por inundaciones.

Al vincular los aspectos de las dimensiones socioeconómicas y ambientales con la vulnerabilidad se presentan las condiciones para analizar esa vulnerabilidad asociada con los asentamientos humanos, y con ello se lograría disminuir en gran medida el escenario adverso en que resulte afectada la población y gracias a contar con la información que determina los estados de vulnerabilidad se tendrá la posibilidad de minimizar los escenarios de riesgo por eso se considera que:

- Los desastres son causados “en su mayoría por la interacción humana y el desarrollo de fenómenos naturales que se consideran una amenaza o porque se tornan peligrosos por la alta probabilidad de que causen daños en los asentamientos humanos con los que tienen contacto, y son hasta cierto punto, un riesgo del que no se puede realizar algo para evitarlos” (Olín, et. al., 2019:321), pero es posible reducir las causas que desencadenarían un desastre, es decir,

no se podrá evitar que se genere un huracán, más lo que sí es posible es evitar o disminuir la cantidad de muertes o las pérdidas económicas y materiales al aplicarse adecuadamente los estudios pertinentes en materia de planeación territorial y la gestión integral de los riesgos.

Para Olín, et. al., (2019:321) “un asentamiento humano puede reducir sus vulnerabilidades asociadas a los fenómenos hidrometeorológicos, a través de un modelo eficaz que proporcione datos correctos de las zonas más vulnerables de una comunidad y con la cual se obtenga información de las esferas social y económica, que sumadas al del aspecto físico o natural por los fenómenos hidrometeorológicos, se pueda construir un índice que exprese concretamente la ubicación de zonas con mayor riesgo por sus condiciones de vulnerabilidad” y así poder tomar las medidas adecuadas porque se cuenta con la información generada a partir de los indicadores más representativos de las condiciones socioeconómicas y ambientales del territorio.

A partir del análisis de las diferentes conceptualizaciones de la vulnerabilidad se llega a la conclusión de que la vulnerabilidad se debe entender “como el conjunto de elementos cuantificables, tanto de variables y factores que caracterizan a una persona o comunidad y que le confieren un *estatus* de grado de debilidad medible en diferentes escalas, a las que está sujeta la persona o los asentamientos humanos por el embate o desarrollo de un fenómeno natural en el que se compromete la seguridad y la vida de la población, siendo un referente en el mismo sentido, de la capacidad con que se cuenta para actuar ante una situación peligrosa en la que exista un riesgo de producir un desastre” (Olín, et. al., 2019:312).

Los factores que constituyen un estado de vulnerabilidad son en lo socioeconómico características de la población, tipo de vivienda, y personas empleadas que condicionan acceso a la educación y salud, por ejemplo y, del aspecto ambiental, situaciones como las inundaciones son las que se conjugan con las anteriores conformando estos estados de susceptibilidad que dan pie al enfoque integrador que se plantea en esta investigación y con el que se pretende incorporar estas dos dimensiones en una metodología que mida la vulnerabilidad asociada a las inundaciones.

Al contar con esta información se deben integrar estas dos dimensiones con sus indicadores de forma conjunta para que al correlacionarlos el resultado sea representativo de un estado de vulnerabilidad que represente esas variables que intervienen en la formación de la vulnerabilidad y con ese dato determinar las zonas o lugares con mayor o menor grado vulnerable, lo que serviría para plantear las acciones pertinentes para su disminución.

Para cerrar este apartado se determina que por la falta de un aspecto que aborde

la cuestión urbana desde la perspectiva de la vulnerabilidad, se realiza esta investigación con un enfoque urbano enfocado en esa metodología expresada por la integración de factores socioeconómicos y los ambientales que tomen en cuenta lugares no planificados, ni preparados para contener el efecto de los fenómenos naturales que ocurren sobre el territorio ocupado en el que se requieren nuevos parámetros de análisis y una metodología para medir la vulnerabilidad social por inundaciones.

ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA MEDICIÓN DE LA VULNERABILIDAD

La comparación entre las metodologías que miden la vulnerabilidad se presenta en este apartado con casos internacionales y la forma en cómo se aplica en México a través del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Los casos extranjeros realizan los estudios de vulnerabilidad con diferentes variables de análisis y las correlacionan, utilizando indicadores que componen la dimensión socioeconómica y la ambiental, de las que se presentan una serie de tablas con esta información para resaltar las coincidencias en el manejo de indicadores e identificar las diferencias por el uso de distintas variables en comparación con lo que se aplica en México.

Presentamos un panorama general de las metodologías en el ámbito internacional para el cálculo de la vulnerabilidad asociada a los fenómenos naturales con organismos como la CEPAL, la UNISDR, y la PAHO, entre otras, éstos presentan un análisis muy completo de la vulnerabilidad, y de ellas se desprenden las metodologías que se aplican en diferentes países del mundo; más adelante se describe el caso particular de México con los indicadores que sirven para la estimación de la vulnerabilidad asociada a los fenómenos naturales.

Se muestran también, el recuento de variables e indicadores clasificados por sistema de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, con las que se realizan las estimaciones de los índices de vulnerabilidad, primero en los casos internacionales y el contraste con el caso mexicano, con la reseña de la comparación entre los indicadores y variables de las metodologías analizadas para presentar los aciertos que se observan al utilizar ciertos indicadores de forma integral y no por separado.

CONTEXTO DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL ASOCIADA A LOS FENÓMENOS NATURALES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

Existen diferentes metodologías para medir la vulnerabilidad social ante los efectos derivados del cambio climático. Con éstas, se pretende identificar las vulnerabilidades para salvaguardar la integridad del ser humano y de su entorno construido, procurando la reducción del riesgo de desastres y motivando la prevención de nuevos riesgos causados por amenazas naturales o humanas, según como lo reporta el Marco Sendai (2015b), este documento internacional adoptado por países miembros de la ONU para la reducción del riesgo de desastres en el que se diseñan estrategias encaminadas a reducir estos eventos, señalando la necesidad de contar con herramientas metodológicas para la gestión del riesgo con las que se puedan ubicar zonas particularmente más vulnerables que otras e

incidir en ellas para la disminución de desastres causados por el desarrollo de fenómenos hidrometeorológicos.

El Reporte Anual 2018 de la UNISDR (2019), hace extensivo el interés por continuar aplicando estrategias para reducir el riesgo de desastres y disminuir la pérdida de vidas y daños al entorno e infraestructura; en este reporte se expone que un aproximado de 60 millones de personas al cierre de 2018 fueron afectados por los fenómenos del clima como las inundaciones, sequías y tormentas. Por esta razón se debe contar con las herramientas adecuadas para atender en específico las áreas más vulnerables y donde existe mayor concentración de población en situación de riesgo, y con ello disminuir estas condiciones de riesgo de desastres ocasionadas por fenómenos hidrometeorológicos.

Organismos como éste y los que integran las Naciones Unidas están encaminados a la reducción de desastres asociados al cambio climático dedicando cada vez mayores esfuerzos en resolver los problemas desde lo local y de esa manera fortalecer los esfuerzos a nivel regional, e incidir en la reducción de las vulnerabilidades de estas comunidades aplicando planes y programas de acción inmediata como las campañas de reforestación, uso racional del agua, identificación de zonas de riesgo para contener el crecimiento urbano hacia esas zonas y también con trabajos de difusión y prevención.

Existe una fuerte resistencia de gobiernos locales en países de bajos ingresos por aplicar planes y programas que coadyuven a disminuir el deterioro ambiental y el uso racional de los recursos. Esta situación dificulta impulsar el uso de herramientas específicas para la recolección de información y presentar reportes del estado de vulnerabilidad asociado a fenómenos hidrometeorológicos, tomando en cuenta que, como se verá más adelante, se deben considerar los aspectos socioeconómicos y asociarlos con el aspecto natural de las inundaciones para construir y presentar el grado de vulnerabilidad de los asentamientos humanos, identificando las zonas con un grado alto de vulnerabilidad, que sirvan para la toma de decisiones en la reducción de esa vulnerabilidad.

CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD ASOCIADA A LOS FENÓMENOS NATURALES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

En la revisión de las metodologías que miden la vulnerabilidad en países de altos ingresos se encontró que algunos países han aplicado metodologías elaboradas por organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo con su Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 (GAR15), a través de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, y la Organización Mundial Meteorológica, aplican los cálculos para estimar la vulnerabilidad con la relación

entre las dimensiones socioeconómica y ambiental de la población. De todo ello surgen metodologías que miden la vulnerabilidad asociada a los fenómenos naturales en las que se correlacionan los factores socioeconómicos y los ambientales del territorio; relacionando diferentes variables que son consideradas como factor determinante en el desarrollo de los desastres, y con este tipo de medición se puede reducir el riesgo que desencadena un desastre, (Wisner y otros, 2003).

Se debe medir la vulnerabilidad para minimizar el riesgo de desastres y con esa idea la CEPAL (2005), expone que los estados de vulnerabilidad determinan la magnitud de los desastres, identificando que las condiciones de las personas las predisponen a sufrir daños por el desarrollo de algún fenómeno natural. Maqsood y otros (2014), promueven la tarea de utilizar, crear o aplicar mecanismos para estimar la vulnerabilidad a fin de poder reducir los daños que se generan en un entorno vulnerable en el que ocurren eventos naturales adversos. Con esa intención, la Nueva Agenda Urbana (NAU, 2017), promueve la reducción y gestión del riesgo de desastres disminuyendo la vulnerabilidad y el número de personas en esta situación, buscando equilibrar el estado de desigualdad de los asentamientos humanos ante los efectos adversos del cambio climático y presentar resultados favorables en atención de zonas propensas a los riesgos naturales, con lo que se pretende atenuar este problema en toda la sociedad.

Por lo que antecede, las metodologías que miden la vulnerabilidad en el ámbito internacional se consideran un instrumento para reducir el riesgo de desastres y algunos entes como la Organización Panamericana de la Salud (PAHO, 2013), adoptan medidas para identificar los puntos de atención para poder alcanzar el grado máximo de salud como derecho fundamental del ser humano para todos y particularmente para los grupos más vulnerables, en el que se enfatiza que el cuidado al ambiente, la pobreza y la falta de gobernanza, son los factores clave de la vulnerabilidad. De manera que se debe enfocar especialmente en los grupos de bajos ingresos y en aquellos lugares donde existe el riesgo del desarrollo de fenómenos hidrometeorológicos para reducir su vulnerabilidad enfrentando el reto de formular políticas y planes que contribuyan a disminuir esas debilidades. La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres elabora los reportes anuales del daño que se registra por el desarrollo de los fenómenos naturales, y promueve el uso de herramientas para estimar los grados de vulnerabilidad de la población ante eventos naturales de carácter inesperado, por lo que impulsa el uso de metodologías específicas a cada región para identificar las debilidades ante escenarios de riesgo de desastre a fin de reducir o minimizar los daños que generan sobre la población y el entorno, UNISDR (2015a).

Con ese panorama se analiza la primer metodología que mide la vulnerabilidad en

el ámbito internacional con el trabajo que presentan Wolf y McGregor (2013), documento sobre el desarrollo de un índice de vulnerabilidad por olas de calor en Londres, en el que expresan la intención de generar información que represente tanto las implicaciones en la salud por las condiciones de calor emergentes de esa ciudad, integradas a las condiciones de grupos de población vulnerable considerando sus características sociales que inciden en el aumento de la vulnerabilidad al calor. Explican que si el calor y la salud (diversos indicadores) son ubicados en el marco de la reducción del riesgo, esta información es de suma importancia para los tomadores de decisiones en la preparación y respuesta a los eventos de calor extremos.

Integrar información desde las dimensiones socioeconómicas además de las climáticas es un proceso medular para la estimación de la vulnerabilidad que existe en determinado espacio geográfico, y para reducir los efectos negativos de los eventos climáticos sobre los grupos más vulnerables se debe utilizar la información y métodos adecuados para la integración de indicadores de la exposición y la sensibilidad de la población, Wolf y McGregor (2013).

Factor	Variable de riesgo	Indicadores socioeconómicos censados
Exposición	Vivir al interior de ciudades que han sido expuestas a islas de calor urbanas (urban heat island -UHI).	Densidad de población (habitantes por hectárea).
	Aislamiento térmico en el hogar.	Viviendas en renta alquilada.
	Vivir sobre un segundo piso o más.	Viviendas en departamento.
	Alta de densidad de población.	Viviendas sin central de calor.
	No contar con aire acondicionado.	
Sensibilidad	Adultos mayores.	Población mayor a 65 años
	Enfermedades preexistentes, discapacitados, enfermedades psiquiátricas y mentales.	Población con enfermedades limitantes permanentes.
	Bajo nivel económico, bajos niveles de educación.	Población con reporte de salud “no bueno”
	Vivir en solitario, aislamiento social.	Personas que reciben algún beneficio social.
	Postrados en cama.	Pensionados
	Personas viviendo en instituciones.	Pertenecientes a algún grupo étnico Población viviendo en algún tipo de asentamiento comunal.

Tabla 1. Variables para el Índice de vulnerabilidad por olas de calor en Londres

Fuente: Elaboración propia con base en Wolf y McGregor, 2013.

La Tabla 1 muestra los indicadores de las variables que se utilizan para el cálculo del índice de vulnerabilidad por olas de calor a partir de los riesgos por factores climáticos y socioeconómicos integrados con el Método de Análisis de Componentes Principales de la exposición y sensibilidad con datos de los Censos para las variables sociales y económicas en Londres. Esta selección de indicadores muestra que con variables y diferentes indicadores es posible realizar las estimaciones de la vulnerabilidad asociada al desarrollo de los fenómenos derivados del clima.

Las variables con que se realiza esta estimación de la vulnerabilidad asociada a las olas de calor se desprenden de los factores de la exposición con los aspectos de la densidad de habitantes y de las características de la vivienda, y de la parte del factor exposición, los que incluyen aspectos de la población con algunas características de la población que la predisponen a sufrir mayores daños o afectaciones al ocurrir algún fenómeno de esta naturaleza. En este caso los indicadores socioeconómicos están relacionados con las condiciones físicas del lugar. En el que las altas temperaturas que se registran son un peligro para la población vulnerable, y los aspectos que son utilizados en esta metodología reflejan el grado de vulnerabilidad ante el fenómeno de las olas de calor.

De acuerdo con Wolf y McGregor (2013), para el manejo de estas variables se utiliza el método de Análisis de Componentes Principales para estimar un índice de vulnerabilidad por olas de calor, lo que resulta de gran utilidad para calcular las condiciones de vulnerabilidad social, y con los resultados diseñar las medidas adecuadas para reducir los daños causados por eventos naturales en los grupos de personas más vulnerables.

Otro documento que ejemplifica el uso de diferentes indicadores para el análisis de la vulnerabilidad a partir de diversas variables es el elaborado por Ponce (2018), llamado *Evaluación de la vulnerabilidad de la salud al cambio climático*, aplicado en los Estados Unidos de América, en el que advierten las diferentes formas en las que los eventos climáticos afectan directa o indirectamente la salud de las personas. Por lo que al identificar las zonas más vulnerables, se pueden diseñar los medios adecuados para poder disminuir los impactos a la salud derivado de los efectos de los fenómenos naturales causados por el clima.

La Tabla 2 muestra los indicadores que para Ponce (2018), son más representativos para la estimación de la vulnerabilidad de la población a partir del aspecto de la sensibilidad, la exposición y de la capacidad adaptativa a las olas de calor o cambios de temperatura que en conjunto son indicadores que pueden integrarse en el Sistema de Información Geográfica (SIG) para ubicar los lugares donde la vulnerabilidad tiene relación directa entre las condiciones de salud física de las personas y la exposición a los eventos del clima y con esa información plantear medidas que disminuyan las condiciones de vulnerabilidad

de las personas.

% de población debajo de la línea de pobreza
% de población sin preparatoria terminada
% de población indígena
% de población que vive sola
% de población mayor de 65 años
% de población mayor de 65 años que vive sola
% de superficie sin cubierta vegetal
% de población diagnosticada con diabetes
% de viviendas sin central de aire acondicionado
% de viviendas sin algún tipo de aire acondicionado

Tabla 2. Indicadores de la sensibilidad en la Evaluación de la vulnerabilidad de salud por el cambio climático

Fuente: Elaboración propia con base en Ponce, 2018.

En este caso se mide la vulnerabilidad de las personas por los efectos del cambio climático, en la que ante el desarrollo de los fenómenos hidrometeorológicos fueron seleccionados algunos indicadores socioeconómicos e incluso de salud representando los sectores de la población con mayores condiciones desfavorables de vida que harían frente al impacto de estos eventos y con lo que se puede determinar que tan vulnerable es la comunidad al desencadenarse un fenómeno natural. Estos indicadores que manejan se utilizan para estimar que tan vulnerable es la población con una diferencia comparativa con aquellos con mejores condiciones de vida y eso representa su estado vulnerable ante los eventos naturales.

La correlación entre diferentes variables que intervienen en los estados de vulnerabilidad es una técnica estadística que sirve para determinar el grado de vulnerabilidad de la sociedad ante el desarrollo de algún fenómeno natural, este caso en el que se toman indicadores sociales de las características de las personas, de la vivienda y en particular de personas con algún padecimiento físico son el insumo de la base de datos que utilizan para estimar los grados de vulnerabilidad de salud ante el cambio climático, dejando claro que esta correlación entre diferentes variables sirve para llevar a cabo estudios de este tipo.

Los resultados de Ponce (2018), mostraron que las zonas con mayor vulnerabilidad son en áreas donde existe mayor concentración de la población. En las que destaca el número elevado de personas mayores de 65 años en zonas con difícil acceso hospitalario y de personas que viven solas. Concluyen además que este método de integración de indicadores para el cálculo de la vulnerabilidad es de gran utilidad para poder identificar

aquellas zonas que resultan más vulnerables con uno o varios indicadores socioeconómicos, incluyendo los factores climáticos para poder diseñar acciones específicas en la mitigación de las condiciones de vulnerabilidad.

Con la intención de integrar diferentes variables para identificar los estados de vulnerabilidad y frenar el impacto de los efectos negativos derivados del cambio climático que se manifiesta con mayores afectaciones en países de bajos ingresos, es necesario replantear los métodos establecidos para determinar los niveles de vulnerabilidad de las personas en estos países, y proponer los mecanismos para su análisis, estudio y prevención, y con ello, reducir el estado de riesgo de desastres por efectos de los fenómenos hidrometeorológicos evitando en lo posible los daños y pérdidas de vidas.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2005), plantea prevenir y reducir las amenazas y desastres naturales a través de políticas de prevención de desastres y de inundaciones, por ser las más frecuentes y las que más daños ocasionan, además presentan estrategias para hacer frente a estos fenómenos en las que determinan que las situaciones de vulnerabilidad son generadas por una coexistencia de asentamientos humanos y su cercanía al desarrollo de fenómenos naturales. Esta tendencia se presenta porque en las últimas cuatro décadas se ha presentado un aumento en el impacto de los desastres que ocurren en América Latina, con afectaciones al patrimonio de cada economía que van desde el 15% al 200% del Producto Interno Bruto de cada país, lo reporta la CEPAL (2005), a causa de que se ha duplicado la población, la infraestructura, la producción y la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo, que al mantener condiciones de vulnerabilidad desencadenan escenarios de desastre con el impacto de algún fenómeno natural.

De estas metodologías se identifica que en ellas se incluyen variables socioeconómicas de las características de las personas y de su vivienda para representar la población con algún grado de vulnerabilidad ante el momento que ocurre algún fenómeno hidrometeorológico, del trabajo de Wolf y McGregor (2013), hacen el estudio en un territorio expuesto a las altas temperaturas (olas de calor), lo que contempla la parte ambiental. Para la metodología de Ponce (2018), se presentan una de serie de indicadores socioeconómicos e incluso uno de salud representando de igual manera la población más vulnerable al momento del desarrollo de algún fenómeno natural. Los indicadores socioeconómicos son el factor del que desprenden los estudios de vulnerabilidad ante los fenómenos naturales que provocan y detonan los daños en las comunidades más vulnerables y que tras el análisis de la vulnerabilidad con las diversas variables que la componen se genera información para reducir y disminuir ese estado de vulnerabilidad.

LA METODOLOGÍA UTILIZADA EN MÉXICO PARA MEDIR DE LA VULNERABILIDAD

La metodología para medir la vulnerabilidad asociada a los fenómenos naturales que se aplica en México tiene como fin aportar información para la reducción del riesgo de desastres y sirve de apoyo en la disminución del grado de vulnerabilidad de la población expuesta a las amenazas generadas por el cambio climático. Para México es crucial tener el conocimiento de los estados de vulnerabilidad porque se han incrementado los daños y el número de víctimas por efecto de las inundaciones en las últimas décadas según lo reporta el CENAPRED, (2014). Ante esa situación se debe incidir en la reducción de la vulnerabilidad a partir de conocer las causas que mantienen y generan esos estados haciendo uso de nuevas técnicas que permitan el análisis de ellos de manera integral, como en los casos expuestos anteriormente. En la revisión de las metodologías que maneja el CENAPRED se encuentra que éste utiliza para las mediciones de la vulnerabilidad semejanzas en la medición los aspectos sociales, económicos y ambientales, con las que se obtienen resultados generales de dichas dimensiones, es decir, calculan la vulnerabilidad social, la económica, y la ambiental, esta última dividida por cada fenómeno hidrometeorológico o geofísico, lo que representa una falta de precisión en la generación del índice de vulnerabilidad en cualquiera de sus dimensiones.

Estas metodologías estiman la vulnerabilidad de forma aislada, lo que arroja los resultados parciales, que después con la suma aritmética los integran y dividen en cinco partes iguales para determinar así los grados de vulnerabilidad, lo que representa una falta de precisión en el momento de la generación del índice de vulnerabilidad en cualquiera de sus dimensiones.

Una de las metodologías con que se mide la vulnerabilidad en México parte de la serie de fenómenos sociales como la pobreza, marginación, hacinamiento y del desarrollo de fenómenos naturales que tienen repercusión en diferentes sectores de la sociedad, realizando el cálculo de la vulnerabilidad a través del Centro Nacional para la Prevención de Desastres para conformar el Atlas Nacional de Riesgos que fue elaborada en 2013 por Gay y Conde¹, de la que se redactó una Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, y con la que se realizó la Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social, aplicando criterios simplificados de la suma aritmética utilizando 38 variables para la estimación de la vulnerabilidad, obteniendo resultados parciales por seleccionar solo la dimensión social y la natural.

Las variables que se utilizan para esta evaluación de la vulnerabilidad son de

1. Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Fondo ambiental público del Gobierno del Distrito Federal, Conferencia Nacional de Gobernadores y Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Disponible en: <http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/Vulnerabilidad/>

los aspectos de la exposición con 13 variables referentes a los eventos climáticos y con ellos mediante la suma aritmética se calculó el total y se normalizo su valor a 100, para dividirse en cinco partes y ese es el resultado del grado de vulnerabilidad. Para el factor sensibilidad utilizan nueve variables de las características de la población, realizando la misma mecánica para obtener el grado de vulnerabilidad. Finalmente, de la capacidad adaptativa se contemplaron 16 variables que reflejan la capacidad de recuperarse ante escenarios derivados del cambio climático.

En la revisión y análisis de esta metodología se detectó que en su medición de la vulnerabilidad utilizan indicadores de forma simple y aislada por cada una de las dimensiones y sus variables, los indicadores se integraron con la suma aritmética y estimaron sus rangos al dividirlos en cinco partes iguales; esos procedimientos se pueden mejorar para disminuir los resultados parciales en el cálculo de dicha vulnerabilidad y aumentar su precisión al realizar el análisis de ésta.

Con este ejercicio se observa una problemática en la integración de las variables que utilizan y en la que aplican criterios simplificados como la suma aritmética del resultado de cada componente y para su representación normalizan los valores en escala de 0 a 100 y el resultado lo dividen en 5 partes iguales, definiendo así el grado de vulnerabilidad. Este es un método que no integra los indicadores en conjunto, sin incluir el indicador de los fenómenos hidrometeorológicos junto con los indicadores socioeconómicos; para atender eso, se podría ocupar algún método estadístico que integre los dos tipos de indicadores: socioeconómicos y los ambientales, que sean más representativos, como el Método de Análisis de Componentes Principales, y para la representación del grado de vulnerabilidad poder utilizar la estratificación de Dalenius y Hodges² que brinda mayor certeza en la determinación de los rangos de la vulnerabilidad.

En esta metodología se presenta una forma de medir la vulnerabilidad social asociada a eventos naturales que sólo utiliza los factores físicos o tipología de vivienda para determinar que zonas son vulnerables ante el desarrollo de un evento de esa categoría, y por otra parte, estiman la vulnerabilidad social con una serie de indicadores socioeconómicos generando en ambos casos un grado de vulnerabilidad, ya sea físico o social con resultados parciales por el uso de criterios simplificados para su estimación, según lo describen Gay y Conde (2013).

Esta metodología queda corta en su alcance de la medición de la vulnerabilidad comparada con metodologías internacionales, por no conjuntar los diferentes indicadores que conforman el estado de vulnerabilidad en México. Con eso presenta el CENAPRED un método muy sencillo y del cual el índice resulta poco confiable al aplicar una división en

2. Dalenius, T. & M. Gurney, (1951). The problem of optimum stratification. II, Scandinavian Actuarial Journal.

cinco partes iguales para determinar cada rango de vulnerabilidad, y por estar elaborado sin utilizar técnicas estadísticas de alto nivel y de orden internacional (Método de Análisis de Componentes Principales, como se propone en este trabajo), tomando en cuenta que existen las herramientas para realizar un análisis de la vulnerabilidad profundo y para el que se cuenta con la información necesaria para lograrlo.

En la revisión de documentos del CENAPRED, se encontró el Atlas Nacional de Riesgos elaborado para México en 2006, mismo que se encuentra vigente por no haber otra versión más reciente, esto refleja que es un instrumento que requiere una actualización porque no responde a las condiciones actuales, considerando que los efectos del cambio climático han generado un acelerado desarrollo de los fenómenos hidrometeorológicos, y también las condiciones socioeconómicas no son las mismas de hace 15 años.

En contraste con las metodologías aplicadas en México, las extranjeras correlacionan diferentes variables e indicadores para el cálculo de la vulnerabilidad, y en el caso mexicano sólo se mide con las variables por separado y con métodos simplificados para la elaboración de los rangos con los que clasifican los grados de la vulnerabilidad, como se verá a continuación, por esta razón se plantea una propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad con las técnicas y métodos que se utilizan en los casos internacionales mostrados anteriormente.

Por lo anterior, se plantea en la presente investigación que la vulnerabilidad sea abordada desde este enfoque integrador, orientado a relacionar los indicadores de la dimensión socioeconómica y la ambiental, en el que los aspectos territoriales junto con el concepto de vulnerabilidad sean estudiados en relación al contexto actual del país, que, derivado de los procesos de urbanización que han dado forma y caracterización al territorio nacional junto con sus componentes sociales y territoriales y el desarrollo de inundaciones en México, y que sean los elementos que se consideren para el cálculo y construcción de la vulnerabilidad.

El Índice de Peligro por Inundación del CENAPRED, 2016.

Ante la situación de exposición a fenómenos naturales de carácter hidrometeorológico y por su probabilidad de causar daños a los bienes, infraestructura, medio ambiente y a la población, el CENAPRED a partir del Sistema Nacional de Protección Civil elaboró el índice de peligro por inundación con datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) del 2013 y fue publicado en 2016 derivado de una metodología para consultar el peligro por inundación a nivel municipal.

Con esta metodología se presentan las zonas susceptibles de inundación para las que se calculó el porcentaje de superficie inundable de cada municipio, del total de los porcentajes se dividió en cinco partes iguales, generando los rangos de peligro en escala

del 1 al 5 para representar los grados de peligro desde Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto; con esa representación en un mapa se presentaron los 2 mil 457 municipios de México con algún nivel de peligro por inundación, identificando únicamente el nivel de peligro de cada municipio por la cantidad de superficie inundada, sin incluir los factores sociales que tienen mayor peso en el estado de vulnerabilidad asociado a las inundaciones.

La siguiente tabla contiene el número de municipios según el grado de peligro por inundación de acuerdo al porcentaje de área inundada, en la que se observa una similitud casi exacta en las cantidades del número de municipios afectados, con 492 de Muy bajo y Bajo, y de Medio, Alto y Muy alto con 491 municipios, lo que indica que, dividieron los 2 mil 457 municipios de México entre los cinco rangos para su clasificación siendo un criterio simplificado, en el que no aplican un método estadístico confiable en su estratificación para generar los rangos de peligro, (ver Tabla número 3).

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	491	40,362,349
Total		2457	112,347,586

Tabla 3. Municipios y habitantes según el grado de peligro por inundación.

Fuente: Sistema de Protección Civil. CENAPRED. Índice de peligro por inundación, 2016.

La información que presenta esta metodología indica que hay el mismo número de municipios con un grado de peligro desde Muy bajo hasta Muy alto. En el que los rangos del porcentaje de inundación no muestran un criterio estadístico para su representación, sino que únicamente partieron de la división en cinco partes del número de municipios, y solamente utilizaron el porcentaje de área de inundación para su elaboración.

Esta forma de clasificar la información y de generar los rangos con los cuales se presentaron los cinco grados de vulnerabilidad dejaron fuera los indicadores socioeconómicos que habrían arrojado un resultado diferente en el que se incluyen diferentes aspectos que conforman un estado de vulnerabilidad por las inundaciones.

Esta metodología queda corta en ese alcance por medir la vulnerabilidad de forma integral, planteando por ello en este libro la integración de indicadores de la dimensión socioeconómica y la ambiental para el cálculo de un índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones en México que sea preciso y refleje la situación actual del grado de

vulnerabilidad disminuyendo la generación de resultados parciales y con ello, poder contribuir con información precisa en la atención del riesgo de desastres en el país ante el escenario adverso del cambio climático.

Con el índice de peligro por inundaciones en México se puede representar el lugar donde ocurren las inundaciones, más no el verdadero impacto sobre la población, porque no se incluyen indicadores sociales o económicos y que, combinados con el fenómeno natural, conforman la propuesta que se presenta en este trabajo.

INDICADORES DE LA METODOLOGÍA DE CENAPRED PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD ASOCIADA A FENÓMENOS NATURALES EN MÉXICO.

La vulnerabilidad asociada a los fenómenos naturales en México se ha calculado integrando diferentes variables de las dimensiones sociales, económicas y ambientales, pero se realizó por separado, es decir, esta representación de los aspectos que conforman la vulnerabilidad se hizo sin llevar a cabo una integración de todos esos factores e indicadores que intervienen en ella. Se hicieron estimaciones de la vulnerabilidad de lo social, lo económico y lo ambiental que a continuación se describen

En esta revisión metodológica para medir la vulnerabilidad asociada a los fenómenos naturales, se ubicó un trabajo que mide la vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México que fue coordinado por Gay y Conde en 2013. En el que se elaboró un Atlas Virtual Interactivo que integra y relaciona información de tipo climático y social, y también aborda políticas públicas con el objetivo de identificar las zonas vulnerables a los efectos del cambio climático en el territorio nacional, considerando los datos históricos de los factores de precipitación y temperaturas extremas.

Para realizar la estimación de la vulnerabilidad agruparon diversas variables dentro de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Para la exposición, utiliza 13 variables, agrupando frecuencia de eventos extremos, la problemática ambiental y el clima junto con el cambio climático; para la sensibilidad, manejan nueve variables en los componentes de población, salud y sector productivo; finalmente, para considerar la capacidad adaptativa, incluyen 16 variables dentro de cuatro dimensiones denominadas capital humano, social, financiero y natural; estas tres esferas de las que se construye la vulnerabilidad se registran de la siguiente manera en la Tabla 4.

Factor	Indicador	Variable
E X P O S I C I Ó N	Frecuencia de Eventos Extremos	Total de Inundaciones reportadas en el periodo 1980-2005
		Total de Heladas reportadas en el periodo 1980-2005
		Total de Lluvias intensas reportadas en el periodo 1980-2005
		Total de Deslizamientos reportados en el periodo 1980-2005
		Total de Otros problemas reportados en el periodo 1980-2005
		Total de Problemas Ambientales reportados
	Problemática Ambiental	Superficie municipal sin vegetación (%)
		U.P. (%) en un municipio que reportaron pérdidas por cuestiones climáticas
		U.P. (%) en un municipio que reportaron pérdidas por falta de fertilidad
	Clima y Cambio Climático	Razón de cambio (°C) entre temperatura media y el modelo Hadgem A2 al2050
		Razón de cambio (mm) entre precipitación media y el modelo Hadgem A2al 2050
		Razón de cambio (°C) entre temperatura media y el modelo Echam A2 al2050
Razón de cambio (mm) entre precipitación media y el modelo Echam A2 al 2050		
S E N S I B I L I D A D	Población	% población municipal con jefe de familia femenino
		% población municipal indígena
		% población municipal en pobreza alimentaria
	Salud	% municipal de niños con baja talla al nacer
		% municipal de niños con bajo peso al nacer
		% de personas sin acceso a servicios de salud
	Productivo	% de superficie municipal en actividades primarias
		% de superficie municipal que no cuenta con riego
		% de población municipal dedicada a actividades primarias

		% cambio en población al 2030
	Capital Humano	% de Población en el municipio que sabe leer
		% de población de 5 a 14 años que asiste a la escuela
		% de población total alfabeta en el municipio
		% de U.P. municipal que están Organizadas
		% de U.P. municipal que no tienen litigio por la tierra
	Capital Social	% de Unidades de Producción municipal que señalaron no tener falta de capacitación
		% de U.P. municipal que señalaron no tener problemas para producir
		% de U.P. municipal que señalaron no tener dificultad para acceder a créditos
		% de U.P. municipal que reciben remesas de país extranjero
	Capital Financiero	% de U.P. municipal que señalaron tener ahorros
		% de U.P. municipal que señalaron tener crédito
		% de población que recibe más de 2 salarios mínimos mensuales de ingreso
		Cambio porcentual en el PIB del 2000 al proyectado en 2030
	Capital Natural	Relación de superficie municipal con bosque o selva
		Relación de hectáreas reforestadas en el municipio en el 2005

Tabla 4. Variables consideradas para cálculo de la vulnerabilidad CENAPRED

Fuente: Elaboración propia con base en Gay y Conde, 2013.

Notas: U.P. = Unidades de Producción

Este conjunto de indicadores no tiene la correlación entre ellos, porque se realizó el cálculo de la vulnerabilidad por cada uno de los tres factores de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, sin la interrelación entre ellos, lo que muestra solamente que el resultado es parcial, e incompleto y deja fuera la complementariedad de los factores que intervienen en la vulnerabilidad.

Con los datos de esas variables se aplicaron los criterios simplificados y los resultados se estandarizaron e integraron mediante la suma aritmética en cada indicador, obteniendo tres subíndices que se integraron de nuevo con una suma y se normalizaron los resultados en escala 0 a 100 para poder dividirlos en cinco partes iguales del índice para definir los grados de vulnerabilidad municipal de México. El método utilizado para calcular la vulnerabilidad fue con la siguiente fórmula (Gay y Conde, 2013):

$$\text{Vulnerabilidad} = f[(\text{exposición} + \text{sensibilidad}) - \text{capacidad de adaptación}]$$

Fórmula 1. Vulnerabilidad ante el impacto del Cambio Climático

En esta metodología los factores de exposición y sensibilidad representan impactos del cambio climático, y la capacidad adaptativa es el factor que se resta para el cálculo de la vulnerabilidad. Con ello generaron una serie de recomendaciones para cada entidad en particular, a partir de los resultados del índice de vulnerabilidad estimado.

Con las variables e indicadores que se identificaron se propone una metodología para realizar el cálculo del índice de vulnerabilidad asociado al desarrollo de fenómenos naturales, que integre todos los indicadores para ofrecer un índice completo y que es posible determinar tal como se muestra con los casos internacionales que se expusieron con anterioridad. Y si bien, del caso mexicano se cuenta con la información requerida para la construcción del índice de vulnerabilidad, sólo falta realizar los cálculos estadísticos adecuados sustituyendo los criterios simplificados por el Análisis de Componentes Principales para reducir los resultados parciales y obtener un dato preciso, confiable y que integre los diferentes indicadores que se proponen en este trabajo de investigación.

ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS NATURALES

Las metodologías que se utilizan para medir la vulnerabilidad asociada a los fenómenos naturales que se han aplicado en México, dejan un vacío al no relacionar los indicadores socioeconómicos que tienen algún peso en el desarrollo de los eventos desencadenados por fenómenos naturales, como el caso de los hidrometeorológicos, y que, por estos eventos físicos sólo se mida la escala de afectación que causan, como se muestra en el índice de peligro por inundación 2016 del CENAPRED.

En el caso de la metodología de la vulnerabilidad al cambio climático por Gay y Conde 2013 que presentan más indicadores para esa estimación, no aplican la correlación existente entre cada variable que se está midiendo, y exponen el uso y manejo de criterios simplificados en los cálculos para la vulnerabilidad, en los que además sólo se elaboran los rangos de vulnerabilidad de la misma forma que con el índice de peligro por inundación del mismo CENAPRED en 2016, que fue generado de la misma forma con cinco rangos de similar tamaño para incluir su porcentaje en cada uno de ellos, siendo un criterio simplificado y no estadístico.

El uso de los diferentes indicadores que se han presentado en las metodologías analizadas destaca porque en el ámbito internacional si correlacionan los diferentes indicadores que manejan en comparación con las utilizadas en México. Este ha sido el

motivo para realizar la presente investigación en la que se pretende relacionar diferentes variables entre sí para determinar el cálculo de la vulnerabilidad municipal por inundaciones de manera más completa y representativa de una situación vulnerable ante un fenómeno natural.

La siguiente información es referente para tomarse en cuenta para la elaboración de una nueva metodología porque con el antecedente de las metodologías internacionales se tiene la oportunidad de replantear lo que se ha hecho en México para el cálculo de la vulnerabilidad asociada a los fenómenos naturales, con la intención de integrar todos los indicadores que intervienen en los estados de vulnerabilidad para realizar el análisis certero de los estados de vulnerabilidad en México.

Índice	Factor	Indicadores
Índice de vulnerabilidad por olas de calor en Londres	E	Densidad de población. Viviendas en renta. Viviendas como departamento. Viviendas sin central de calor. Población mayor a 65 años
	S	Población con discapacidad. Población con reporte de salud "no bueno". Personas que reciben algún beneficio social. Pensionados. Pertenecientes a algún grupo étnico. Población viviendo en asentamiento comunal
Vulnerabilidad de salud por el cambio climático	S	% de población debajo de la línea de pobreza. % de población sin preparatoria terminada. % de población indígena. % de población que vive sola. % de población mayor de 65 años. % de población mayor de 65 años que vive sola. % de superficie sin cubierta vegetal. % de población diagnosticada con diabetes. % de viviendas sin central de aire acondicionado. % de viviendas sin algún tipo de aire acondicionado
Índice de peligro por inundación	E	Porcentaje de área inundada
	E	Frecuencia de Eventos Extremos. Problemática Ambiental. Clima y Cambio Climático
Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos	S	Población. Salud. Productivo
	CA	Capital Humano. Capital Social. Capital Financiero. Capital Natural. Capital Humano

Tabla 5. Uso de indicadores para el cálculo de vulnerabilidad/peligro

Fuente: Elaboración propia con base en Wolf y McGregor, 2013; CENAPRED, 2016 y; Gay y Conde, 2013. E=Exposición, S=Sensibilidad y, CA=Capacidad Adaptativa

Estos índices se obtuvieron con diferentes métodos, en los que se asocia el desarrollo de algún fenómeno natural con algún aspecto de la población, y en esencia, para los casos internacionales se correlacionan las variables e indicadores que contemplan para su estudio, y para el caso mexicano se remiten al uso de criterios simplificados y a la simple presentación de información, al no usar algún método estadístico que sirva para generar un cálculo preciso sobre el tema de la vulnerabilidad.

Este trabajo promueve el planteamiento de una metodología que se expone en el capítulo cuatro, con la integración de diferentes indicadores con los que tiene relación el estudio de un fenómeno natural que afecta a la población. Al realizar el análisis del conjunto de las variables socioeconómicas y las de carácter ambiental, se espera obtener un índice que represente la vulnerabilidad por inundaciones de la población a escala municipal, y que al realizar su cálculo con las variables de las características socioeconómicas y la parte ambiental el índice sea más que un reporte del número de inundaciones como el caso del índice de peligro de vulnerabilidad.

Atendiendo la falta de una metodología integradora de los aspectos sociales, económicos y ambientales que afectan a la población cuando se desencadena un evento como las inundaciones, en este trabajo se propone el estimar la vulnerabilidad municipal por inundaciones en México, al contar con la información necesaria de las variables y sus indicadores y poder integrarlos con las herramientas estadísticas que le den confiabilidad al índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones, como se verá más adelante.

USO DE INDICADORES DE LAS METODOLOGÍAS QUE MIDEN LA VULNERABILIDAD ASOCIADA A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Las metodologías para el cálculo de la vulnerabilidad van evolucionando al incluir una serie de variables e indicadores que comprenden un conjunto de factores asociados entre sí para poder generar un índice adecuado y específico para comprender y dar una explicación muy certera del comportamiento de un fenómeno que involucre las dimensiones, social, económica y ambiental, y con ello, plantear las medidas necesarias para la reducción del riesgo de desastres asociados a los fenómenos naturales, en este caso de las inundaciones.

A partir de la descripción de Mussetta y otros (2017), de los tres factores con los que el concepto de vulnerabilidad de acuerdo con el IPCC debe estudiarse, es partiendo de la exposición, referente a la variabilidad climática; la sensibilidad del sistema social que resulta afectado y, la capacidad adaptativa de la población donde ocurren los eventos naturales. Estos autores reflexionan con la utilidad de operacionalizar la vulnerabilidad bajo estos tres aspectos en los que con los indicadores de las variables de esas dimensiones el

análisis de la vulnerabilidad resulta más completo.

Con el análisis de algunos trabajos como los de Wolf y McGregor (2013), y Ponce (2018), se identifica que la tarea de generar índices de vulnerabilidad asociados a los fenómenos hidrometeorológicos tiene grandes resultados utilizando metodologías como en países con mayor nivel de desarrollo. En donde se aplican las técnicas estadísticas y los métodos específicos para la estimación de sus índices, y que son un referente para países menos desarrollados que buscan alternativas para el manejo de información y su tratamiento en la construcción de índices de vulnerabilidad asociados a los fenómenos naturales.

Los casos que se presentaron en el orden internacional muestran la eficacia de integrar indicadores tanto sociales, económicos y los naturales o físicos para la construcción de los índices de vulnerabilidad asociados al momento en que sucede algún fenómeno natural, en los que se utilizaron métodos estadísticos más complejos para dichos cálculos. Y la mecánica de integración de sus indicadores responde efectivamente al momento de realizar las estimaciones de sus índices. No se considera que son países con elevados niveles de desarrollo, sino que utilizan las técnicas y métodos más actuales para realizar sus estimaciones.

El caso mexicano presenta un gran avance en la cuestión de medición de indicadores para la construcción del índice de vulnerabilidad que es utilizado en los atlas de riesgos, pero utiliza un método sencillo al aplicar criterios simplificados y es en esta parte donde se puede intervenir con la integración de indicadores a través del método estadístico y con las herramientas tecnológicas más específicas para realizar los cálculos que le confieran un grado de certeza y confiabilidad mayores a los que generan ahora, y convertirse en un instrumento a utilizar en la reducción del riesgo de desastres asociados al desarrollo de algún fenómeno hidrometeorológico en México, y qué pueda ser un modelo para otros países en los que se pueda aplicar esta metodología.

Ante el vacío de esa integración de variables que no se lleva a cabo en México, se recomienda abordar la vulnerabilidad asociada a inundaciones con indicadores socioeconómicos explicados en el siguiente capítulo y que contemplen la población total, el porcentaje de población analfabeta, la población sin primaria completa, el porcentaje de ocupantes de viviendas sin drenaje, ni agua entubada, ni energía eléctrica, el promedio de ocupantes por vivienda, las viviendas con piso de tierra, y, la población económicamente inactiva; así como el desarrollo de inundaciones y con ello organizar la base de datos que sirva para el cálculo de un índice que mida esta vulnerabilidad.

La selección de esos indicadores responde a que son considerados como factores altamente representativos de la cuestión socioeconómica de un territorio y han sido

considerados para la medición de índices sociales como el Índice de marginación, que viene desde el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), además de los factores naturales, en este caso de las inundaciones con los que se conforma esta propuesta metodológica.

En este sentido, se puede seguir el ejemplo internacional para aplicar las metodologías apropiadas para realizar los cálculos de un índice de vulnerabilidad asociado al desarrollo de inundaciones en México que cumpla con los estándares necesarios, a partir de contar con la información estadística para hacerlo, porque se cuenta con los medios suficientes y herramientas para aplicar métodos y técnicas de calidad y que se pueden comparar con trabajos de carácter internacional y de los cuales se pueden generar las medidas necesarias para reducir el riesgo de desastres al contar con información precisa de las zonas más vulnerables ante el embate de algún problema relacionado con los fenómenos hidrometeorológicos.

Bajo ese argumento se destaca que el análisis de las metodologías internacionales permite identificar en contraste con las metodologías que se aplican en México la parte que debe fortalecerse para que el estudio de la vulnerabilidad asociada a las inundaciones sea edificante como fundamento para la propuesta que se presenta en esta investigación en la que se incorporan variables que no se tomaron en cuenta en las metodologías elaboradas por el CENAPRED, y que en este trabajo son una alternativa para realizar el cálculo de la vulnerabilidad municipal por inundaciones.

CONTEXTO TERRITORIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la instrumentación de la propuesta metodológica para medir la vulnerabilidad municipal por inundaciones en México de 2020, se eligió el área de estudio de México en la que se puede representar a nivel nacional la correlación que existe entre diferentes indicadores que intervienen en el estado de vulnerabilidad ante este fenómeno.

Los indicadores seleccionados que corresponden a variables de la dimensión socioeconómica y que son los que se presentan en esta caracterización de la zona de estudio fueron seleccionados a partir de su relevancia en estudios sociales como el Índice de Marginación (IM) y del Índice de Desarrollo Humano (IDH). Para esta metodología propuesta se eligieron variables utilizadas para este índice relativas a la educación, población y vivienda, que determinan y condicionan la calidad de vida de las personas y que se encuentran disponibles para hacer este tipo de estudios sociales.

En esta parte se presenta la caracterización del objeto de estudio de esta investigación describiendo los aspectos geográficos más importantes del territorio nacional que repercuten en el tema de las inundaciones por la parte ambiental, y de lo socioeconómico con los rasgos de la población y vivienda que como se verá más adelante, son las dimensiones en las que está siendo analizada la vulnerabilidad municipal por inundaciones de este trabajo de investigación.

Primero se describe la caracterización geográfica de México con los aspectos físicos más relevantes para el desarrollo de esta investigación; segundo, se presentan de la dimensión socioeconómica los datos de la población con las variables de la educación, vivienda e ingreso, como indicadores que se tomaron en cuenta para el planteamiento de la propuesta de esta investigación. Se presentan las inundaciones como otra variable de análisis para la estimación de la vulnerabilidad asociada a este fenómeno.

La parte final de este capítulo presenta la relevancia que tiene cada uno de los indicadores seleccionados para la conformación de esta propuesta metodológica, describiendo su importancia para relacionarlos e integrarlos en el análisis de la vulnerabilidad municipal por inundaciones para el 2020.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El caso de estudio de este trabajo ocupa los 2 mil 469 municipios de la República Mexicana para el año 2020, que de acuerdo con los datos del INEGI (2019) está ubicado geográficamente (Figura número 1) en el Trópico de Cáncer que divide a la República Mexicana en dos partes, en las que se distingue las principales zonas climáticas en el territorio nacional en la que existe la parte cálida hacia el sur y la otra se caracteriza como

templada hacia el norte.

Se ha elegido el ámbito de estudio circunscrito a la delimitación municipal del territorio nacional para realizar la presente investigación porque se tienen las herramientas para realizar el cálculo y estimación de la vulnerabilidad asociada a las inundaciones, abarcando todos 2 mil 469 municipios en conjunto con las alcaldías de la ciudad de México que reporta el INEGI para el 2020, con lo que se espera concentrar información puntual de todo el territorio mexicano porque existe la información estadística demográfica a esta escala de estudio y con ello poder obtener un acercamiento más preciso del índice de vulnerabilidad municipal con esta metodología.



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2019

La extensión territorial de México le confiere una diversidad de zonas en las que existen condiciones diferenciadas de los aspectos físicos y geográficos del área de estudio, estas características son propicias de los eventos climatológicos que generan las inundaciones, y que al momento en que ocurren interviene directamente el aspecto social con el número de habitantes o la población que resulta afectada por éstas, más adelante se presenta esta información por municipio con el dato del índice de peligro por inundaciones que se publicó para 2016, (es el último dato de fuente oficial), que forma parte para lo correlación de indicadores de la propuesta metodológica de este trabajo.

Caracterización física

El territorio mexicano presenta una diversidad de biomas determinados por las principales cadenas montañosas entre las que destacan la Faja Volcánica Transmexicana, la Sierra Madre del Sur, La Sierra Madre Occidental, La Sierra Madre Oriental y las Sierras de Chiapas y Guatemala, mismas que le confieren la gran variedad de climas por la altitud y latitud a la que está dispuesto el terreno. Esta gran diversidad climática es producto de su ubicación en la parte central del Continente Americano en la que, por encontrarse en el Trópico de Cáncer y muy cerca del Ecuador (INEGI, 2019) su diversificación natural es hasta cierto punto extrema, por existir regiones desérticas y las que frecuentemente presentan temperaturas bajo cero y entre ese rango prevalecen climas más moderados, permitiendo el desarrollo de diferentes tipos de vegetación y de gran variedad de especies animales, tanto en tierra como en los cuerpos de agua continentales y océanos que circunscriben los litorales de la República Mexicana.

Por esas características geográficas en México existen variados aspectos climáticos que determinan diferentes condiciones físicas atmosféricas de las que surgen diversos escenarios naturales que confieren los rasgos del tipo de biodiversidad diferenciada en todo el país. De acuerdo con su ubicación en la que mayor parte del territorio el clima predominante es el cálido subhúmedo, y del cual se tiene una amplia variedad de vegetación y vida silvestre, (INEGI, 2019). Este rasgo promueve la intensidad de lluvias que son la causa de que se generen las inundaciones sobre el territorio ocupado.

Esta situación de las inundaciones es considerada en el estudio de la vulnerabilidad como la variable ambiental porque es un problema recurrente en época de lluvias y que cada vez afecta más población CENAPRED (2014), porque derivado de las lluvias las inundaciones ocurren en zonas densamente pobladas magnificando la cantidad de daños a la población y el territorio. En las áreas urbanas la población y sus bienes resultan los más afectados, en las zonas rurales o alejadas de la ciudad se afectan las zonas de cultivo y la vivienda que como se describe más adelante son construidas con materiales perecederos y no cuentan con características que los protejan cuando se desarrollan las inundaciones.

La diversidad de ecosistemas es producto de los factores como el relieve, latitud y altitud que favorecen la gran variedad de usos de suelo (Figura número 2), que cubren grandes extensiones del territorio mexicano; y en relación con el problema de las inundaciones, cabe resaltar, que según los datos registrados hasta el 2014 por el INEGI, se tiene el uso urbano con un porcentaje muy bajo con la superficie de veinte un mil 742 kilómetros cuadrados, en comparación con los demás usos, pero es donde el riesgo de pérdida de vidas y daños al entorno construido son mayores por el establecimiento de los asentamientos humanos que hacen necesario el uso de herramientas que permitan

conocer el estado de vulnerabilidad de cada municipio para poder incidir en la reducción y minimización de ésta.

Las zonas habitadas son las áreas del territorio nacional donde se presentan las mayores afectaciones cuando ocurren inundaciones. Las localidades, municipios o grandes ciudades son el lugar donde habita la mayor parte de la población, esta característica de la dimensión social con la densidad de población se identifica con el indicador de hacinamiento por vivienda, que como se verá más adelante, y tiene un lugar importante al interrelacionarse con los demás indicadores elegidos para la estimación de la vulnerabilidad municipal por inundaciones por considerarse de acuerdo al índice de Marginación como un indicador que afecta el pleno desarrollo de la familia, y eso es un factor que limita el crecimiento y avance de una sociedad.

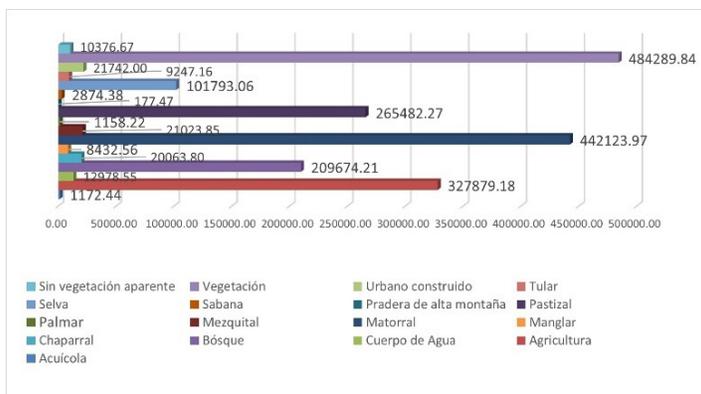


Figura 2. Diversificación de uso de suelo en México

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2014. Cifras en Kilómetros cuadrados.

Con estos datos se observa que una gran parte del territorio agrícola de los municipios, lugares cuya característica principal se asocia con las condiciones vulnerables y donde las inundaciones tienen mayor efecto por los aspectos socioeconómicos de la población que vive en esas zonas, entre las que se identifican viviendas con pisos de tierra y con escasos servicios y energía eléctrica, agua entubada y drenaje, por esas razones, se es más vulnerable por el hecho de sufrir las inundaciones, ya que estas características en la vivienda promueven que el estado de vulnerabilidad existente incremente los daños ocasionados cuando ocurren las inundaciones como se revisará más adelante con la aplicación de la presente metodología.

INDICADORES DE LA DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA

La elección de los indicadores que se describen en este capítulo responde a la importancia que representan para el estudio de fenómenos sociales y que son utilizados de manera oficial porque conjuntan los aspectos que definen y caracterizan la calidad de vida de las personas de manera clara y que por ello se utilizan en el índice de marginación para describir el grado de desarrollo de las ciudades.

A continuación, se describen las características de las variables de población y vivienda con una serie de indicadores que son los que se proponen en la metodología planteada en esta investigación, comenzando con la variable de población, seguida de la vivienda y terminando con la variable de ingreso y de las inundaciones.

Población Total

La población total de México fue estimada al cierre de 2020 según el INEGI, en 127 millones 792 mil habitantes, de acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda, en la que se presentó una densidad de 65 habitantes por kilómetro cuadrado, destacando el crecimiento poblacional en las áreas consolidadas de las grandes ciudades. Destacando los lugares con mayor concentración de población con el Estado de México y la Ciudad de México con 16 millones 992 mil 418 y 9 millones 209 mil 944 habitantes respectivamente. En seguida se tiene al Estado de Jalisco y Veracruz con más de 8 millones de personas. Puebla, Guanajuato, Nuevo León, Chiapas, Michoacán, Oaxaca y Baja California van de los 3.5 a los 6.5 millones de personas. El resto de los Estados, están por debajo de los 3 y medio millones de habitantes.

Se ha cuantificado que existen territorios con mayor número de habitantes, donde las zonas consolidadas mantienen un crecimiento constante de la población, aumentado la concentración poblacional en lugares poco aptos para los asentamientos humanos y que la única opción que tienen es ocupar lugares no apropiados para el desarrollo habitacional, en zonas de riesgo, a lo largo de ríos, zonas de cultivo o de bosques y selvas, promoviendo la falta en cobertura de servicios y contribuyendo al deterioro ambiental; esta cantidad de población es referente de aspectos y problemas sociales que sirven para seleccionar los indicadores que representan los estados de vulnerabilidad de las comunidades.

Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta

Con la concentración de población ocurre lo mismo para el indicador de la condición de analfabetismo que de igual forma se incrementó en los Estados de Veracruz, Chiapas, Estado de México y Oaxaca, con más de trescientos cincuenta mil personas analfabetas de 15 años y más, hasta las casi cincuenta y dos mil personas como máximo. El estado con menos analfabetismo en personas de ese rango de edad es Baja California Sur, con casi

14 mil habitantes con esta característica. según datos del INEGI, 2020.

Esta condición de analfabetismo incrementa el indicador con población que no ha terminado la educación primaria básica que se verá a continuación, y que es un reflejo de condiciones de marginación que mantienen un rezago de las oportunidades de mejores opciones de empleo.

Porcentaje de población de 15 años sin primaria completa

Al contrario de la población analfabeta existe mayor población sin primaria terminada en Veracruz con casi ocho cientos mil habitantes y el Estado de México con más de 773 mil personas. Jalisco, Puebla y Chiapas superan los quinientos mil habitantes con esta característica. Michoacán y Oaxaca registran más de 400 mil. Guanajuato un poco más de 380 mil. Guerrero, Ciudad de México, Sinaloa y Nuevo León cuentan con más de 200 mil habitantes sin primaria terminada. El resto de los estados están por debajo de esta cantidad según datos del INEGI, 2020.

Este indicador es un parámetro del alcance que tiene el grueso de la población respecto al acceso a mejores condicionantes de la calidad de vida que se reflejan en las características de la vivienda y a los servicios básicos necesarios para sustentar niveles de vida adecuados.

Porcentaje de viviendas sin drenaje ni excusado

Se ha contabilizado la cantidad de viviendas sin servicio de drenaje ni excusado, con datos del INEGI, 2020, detectando el Estado de Oaxaca y Veracruz que superan las doscientas mil viviendas sin este servicio. Después Chiapas, el Estado de México y Guerrero con más de ciento once mil viviendas sin drenaje ni excusado. un porcentaje de casi 14 % sin esta característica. A partir de estos Estados el número de viviendas con esta característica está por debajo de las 82 mil viviendas. Existe una relación directa con la concentración de población, pues a mayor concentración de habitantes, la cobertura de los servicios se ve afectada y no se cubre en su totalidad, sin embargo, la excepción es la Ciudad de México, pues, aún por ser la entidad más poblada, es mínimo el porcentaje de viviendas sin este servicio.

La condición de ausencia de drenaje ni excusado son aspectos que mantienen situaciones de rezago y que, con la falta de otro servicio en la vivienda, aumentan los niveles de vulnerabilidad, en los que se afectan las personas por dar origen a focos infecciosos y problemas de salubridad, a lo que se suma la falta de electricidad que es indispensable para mantener las condiciones de alumbrado y refrigeración de los alimentos mínimo-necesarios. Este dato se concentra en los Estados con mayor pobreza en México.

Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica

Veracruz, Oaxaca y Chiapas son los Estados el mayor número de viviendas sin energía eléctrica, que van de los 23 mil hasta las 32 mil viviendas con esa característica. Los Estados de Chihuahua, Guerrero, México, Puebla y San Luis Potosí tienen viviendas sin ese servicio de las once mil hasta las 17 mil viviendas, según lo reporta el INEGI 2020. Los demás Estados, están por debajo de las nueve mil viviendas sin energía eléctrica.

Estos Estados presentan déficit en la mayoría de sus servicios básicos por la difícil accesibilidad de municipios alejados de las zonas urbanas, quedando sin cobertura de estos, y manteniendo el estado de vulnerabilidad ante el desarrollo de fenómenos naturales, situación que se agrava por la falta de agua potable, otro servicio altamente necesario para mantener condiciones deseables de vida.

Porcentaje de viviendas sin agua entubada

El servicio de agua entubada es aún más escaso que el drenaje y la energía eléctrica a causa de la concentración de población que es el principal factor que limita y dificulta su cobertura, teniendo para el 2020 Veracruz tiene el mayor número de viviendas sin esta cobertura. Los Estados de Chiapas, México, Oaxaca y Guerrero van de las cien mil hasta las ciento 12 mil viviendas con esta característica, y el resto de los Estados se encuentran por debajo de las 76 mil viviendas sin agua entubada.

El servicio de agua entubada es de los aspectos fundamentales y necesarios en la vivienda, y se convierte en uno de los factores esenciales que condiciona el estado de vulnerabilidad que se está estudiando, y al combinar éstos con factores como el hacinamiento se incrementa la vulnerabilidad provocando la escasez de los servicios con que se cuenta en la vivienda.

Promedio de ocupantes por vivienda

El hacinamiento está considerado como elemento de la vulnerabilidad por el número de ocupantes que hay en cada vivienda que al superar el número de personas dentro de los parámetros internacionales que le confieren un estado aceptable para el esparcimiento y desarrollo individual de las actividades personales al interior de la vivienda, se convierte en un factor que compromete ese desarrollo y lo agrava cuando se presenta una situación del riesgo de desastre al presentarse las inundaciones.

En este caso los Estados de Chiapas, Durango, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Puebla y Veracruz cuentan con municipios con un registro de ocupantes por vivienda superior a la media estatal, teniendo un dato de 5 a 9 personas como ocupantes por vivienda. El promedio de ocupantes por vivienda para todos los estados es de 4 ocupantes por vivienda,

sin embargo, en los estados con municipios con mayor índice de hacinamiento la situación de vulnerabilidad incrementa el riesgo de desastre al presentarse las inundaciones.

El número elevado de ocupantes por vivienda afecta negativamente el nivel de vida de la población por disminuir el espacio vital y de esparcimiento al interior de la vivienda y al conjugarse con la falta de servicios mencionados el estado de vulnerabilidad aumenta ante el desarrollo de los fenómenos naturales que afectan el territorio y la población, situación que se agrava por características en la vivienda como el piso de tierra, que se presenta a continuación.

Porcentaje de viviendas particulares con piso de tierra

Los datos del INEGI 2020, del Censo Nacional de Población y Vivienda muestran las viviendas particulares habitadas que cuentan con piso de tierra, factor que también influye en el incremento de la vulnerabilidad ante situaciones de riesgo por el desarrollo de los fenómenos naturales adversos, y del que se ha estimado un porcentaje de viviendas con piso de tierra que va del cinco al 10 por ciento de viviendas con esta característica en los Estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca y Guerrero, este último ocupa el Estado con mayor porcentaje.

Para el resto de los demás Estados menos del cuatro por ciento de las viviendas tienen piso de tierra, Tlaxcala, Jalisco, Tamaulipas, Yucatán, Zacatecas, Nuevo León, Coahuila y Aguascalientes tienen apenas el uno por ciento de las viviendas con esa característica. La Ciudad de México es el lugar con menos viviendas con piso de tierra.

El piso de tierra es una característica de las viviendas que las hace susceptibles a las inundaciones porque no cuentan con material en pisos que limita la filtración del agua y genera condiciones insalubres y daños al interior de la vivienda; esta situación persiste en localidades pequeñas en los municipios y con mayor porcentaje en aquellos con localidades de menos de 5 mil habitantes.

Porcentaje de población económicamente inactiva

El indicador socioeconómico que se registra para esta investigación y que representa la variable de la población que genera ingresos, es referente a las personas con algún tipo de empleo y que de acuerdo con el Índice de Marginación no tener un empleo refleja la capacidad económica de la sociedad que está por debajo de la línea de la pobreza y ello mantiene el rezago y atraso en el desarrollo de los Estados, entre los que tienen menos del 30 por ciento de su población sin realizar alguna actividad económica, sin empleo y sin generar ingresos están Morelos Tabasco, Michoacán, Nayarit, Campeche, Aguascalientes, Chiapas, Jalisco, Colima, Querétaro, la Península de Baja California y Quintana Roo. Los demás Estados superan el 30 por ciento de población desempleada, sin actividad

económica y que no genera ingresos.

Esta variable de la generación de ingreso determina la accesibilidad de las personas a mejores condiciones de vivienda, educación, alimento, seguridad social y a los servicios que condicional el nivel y la calidad de vida de las personas. Sin tener un empleo o actividad económica o no generar ingreso, todos los demás factores socioeconómicos y de la vivienda son un problema adicional cuando se desencadena un escenario adverso por la interacción de los fenómenos hidrometeorológicos como las inundaciones, por lo que este indicador es fundamental para el cálculo del índice de vulnerabilidad que se está planteando en este libro.

INUNDACIONES, LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

Con este punto se presenta la parte ambiental de la que parte el desarrollo de esta investigación, con la variable inundaciones como el factor físico con el que se correlacionan las demás variables socioeconómicas para estimar el índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones que se propone en este documento, destacando que se utiliza el resultado del índice de peligro para dicha propuesta.

El índice de peligro por inundación que se presenta a continuación está compuesto por variables físicas entre las que intervienen características topográficas, edafológicas e hidrometeorológicas con las que fue calculado el índice. Para esta investigación se considera el resultado de ese índice para hacer repetitiva la correlación de información, en la que se adhieren nuevas variables para la propuesta metodológica de esta investigación que incluye las variables físicas y la socioeconómicas.

Esta información que describe el aspecto ambiental se desarrolla utilizando el indicador natural del índice de peligro por inundaciones 2016, publicado por el CENAPRED, y que fue diseñado a partir de diferentes aspectos de carácter físico como la cantidad de lluvia, las condiciones de terreno, el tipo de suelo y su uso, con los escurrimientos, para determinar zonas susceptibles de inundación.

Por la exposición de la población mexicana al impacto de los fenómenos naturales y entre los que destacan los hidrometeorológicos, se tiene el peligro de las lluvias intensas que generan inundaciones de acuerdo con el CENAPRED 2016, este índice de peligro muestra los municipios más afectados por este evento, desencadenando daños a la población y al entorno que se ha construido, deteriorando el equipamiento e infraestructura, además de cultivos o áreas naturales. En estas situaciones el mayor problema es la pérdida de vidas y daño a la vivienda.

Por ese motivo es de suma importancia realizar estudios que permitan determinar los sitios más vulnerables ante el desarrollo de las inundaciones. Tomando en cuenta aspectos

socioeconómicos, no solo el nivel de peligro de lluvias que existe, para lo que se plantea el uso de diversos indicadores para el cálculo de la vulnerabilidad ante las inundaciones con un enfoque integrador. No sólo determinar la vulnerabilidad por el peligro de inundación, sino que debe considerarse la interacción con otros aspectos de la sociedad incluyendo para eso, la dimensión socioeconómica y la ambiental.

En esta parte ambiental el porcentaje de área inundable se ha utilizado para estimar en cinco rangos de peligro en el Atlas Nacional de Riesgos por el CENAPRED 2016.

Entidad federativa	Alto	Bajo	Medio	Muy alto	Muy bajo	Total
Aguascalientes	2	5	3		1	11
Baja California		2	1	1	1	5
Baja California Sur	2	2			1	5
Campeche	3		1	7		11
Chiapas	16	33	24	17	28	118
Chihuahua	5	15	4	7	36	67
Coahuila De Zaragoza	7	8	7	6	10	38
Colima	3		1	6		10
Distrito Federal	1	2	1	11	1	16
Durango	4	11	3	2	19	39
Guanajuato	8		9	23	6	46
Guerrero	14	23	21	9	14	81
Hidalgo	25	20	29	3	7	84
Jalisco	40	24	32	25	4	125
México	14	15	26	41	29	125
Michoacán De Ocampo	35	14	28	29	7	113
Morelos	10	1	17	3	2	33
Nayarit	7	4	3	5	1	20
Nuevo León	18	8	9	11	5	51
Oaxaca	83	158	104	53	172	570
Puebla	41	57	59	16	44	217
Querétaro De Arteaga	10	2	4	1	1	18
Quintana Roo	6	1		3		10
San Luis Potosí	13	6	9	24	6	58
Sinaloa	8	3	3	4		18
Sonora	5	15	6	5	41	72
Tabasco				17		17
Tamaulipas	12	1		28	2	43
Tlaxcala	11	11	12	5	21	60
Veracruz-Llave	43	15	29	113	12	212

Yucatán	38	16	37	10	5	106
Zacatecas	7	20	9	6	16	58
Total general	491	492	491	491	492	2457

Tabla 6. Recuento de municipios por índice de peligro por inundación, México, 2016.

Fuente: Elaboración propia con base en CENAPRED, 2016

Como se observa se reportan 492 municipios con nivel 1 de peligro y el mismo número con nivel 2. En el nivel de peligro 3, el nivel 4 y 5 se registraron 491 casos, considerados como Alto, Medio y Muy alto peligro de inundación. Sí se observa esta clasificación detenidamente, los rangos están divididos en 5 partes casi iguales, por variación de un dato (tabla 6). La forma de utilizar el dato de este indicador es con respecto al dato del nivel de peligro, que representa la afectación que provocan las inundaciones reflejadas en el porcentaje de territorio inundado en el punto máximo de las inundaciones registradas durante el año y es el parámetro del factor ambiental que se considera el detonante en los estados de vulnerabilidad del territorio.

Con esta descripción de los aspectos naturales y socioeconómicos se presenta el contexto del objeto de estudio para la aplicación de la propuesta metodológica planteada en esta investigación de la que se identificaron los aspectos socioeconómicos más importantes y que son referentes de los niveles de la calidad de vida de la sociedad y que son utilizados para calcular índices como el de marginación y de desarrollo humano.

Como se verá adelante, la incorporación de la vivienda como variable para el estudio de la vulnerabilidad muestra que existen características de ésta que se consideran un factor negativo en el desarrollo de las inundaciones. Con los aspectos de la población, el hacinamiento y los niveles educativos aumentan negativamente los estados de vulnerabilidad y la variable de personas ocupadas en alguna actividad económica y que generan ingresos como indicador que disminuye las posibilidades tener posibilidades de solventar y enfrentar eventos naturales como las inundaciones.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD MUNICIPAL POR INUNDACIONES EN MÉXICO

En este capítulo se presenta la propuesta metodológica a partir del análisis hecho en el capítulo anterior con las metodologías internacionales y lo que ha publicado el CENAPRED en México para la medición de la vulnerabilidad social asociada los fenómenos naturales. En este contexto, se describen a continuación los elementos necesarios para llevar a cabo la estimación de la vulnerabilidad asociada las inundaciones en México con datos del 2020, por ser el año censal inmediato al que se suscribe esta investigación.

Primero se destacan los aspectos metodológicos para llevar a cabo la operacionalización de la propuesta metodológica que se plantea en esta investigación con la descripción de la forma en que se aborda el tema de la vulnerabilidad social ante las inundaciones considerando las dimensiones que componen el estado de vulnerabilidad, las variables de análisis y los indicadores seleccionados para realizar la instrumentación de esta metodología.

Después, se señalan los indicadores que intervienen en el cálculo de la vulnerabilidad de esta propuesta metodológica con la relación que existe entre ellos, y se presentan los indicadores seleccionados que serán utilizados en el siguiente capítulo de la puesta en marcha de la metodología planteada.

ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA LA MEDICIÓN DE LA VULNERABILIDAD MUNICIPAL POR INUNDACIONES

La parte metodológica de la propuesta planteada en esta investigación se sujeta a las dimensiones de la vulnerabilidad que Mussetta y otros (2017), presentan de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de la población como los factores que interactúan como vulnerabilidad social ante los fenómenos naturales.

Este documento presenta esa correlación entre diferentes indicadores de los aspectos socioeconómicos y de las inundaciones como el factor ambiental. Estos fueron seleccionados de las variables de vivienda, población, educación y población activa económicamente como parte de la dimensión de la sensibilidad y la capacidad adaptativa, y por la parte ambiental de la variable inundaciones se tomó el índice de peligro por inundaciones a nivel municipal como dato de ese indicador relativo a la exposición, y en conjunto se plantea estimar la correlación que existe entre todos los indicadores para obtener un índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones para México.

La construcción metodológica supone la conjunción de utilizar diferentes aspectos

que manejan diversas variables de estudio de las cuales por su característica deben ser tratadas con el uso de técnicas específicas dentro de las que destacan aquellas que manejan datos cuantitativos y en las que se aplican las técnicas de la geoestadística y los de corte territorial o espacial que se analizan utilizando los sistemas de información geográfica.

Dentro del marco del ordenamiento territorial y del urbanismo se busca el mejoramiento de las condiciones de los asentamientos humanos y del establecimiento de los nuevos. Atendiendo todas las variables que intervienen en el funcionamiento de ellos, lo que requiere un análisis global en el que se observan todos los elementos con un enfoque sistémico, con la visión epistémica y con la cual se puede explicar el fenómeno de estudio y su problemática.

Para vincular las diferentes variables con su conjunto de sus indicadores se han identificado previamente aquellos que intervienen directamente con el fenómeno de las inundaciones a partir de la caracterización de la zona de estudio incluyendo la dimensión socioeconómica y finalmente la parte ambiental en la que se contemplan las inundaciones. Primero se han seleccionado los indicadores respecto al ámbito del empleo, la vivienda, educación y población que se combinarían con el desarrollo de inundaciones. Se utilizan algunos indicadores del índice de marginación que serán correlacionados con las zonas propensas a inundaciones, utilizando el marco geoestadístico municipal 2020.

De esta forma se correlacionan los aspectos socioeconómicos y las inundaciones mediante la metodología propuesta en esta investigación para estimar la vulnerabilidad municipal por inundaciones con el análisis del enfoque integrador de las diferentes variables que son consideradas como relevantes para realizar el análisis de la vulnerabilidad.

VARIABLES E INDICADORES SELECCIONADOS PARA ESTIMAR LA VULNERABILIDAD MUNICIPAL POR INUNDACIONES

Los conceptos que se analizan como los componentes que interaccionan con la vulnerabilidad son la sensibilidad relativa a los bienes, infraestructura, viviendas y el hombre que están expuestos a resentir los daños que causa una inundación. También por la capacidad de fortalezas, atributos y recursos humanos de la sociedad que pueden reducir o disminuir los efectos de alguna amenaza como las inundaciones que provienen del ingreso, y por último ante la exposición a las inundaciones que en conjunto son factores que determinan el daño que resulta al desencadenarse un desastre.

Con el concepto de la vulnerabilidad explicado anteriormente, se entiende que promueve una situación propensa de recibir daños al ocurrir algún fenómeno natural que perturbe las condiciones habituales de un entorno determinado, y este se mide por

los indicadores más representativos de los aspectos socioeconómicos, además de ese indicador natural. La metodología integra la dimensión social, económica y ambiental. Cada una de ellas tiene sus indicadores que son correlacionados para obtener el índice de vulnerabilidad social por inundaciones utilizando el método de análisis de componentes principales.

El índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones se construye por la correlación entre los indicadores de los aspectos socioeconómicos y la amenaza ambiental por el desarrollo de las inundaciones. El primero de ellos, el socioeconómico con indicadores asociados a las características de la población que al interactuar con los indicadores de la otra dimensión pueden incrementar el grado de vulnerabilidad por inundaciones, y son los aspectos socioeconómicos de la población que están asociados con la variable ambiental los que determinan el grado de vulnerabilidad que se está estudiando.

Los indicadores seleccionados de la dimensión socioeconómica se obtuvieron a partir de la información estadística publicada por el INEGI del Censo Nacional de Población y Vivienda 2020. La elección de los siguientes indicadores se hizo con la identificación de algunas variables que utiliza el índice de marginación porque se considera que sus indicadores son reflejo de las características socioeconómicas de los aspectos de la población que la predisponen y vuelven más vulnerable, eligieron los siguientes indicadores:

- Población total municipal
- Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta
- Porcentaje de población de 15 años sin primaria completa
- Porcentaje de vivienda sin drenaje ni excusado
- Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica
- Porcentaje de viviendas sin agua entubada
- Promedio de ocupantes por vivienda
- Porcentaje de viviendas con piso de tierra
- Población económicamente inactiva

En la dimensión socioeconómica con información del 2020 del Censo se ha considerado la variable de la población dedicada a alguna actividad económica y por la que puede generar un ingreso, porque es lo que determina el acceso a mejores condiciones de vida, calidad de servicios y en las características de la vivienda y del bienestar de la población, y también, porque es referente del rezago en el desarrollo y crecimiento de la sociedad por representar la accesibilidad a las condiciones básicas que superan la línea de pobreza de los grupos más vulnerables de la sociedad.

De la dimensión ambiental se han seleccionado las inundaciones como el indicador del índice de peligro por las inundaciones que, con la intervención humana se convierte en una amenaza al afectar la vivienda, bienes, cultivos e infraestructura y está es recopilada de la información del Sistema Nacional de Protección Civil, a través del Centro Nacional de Prevención de Desastres en 2016, del que se toma el concentrado del índice de peligro por inundación. Elaborado a partir de los registros de precipitación, escurrimientos, topografía, edafología, vegetación y el uso del suelo, con apoyo de la Comisión Nacional del Agua, y ese concentrado del índice de peligro es el indicador que se toma como aspecto ambiental con el:

- Nivel de peligro de inundación.

Con los datos de este índice de peligro por inundaciones del CENARED (2016) por municipio se tiene el indicador de la dimensión ambiental, y con la información de los otros 10 indicadores de la parte socioeconómica se procedió a ejecutar el análisis de extracción factorial por el método de componentes principales con el programa estadístico SPSS, con el que se obtuvieron los resultados que conforman el índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones para el 2020, presentado más adelante.

Es importante resaltar que esta metodología podrá ser empleada en cualquier escala territorial, ya sea municipal, estatal, o como en este ejercicio a nivel nacional, y a su vez podría usar datos de los aspectos socioeconómicos y ambientales que respondan a una condición en particular según sea el estudio seleccionado.

CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD MUNICIPAL POR INUNDACIONES EN MÉXICO, 2020

Con la propuesta de una metodología para medir la vulnerabilidad social ante las inundaciones se identifica que no sólo intervienen el fenómeno natural de la dimensión de la exposición considerando la variable de las inundaciones, sino que en la parte de la sensibilidad hay variables que deben considerarse para el cálculo de este índice.

Los indicadores seleccionados de la dimensión sensibilidad corresponden a las variables de la población, vivienda y educación; y por la capacidad adaptativa se toma la variable de población sin actividad económica como determinante de la capacidad de hacer frente a situaciones adversas y la interrelación que se propone entre todos los indicadores es la diferencia con respecto al índice de peligro por inundaciones del CENAPRED, cubriendo de esta forma los aspectos que no considera esa metodología.

Una vez que se han descrito los indicadores seleccionados para realizar la propuesta metodológica de la presente investigación, se presenta en este punto la relevancia que

se detectó en ellos para ser considerados los indicadores para calcular la vulnerabilidad municipal por inundaciones en México para el año 2020.

La primer dimensión de la que se eligieron los indicadores considerados como representativos de la vulnerabilidad es la socioeconómica, en que el factor de la sensibilidad representa la parte de la población que resiente el embate las fuerzas de la naturaleza, para esta investigación se hace el análisis con respecto a las inundaciones, y que afectan a la población en general, y con esta metodología se pretende identificar qué parte de la población resulta más vulnerable por las características socioeconómicas que están siendo consideradas para este estudio.

Estas características socioeconómicas se toman de las variables de población, vivienda, y educación, de las que se eligieron los indicadores más representativos de la sociedad y que se han utilizado para estimar el índice de marginación, lo que le confiere a esta investigación cubrir con los aspectos de la población que son considerados como factores cuantificables de la calidad de vida de las personas.

De la variable población se eligió el indicador de población total, de la educación el porcentaje de población de 15 años o más analfabeta y el porcentaje de población de 15 años sin primaria completa, porque son indicadores de rezago y marginación social que al encontrarse la población con estas características es más complicado el comprender la situación de riesgo que representa vivir en lugares propensos al desarrollo de las inundaciones.

De la variable de vivienda los indicadores seleccionados son del porcentaje de ocupantes en vivienda sin drenaje ni excusado, el porcentaje de viviendas sin energía eléctrica, el porcentaje de viviendas sin agua entubada, el porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento y el porcentaje de viviendas con piso de tierra, que son características de la vivienda que aumentan las afectaciones y representan estados de vulnerabilidad que dificultan hacer frente al momento de generarse las inundaciones.

En la capacidad adaptativa del territorio de estudio se identificó la variable empleo, con el indicador del porcentaje de población sin actividad económica y que no genera ingresos por ser considerado el aspecto de la población que limita el acceso a mejores condiciones de vida desde la alimentación, educación, vestido, tipo de vivienda, acceso a servicios de salud y entretenimiento, y que al ocurrir las inundaciones son menos las posibilidades que se tienen al no contar con alguna actividad económica que permita generar ingresos, lo que limita resolver los problemas que se derivan de estos fenómenos y condicionan el estado de vulnerabilidad del territorio.

La metodología propuesta utiliza información de indicadores públicos y de carácter oficial; para el desarrollo de esta investigación, a partir de lo que se elaboró la base de datos

de todos los indicadores para realizar los cálculos del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones en México 2020, del que se presentan los resultados en el siguiente capítulo.

ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL IVMI

Para la operacionalización de la metodología propuesta en esta investigación se identificaron las variables de las dimensiones del aspecto socioeconómico y de las inundaciones que serán utilizados para calcular el índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones, partiendo de que en este fenómeno intervienen la exposición con la variable de las inundaciones y de ésta se toma el nivel de peligro por inundación; para la sensibilidad se toman las variables de población, vivienda y educación; y la capacidad adaptativa refiere a la variable de la población que no realiza actividades económicas, y que por lo tanto no percibe ingresos.

Con la selección de variables e indicadores de los aspectos socioeconómicos y de las inundaciones se integra la base de datos que debe estandarizarse para poder realizar los cálculos de la extracción factorial del conjunto de indicadores normalizados y con el índice estimado se realiza la estratificación de Dalenius y Hodges para delimitar los rangos en que se presenta la vulnerabilidad, por los rangos Muy Alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo.

La integración de las dimensiones socioeconómica y ambiental responde a una serie de indicadores clasificados por la mayor correlación que presentan entre ellos que considera las variables de cada dimensión y permite la representación de las variables del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones (IVMI), y con ésta se proyectan cartográficamente las cinco categorías de la vulnerabilidad expresada por los rangos Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto.

Con esta propuesta metodológica para la estimación del índice de vulnerabilidad social ante inundaciones se muestran las características socioeconómicas y ambientales de la población dentro de la unidad de análisis que en ese caso es en escala municipal para indicar las condiciones en que se encuentran los sectores de la población al estar susceptibles a resentir daños cuando ocurren las inundaciones y además, para medir los daños probables al ocurrir éstas.

En el diseño de este índice se identificaron de la dimensión socioeconómica y de la ambiental los indicadores con mayor relevancia al mostrar las características de la sociedad más desfavorables que al interactuar con el factor de las inundaciones incrementa o disminuye su vulnerabilidad. La correlación que existe entre ellos se estima utilizando el Método de Análisis de Componentes Principales con el que se calcula la variabilidad de cada indicador y se correlacionan entre sí para generar el modelo de vulnerabilidad del fenómeno de estudio.

La aplicación de esta propuesta metodológica se presenta a continuación, mostrando los resultados y hallazgos encontrados por el desarrollo de este trabajo de investigación.

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD MUNICIPAL POR INUNDACIONES EN MÉXICO, 2020

En esta sección se presenta el ejercicio de la metodología propuesta para medir la vulnerabilidad municipal por inundaciones (IVMI) calculado para el año 2020, para el cual se encontró información que integra los principales aspectos socioeconómicos y el aspecto ambiental en el ámbito municipal. Siendo los factores que aumentan el estado de riesgo en diferentes sectores de la población y que se intensifican en las comunidades más vulnerables por encontrarse en condiciones más desfavorables; estos indicadores son reflejo de las condiciones de progreso y calidad de vida.

Esta metodología se aplica ante el desarrollo de las inundaciones que suceden en el territorio de forma repentina al momento de ocurrir lluvias intensas que sobrepasan la capacidad de drenaje y filtración al subsuelo, y que combinadas con los asentamientos humanos ubicados en zonas no aptas para ser urbanizadas, generan las inundaciones que afectan la vivienda, los bienes y a la población, por lo que es necesario contar con herramientas de análisis y medición de la vulnerabilidad de las zonas más propensas a ser afectadas por estos fenómenos naturales; y con ello generar las acciones pertinentes para disminuir la vulnerabilidad de la población ante las inundaciones.

El Índice de Vulnerabilidad Municipal por Inundaciones (IVMI) se integra por dimensiones consideradas como relevantes por la CEPAL (2005), primero de la socioeconómica y segundo, del aspecto ambiental con las inundaciones que se han convertido en un problema recurrente en temporada de lluvias y que afecta en mayor medida a la población más vulnerable. En la dimensión socioeconómica se conjuntan una serie de indicadores a partir de su relevancia por la revisión de investigaciones oficiales como en el índice de Marginación, que son representativos de las condiciones a aspectos considerados como críticos en cuanto a la vulnerabilidad se refiere.

Las inundaciones como problema pueden afectar a diferentes sectores de la población, pero existen grupos sociales con mayor vulnerabilidad que otros por sus características socioeconómicas que al relacionarlas con el transcurso de las inundaciones se combinan y correlacionan representando un índice de vulnerabilidad con el que se identifican las zonas cuya afectación es mayor por el desarrollo de las inundaciones y viceversa.

Al contar con esta información se logra correlacionar las características socioeconómicas y el aspecto natural de las inundaciones, mostrando con ello una situación vulnerable de la población, y tras generar esta base de datos y calcular el índice

de vulnerabilidad municipal por inundaciones se pueden tomar medidas al respecto para disminuir el número de población que está en riesgo por las inundaciones. Partiendo de esta idea, se desarrolla esta metodología para la medición de la vulnerabilidad municipal asociada a las inundaciones en México. Esta metodología se considera una herramienta aplicada en el urbanismo para la reducción del riesgo de desastres.

El desarrollo de esta metodología comienza con la definición de los conceptos y terminología a partir de lo que dicta la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR, 2016), en la que se define el riesgo como la posibilidad de que se produzcan daños a los bienes, sociedad y ambiente determinados por la probabilidad de que una amenaza afecte en la exposición de una comunidad por su nivel de vulnerabilidad y su capacidad de recuperación. Las amenazas por su parte se conforman por todos los procesos en los que interviene la actividad humana y en los que se presentan muertes o daños al entorno social económico y ambiental, para este trabajo se toma como fenómeno natural a las inundaciones.

Ahora se presentan los resultados de la operacionalización del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones aplicado en México describiendo la generación de la base de datos y los cálculos que se llevaron a cabo para la estimación del índice hasta la representación cartográfica de los grados de vulnerabilidad obtenidos. Se muestran los resultados de este ejercicio con su análisis destacando los contrastes entre los hallazgos encontrados y lo que significa que se hallan encontrado lugares con grados muy altos o altos de vulnerabilidad y en los que es menor ese rango. Finalmente se hace un recuento y recapitulación de lo que surgió en el desarrollo de cada capítulo de este documento como corolario de la investigación.

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD MUNICIPAL POR INUNDACIONES.

La construcción del índice de vulnerabilidad se realizó a partir de la información recabada del Censo Nacional de Población y Vivienda 2020 y con datos del CENAPRED del índice de peligro por inundación 2016, de los que se obtuvieron y seleccionaron de la dimensión socioeconómica y la ambiental los porcentajes de sus indicadores. Los datos de cada indicador ya normalizados y en conjunto se corrieron por el programa SPSS para generar el cálculo del IVMI y con ello se procedió a la estratificación por medio del método de Dalenius y Hodges para representar los 5 grados de vulnerabilidad desde Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto.

Para realizar lo anterior, primero se estandarizaron cada uno de los indicadores para tipificar los valores antes de calcular las proximidades entre ellos y se pudiera correr

el método de Análisis de Componentes Principales. Una vez estandarizados los datos se realiza el análisis factorial de la extracción con dicho método; posteriormente, se traslada al Excel ese factor extraído para estimar los estratos de los que se obtuvieron los rangos que identifican los grados de vulnerabilidad municipal por inundaciones. Se usa la estratificación de Dalenius y Hodges en lugar de hacerlo aleatoriamente como lo hizo CENAPRED con el índice de peligro por inundación.

Dicha estratificación se realiza al tener ordenados los datos del factor extraído de menor a mayor, después de eso se calcula el logaritmo natural de 10 del total de datos estudiados, en este caso de los 2 mil 469 municipios para el año 2020, y con ese dato se calcula el número de rangos desde el dato mínimo hasta el máximo para proceder a la estimación de frecuencias, las discriminadas y las acumuladas, en las que se verifica que las sumatorias coincidan con el total de casos, así la estratificación cumple con la restricción de trabajar con el número total de datos sin excluir alguno.

Con la serie de frecuencias se calcula su raíz cuadrada acumulada para identificar el valor más cercano a 1 de los cinco estratos a estimar, y con ese dato se identifica el valor del dato que determina el límite del intervalo de cada estrato con los que se podrá identificar el número de casos que se encuentren en ese rango. Después en el SPSS se recodifican en distintas variables los valores antiguos del factor extraído por el método de componentes principales, con valores nuevos de los grados de vulnerabilidad municipal por inundaciones en el que 1 es Muy bajo, 2 Bajo, 3 Medio, 4 Alto y 5 Muy alto, y al ejecutar se recodifica el índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones en los grados que fueron estratificados.

Con el índice representado en grados de vulnerabilidad se procesa en el Sistema de Información Geográfica de ArcGIS para la representación cartográfica con la generación de los mapas que muestran la información del índice de vulnerabilidad social por inundaciones. El índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones representa la correlación que existe entre las dos dimensiones de la vulnerabilidad propuestas en este trabajo; en todos los casos se utilizó el método de Análisis de Componentes Principales para calcular el índice, utilizando la siguiente fórmula:

$$Y_{i1} = \sum_{j=1}^{11} C_j Z_{ij} = (C_1 Z_{i1} + C_2 Z_{i2} \dots + C_{11} Z_{i11}) = IVMI_i$$

Fórmula 2. Método de Análisis de Componentes Principales

Donde:

Y_{i1} : es el valor de la unidad de análisis i en la primera componente principal estandarizada,

C_j : es el ponderador del indicador j para determinar la primera componente principal estandarizada,

Z_{ij} : es el indicador estandarizado j de la unidad de análisis " i ", e

$IVMI_i$: es el valor del índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones de la unidad de análisis " i ".

En la dimensión socioeconómica respecto a la sensibilidad se selecciona la Población total municipal; el Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta y el Porcentaje de población de 15 años o más sin educación primaria completa, considerando que la deficiencia en la escolaridad repercute en la interacción social a nivel individual y comunitario, además, en el ámbito laboral, también es un referente de mejor accesibilidad a ofertas de trabajo mejor remuneradas y condiciona el ingreso, ello muestra que las condiciones de vulnerabilidad se acentúan al prevalecer esos factores.

En este aspecto también de la sensibilidad se contabiliza el Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas, por considerarse el nivel de hacinamiento uno de los factores que compromete la estabilidad y desarrollo pleno del individuo al interior de la vivienda, ya que éste hacinamiento afecta la privacidad de las personas generando espacios inadecuados para el estudio y actividades habituales para mejorar el nivel de vida de las personas traduciéndose en desventajas para las personas.

La carencia o falta de servicios en la vivienda también representan dificultades que repercuten en la calidad de vida de las personas y el desarrollo de sus actividades habituales, porque afecta entre otras cosas la conservación de los alimentos, el aseo e higiene personal y las condiciones de salud, que son indispensables para mantener una calidad de vida aceptable y que no limiten el desarrollo integral de la familia y las comunidades.

Por último, en este aspecto socioeconómico de la variable del empleo con el Porcentaje de población sin actividad económica y la que no genera ingresos que es referente de la capacidad adquisitiva para bienes y servicios, lo que repercute en los estados de marginación existentes y es reflejo de las condiciones de vida desfavorables ante el desarrollo de las inundaciones.

Las inundaciones como factor ambiental que ha sido un problema que enfrenta constantemente México por los daños a la población a su entorno, se considera indispensable incluirlas como variable entre las que conforman los estados de vulnerabilidad, y de ser uno de los factores que se proponen en este trabajo de investigación y que se correlacionan con los demás indicadores para calcular la vulnerabilidad municipal por inundaciones en México.

La dimensión ambiental considera de la variable inundaciones al indicador del nivel de peligro por inundaciones porque son situaciones recurrentes en temporada de lluvias y al presentarse en lugares densamente poblados o con deficiente sistema de drenaje y no aptos de ser urbanizados, las afectaciones que se producen se cuantifican en daños monetarios, a los bienes y con pérdida de vidas que afectan el desarrollo comunitario y personal porque implica un gasto no previsto para atender esa emergencia. Además de lo anterior, las inundaciones causan mayores problemas en lugares donde se conjugan los niveles más bajos de estos indicadores que se están estudiando. La aplicación de esta metodología permitió obtener los siguientes resultados que a continuación se presentan.

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD MUNICIPAL POR INUNDACIONES, 2020

Con la información del aspecto socioeconómico y del ambiental mostrada en el punto anterior de la escala nacional del territorio mexicano se seleccionaron nueve indicadores que se utilizaron para calcular y extraer el factor de correlación entre ellos que representa el grado de vulnerabilidad municipal por inundaciones. La aplicación de la metodología propuesta mostró que de los 2 mil 469 municipios un porcentaje de los municipios del país están realmente comprometidos y tienen grados de vulnerabilidad Medio, Alto y muy Alto. Con Medio grado está el 2.6 por ciento de los municipios del país con 65; con Alto grado 2.1% que son 50 municipios, y el 1.1 por ciento representado con 28 con un grado Muy Alto de vulnerabilidad asociado a las inundaciones, (ver tabla 7), éstos son los municipios con un total de ciento 43 que se encuentran en un grado de vulnerabilidad delicado, pues de acuerdo a los cálculos van de un grado Medio hasta el Muy alto en esta escala de medición, lo que indica que en esos municipios es donde tendría que conjuntarse la mayor parte de los esfuerzos para disminuir ese estado de vulnerabilidad.

Se puede observar en la tabla número 7 que la mayoría de los municipios resultó tener un grado de vulnerabilidad asociado a las inundaciones Muy Bajo, con un 84.4% que representa dos mil 84 municipios. Y el 9.8 por ciento de todos los municipios del país, que son 242 tienen un grado Bajo de vulnerabilidad.

Grado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Muy bajo	2084	84.4	84.4
Bajo	242	9.8	94.2
Medio	65	2.6	96.8
Alto	50	2.1	98.9
Muy alto	28	1.1	100.0
Total	2469	100	

Tabla 7. Grado de vulnerabilidad social por inundaciones en México 2020

Fuente: Elaboración propia

En la escala por entidad federativa se presentan datos más específicos (Tabla 8) del número de municipios con un grado de vulnerabilidad por inundaciones en los que se aprecia en Aguascalientes, Jalisco, Puebla, Hidalgo, Oaxaca, Zacatecas, Yucatán y Tlaxcala tienen más del 90% de sus municipios con Muy Bajo grado de vulnerabilidad ante inundaciones. El resto de los Estados tienen menos municipios con estos grados de vulnerabilidad, destacando que Baja California, no tiene municipios vulnerables ante las inundaciones.

Para el grado Bajo de vulnerabilidad los Estados de Baja California Sur, Chiapas, Guerrero, Querétaro, Guanajuato, Tabasco Colima, Baja California y la Ciudad de México tienen del 20 al 44 por ciento de sus municipios comprometidos con ese rango de vulnerabilidad ante las inundaciones. Tlaxcala y Aguascalientes, no tienen municipios con ese grado de vulnerabilidad.

Baja California Sur solo tiene un municipio con grado Medio de vulnerabilidad. La Ciudad de México y los Estados de Quintana Roo, Campeche, Tabasco y Guanajuato tienen del 10 al 18% de sus municipios considerados con este grado de vulnerabilidad ante las inundaciones. Baja California, Colima, Querétaro, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila Zacatecas, Jalisco, Yucatán, Tlaxcala y Aguascalientes no tienen municipios con ese grado de vulnerabilidad.

Con un grado de vulnerabilidad Alto están los Estados de Tabasco con 4, Baja California y Baja California Sur con 1, la Ciudad de México con 3 Alcaldías y Sinaloa con tres municipios con esta condición. El Resto de los Estados tienen menos del 10% de sus municipios considerados con un alto grado de vulnerabilidad.

El grado Muy Alto de vulnerabilidad lo tiene Baja California con 3 municipios, la Ciudad de México con 2, Alcaldías, El Estado de México con 4 municipios, Chiapas con 3 y Jalisco y Veracruz con solo 2 municipios en ese grado. El resto de los Estados apenas tiene un municipio con esa condición o sin grado muy alto de vulnerabilidad.

	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Aguascalientes	10	0	0	1	0
Baja California	0	2	0	1	3
Baja California Sur	2	1	1	1	0
Campeche	8	2	2	0	0
Chiapas	85	26	5	5	3
Chihuahua	52	5	0	3	1
Ciudad de México	1	7	3	3	2
Coahuila de Zaragoza	29	2	0	2	0
Colima	7	3	0	0	0
Durango	33	3	1	2	0
Guanajuato	25	13	5	2	1
Guerrero	50	22	6	2	1
Hidalgo	78	5	1	0	0
Jalisco	111	5	0	3	2
México	80	21	9	8	4
Entidad Michoacán de Ocampo	97	12	1	1	1
Morelos	30	5	1	0	0
Nayarit	16	2	1	1	0
Nuevo León	37	5	3	0	1
Oaxaca	443	25	2	0	0
Puebla	190	14	1	1	1
Querétaro	12	5	0	0	1
Quintana Roo	7	1	2	0	1
San Luis Potosí	48	6	3	0	1
Sinaloa	11	3	0	3	1
Sonora	46	5	1	1	1
Tabasco	6	5	2	4	0
Tamaulipas	32	6	3	2	0
Tlaxcala	57	0	0	0	0
Veracruz de Ignacio	170	24	12	4	2
Yucatán	94	4	0	0	1
Zacatecas	53	3	0	0	0

Tabla 8. Grado de vulnerabilidad por inundaciones 2020

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2020 Y CENAPRED 2016

Con este ejercicio se identifica que con los datos del índice de peligro de CENAPRED 2016 los municipios reportados con grado de vulnerabilidad de Muy bajo a Muy alto peligro por inundación son diferentes a los generados con la metodología propuesta en este libro. Las diferencias a las que se llegó es resultado de la correlación de los indicadores

socioeconómicos y el del nivel de peligro de inundaciones, esto responde a que el peso de factores de las características de la población modifica los patrones que determinan el grado de vulnerabilidad municipal por inundaciones y no solo por el desarrollo de éstas.

Al correr el método de análisis de componentes principales se obtuvo el índice de vulnerabilidad por inundaciones que fue sometido a la estratificación con el método de Dalenius y Hodges, asegurando con este método la amplitud correcta del límite de los rangos de datos de cada intervalo para generar los cinco estratos que señalan el grado de vulnerabilidad a que pertenece cada municipio y con ello, presentar los grados de vulnerabilidad por inundaciones dentro de los parámetros calculados con mayor precisión.

Con la aplicación de esta metodología se identificaron los municipios con mayor riesgo ante el peligro de las inundaciones y no solo por el desarrollo de las mismas, sino que al correlacionar los aspectos socioeconómicos con el ambiental se encontraron diferentes resultados a los presentados por CENAPRED en 2016, en los que el tamaño del rango en que se ubican los municipios con algún nivel de peligro por inundación son casi iguales; y en comparación con este trabajo se encontró que existen diferencias en la determinación de municipios con los diferentes grados de vulnerabilidad por inundaciones al incluir en su análisis indicadores también de corte socioeconómico no solamente los físicos, tabla 9.

Índice	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Total
CENAPRED	491	492	491	491	492	2457
IVMI	448	563	602	712	132	2457

Tabla 9. Índice de Peligro (CENAPRED, 2016) y el Grado de Vulnerabilidad Municipal por Inundaciones 2020

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos son producto de la interacción de diferentes variables en las que se incluyen lo socioeconómico y lo ambiental, y ese resultado obedece a la influencia de cada componente con respecto a los demás. En el que se identificaron todas las correlaciones estadísticamente medibles y estimadas por el método de Análisis de Componentes Principales, de las que se obtuvo un factor de común correlación con todos los datos que se incluyeron para el cálculo de este índice, figura 3.

En la investigación se detectó que para determinar el estado de vulnerabilidad por inundaciones no solo se debe considerar el desarrollo del fenómeno natural o físico únicamente, sino que deben incluirse características de la población dónde ocurren éstos, así el resultado es completo y un claro reflejo de las condiciones y características socioeconómicas y ambientales que se correlacionan para lograr determinar su grado de

vulnerabilidad. Con esta metodología se presenta un índice elaborado con un método más complejo y que incluye los factores más importantes que son considerados como precursores de los estados de vulnerabilidad.

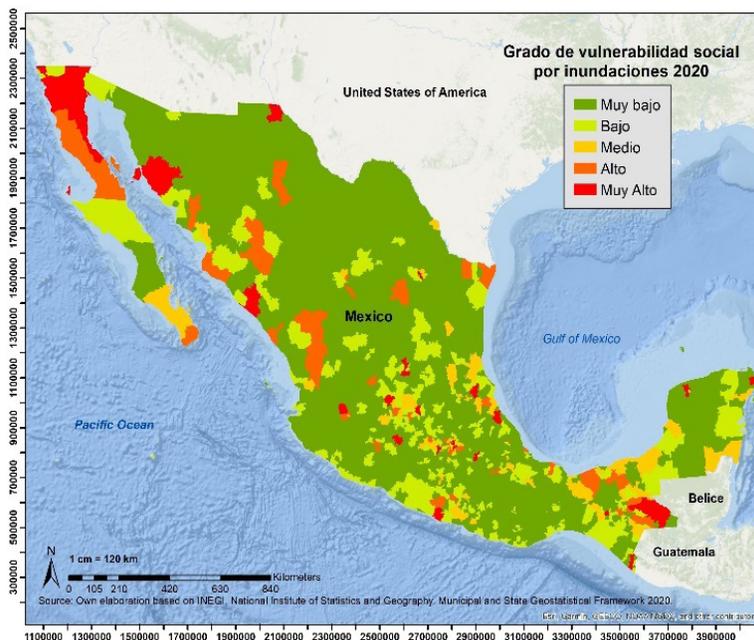


Figura 3. Grado de vulnerabilidad municipal por inundaciones, México, 2020

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2015, y CENAPRED, 2016.

Esta propuesta metodológica para calcular el índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones de cualquier territorio, es reflejo de la interacción de diversos indicadores, en este caso de dos dimensiones: la socioeconómica y la ambiental que se toma del índice de peligro por inundaciones y que, correlacionando todos los indicadores del aspecto socioeconómico permiten obtener un resultado con mayor precisión y con el rigor que le confiere el uso de la geoestadística y métodos complejos para su presentación.

El contraste de correr esta metodología utilizando los datos reportados en el capítulo 3, permitió encontrar que hay lugares que por sus características socioeconómicas que son mayores con respecto a otros, sufren menos daños ante las inundaciones y son menos vulnerables. La mayor parte de los Estados de la República Mexicana presentan Muy Bajos niveles de vulnerabilidad en todos sus municipios, esto es porque sobre pasan el nivel de los indicadores al 50 por ciento de su eficiencia y eso les atribuye la capacidad de reaccionar favorablemente ante el desarrollo de las inundaciones, (Ver Figura 4.

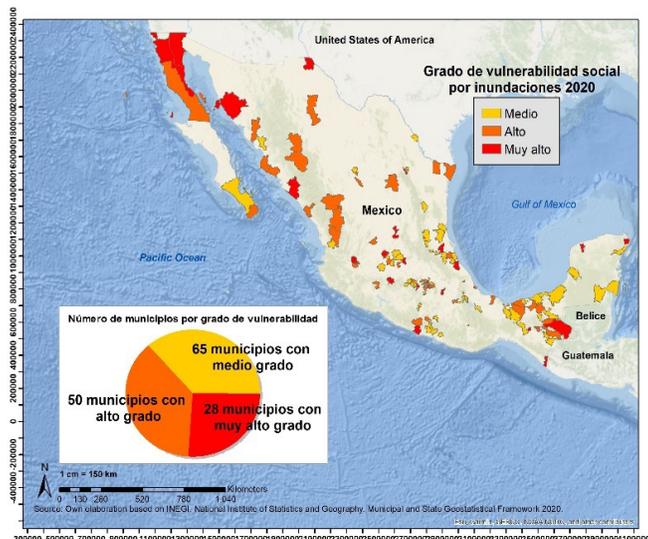


Figura 4. Grado de vulnerabilidad municipal por inundaciones, México 2020

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2015, y CENAPRED, 2016.

En algunos lugares se registran inundaciones en temporada de lluvias, y éstas suelen afectar bienes y población, sin embargo, se debe tener presente que las condiciones socioeconómicas de las personas de lugares como la Ciudad de México o el Estado de México, al resultar afectadas por las inundaciones, no se encuentran por debajo de la línea de pobreza¹ por tener población empleada al interior de las familias y obviamente por tener empleo, tienen altas posibilidades de generar ingreso. Para estos ejemplos, la mayor parte de la población cuenta con recursos para sobrellevar el efecto de las inundaciones en comparación con otros municipios en Estados de la República Mexicana con mayores carencias y niveles socioeconómicos muy bajos; por lo que la Ciudad de México con sus alcaldías están considerado como lugares con muy bajo grado de vulnerabilidad ante las inundaciones.

Con este índice se detectó que en la Ciudad de México hay un contraste entre lo que presenta CENAPRED (2016), al registrar 11 delegaciones con muy alto grado de peligro y una con alto peligro, y con este IVMI sólo dos alcaldías están consideradas como muy alto y tres en un grado alto de vulnerabilidad. Lo que se debe a que la población de la ahora Ciudad de México tiene los más altos niveles de calidad de vida en general, es decir, que los grupos de personas con desfavorables condiciones de vida por desempleo y nula generación de ingreso, además de las características socioeconómicas que los sitúan por

1. De acuerdo con la Comisión Nacional de Evaluación se está en ese límite (por debajo de la línea de pobreza) cuando se tiene una carencia social y el ingreso menor a 2 salarios mínimos no es suficiente en la satisfacción de las necesidades básicas al interior de la vivienda.

debajo de la línea de pobreza son absorbidos por la cantidad de población con mejores características socioeconómicas que habita estos territorios y se pierde el dato volviéndose un porcentaje muy bajo que no se puede contabilizar significativamente como vulnerable en la Ciudad de México.

Estos registros de las características socioeconómicas desfavorables de la población en la Ciudad de México son casi nulos porque la población con vivienda con piso de tierra y sin servicios al interior de la vivienda, aunados a los aspectos educativos de analfabetismo son inferiores en comparación con los Estados como Guerrero, Chiapas y Oaxaca; la cantidad de personas con alguna actividad económica en esta entidad también superan la media de otros Estados, lo que les permite reponerse rápidamente ante los efectos adversos de las inundaciones.

Los aspectos de las variables de educación, y las características de la vivienda influyen de sobremana para no definir como zonas vulnerables al desarrollo de las inundaciones tomando en cuenta que, al ser indicadores de rezago social y marginación, reflejan esa capacidad de la población por hacer frente a situaciones adversas. La población sin educación primaria tiene dificultad por acceder a información que le ayude a entender situaciones de riesgo ante los fenómenos naturales. Las características de la vivienda los vuelven vulnerables por los materiales con que está construida y los servicios con que se cuenta al interior de la vivienda. La población sin empleo, es decir las personas sin actividad económica y que no genera ingreso es la que determina el acceso a mejores condiciones de vida y servicios, ello es un atenuante ante los fenómenos hidrometeorológicos para la población de escasos recursos.

Otro caso de una Entidad Federativa con casi todos sus municipios de Muy Baja vulnerabilidad y sólo uno con Alta vulnerabilidad, denotan la resiliencia o capacidad de la población para hacer frente a eventos como las inundaciones. Con lo que se comprueba que la falta de empleo y las características deficientes de la vivienda, aunados a los bajos niveles de educación, al combinarse con situaciones ambientales adversas como las inundaciones, causan altos niveles de vulnerabilidad en el Estado de Aguascalientes. Si bien existen inundaciones, no representan un peligro para la población que puede sobrellevar por su capacidad económica y las condiciones de sus viviendas el embate de situaciones como las inundaciones.

En la Península de Yucatán el Estado menos afectado por inundaciones es Quintana Roo, tiene siete municipios con grado muy bajo de vulnerabilidad, uno con baja y dos con media y uno con muy alta. Los Estados de Campeche, Colima, Coahuila, Zacatecas y Yucatán tienen la mayor parte de sus municipios con un muy bajo grado de vulnerabilidad ante las inundaciones.

Estos resultados muestran que por las características socioeconómicas, y al correlacionar todos los indicadores planteados para el índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones resulta que no son vulnerables por el desarrollo de éstas, sino que lo son por su bajo acceso a bienes y servicios que les confieren debilidad, su nivel educativo desconocimiento y los servicios con que cuenta su vivienda, fragilidad y que si son escasos o no tienen cubiertos esos aspectos es propicio un escenario negativo con el desarrollo de las inundaciones. Siendo contundentes, pueden ocurrir inundaciones, pero su poca capacidad de hacer frente a las inundaciones les hace vulnerables.

Existen regiones en la República Mexicana que presenta mayores grados de vulnerabilidad considerados como muy altos y altos porque concentran los aspectos socioeconómicos más desfavorables de la población. Aquí los niveles de pobreza y marginación incrementan el estado vulnerable de las personas ante el desarrollo de las inundaciones, porque los indicadores que identifican a la población analfabeta son mayores que el resto del país, las características de la vivienda son más deplorables que otros Estados y eso aumenta los daños a la vivienda cuando se presenta o se desencadena un fenómeno natural como las inundaciones.

El aspecto de falta de empleo o nulo desarrollo de alguna actividad productiva condiciona de sobremanera la capacidad de la población por acceder a mejores condiciones de vida y en lugares que concentran la mayor parte de la población con esta característica. Esta situación se considera como la capacidad adaptativa que tiene la población por afrontar escenarios adversos por el desarrollo de las inundaciones, cuando ocurren inundaciones en estos lugares la población está poco preparada para resolver las situaciones que se derivan por el desarrollo de las inundaciones.

Este ejercicio de interrelacionar diversas variables para obtener un índice de vulnerabilidad por inundaciones da muestra de lo completo que es esa correlación entre diferentes indicadores para obtener el factor preponderante del conjunto de dimensiones que tienen que ver con el desarrollo de un fenómeno natural, en este caso de las inundaciones. Este trabajo reúne variables de carácter socioeconómico y la ambiental por las inundaciones con lo que se obtienen resultados concretos y eficaces del cálculo o estimación de la vulnerabilidad asociada a las inundaciones.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los resultados de la investigación esta determinado por la aplicación de la metodología para la estimación de la vulnerabilidad municipal por inundaciones planteada para el año 2020 por ser el periodo del que se encuentra información disponible a partir de las instituciones gubernamentales encargadas de los aspectos demográficos

y ambientales de México, para los primeros, se consultaron datos del INEGI del Censo Nacional de Población y Vivienda 2020, y de lo segundo, con información del CENAPRED con el índice de peligro por inundación 2016 publicado en este año.

Este índice propuesto y planteado como una metodología para la integración de diferentes indicadores a partir de las dimensiones que han sido consideradas para estimar la vulnerabilidad ante el desarrollo de un evento de causas naturales como las inundaciones, responde a un enfoque integrador de la serie de aspectos socioambientales que se interrelacionan para determinar el estado de vulnerabilidad de forma integral y no aislada como se hizo con un solo factor de análisis como en el índice de peligro por inundaciones del CENAPRED.

En este libro se expone que la vulnerabilidad es un estado de indefensión que ocurre sobre el territorio, la población que lo ocupa y los bienes que se encuentran expuestos a sufrir daños ante la presencia de una amenaza por los fenómenos naturales o sociales, y estos factores a su vez conforman un escenario de riesgo de desastre en el que existen diferentes grados de vulnerabilidad que está condicionada por diversos aspectos como los ambientales, sociales, económicos, institucionales, entre otros.

La vulnerabilidad caracteriza a un individuo o un grupo de individuos interrelacionados, que es o son propensos a resentir algún daño o afectación provocada por una situación a la que está expuesto el sujeto o la comunidad y que, causa problemas en lo individual y todo el sistema cuando existe una debilidad que se intenta eliminar o disminuir. Cuando un sistema es vulnerable refleja que hay fallas en algún lugar al interior de éste, y que para resistir cualquier tipo de amenaza externa o interna se debe trabajar en la parte más débil o en el lugar donde se presentan mayores dificultades o problemáticas.

En ese sentido, la vulnerabilidad actúa sobre un sistema o individuo y lo hace débil y propenso a recibir mayores daños que aquellos que se encuentran mejor preparados y son capaces de resistir el embate de alguna situación de peligro que ponga en riesgo la integridad de una persona o un grupo de personas, y que tienen la tarea de fortalecer esas debilidades para salir adelante de cualquier situación adversa.

Con el avance tecnológico se busca reducir las vulnerabilidades de las personas en el ambiente en que el ser humano desarrolla sus actividades. Así, como integrante del ambiente en que se emplaza la actividad humana existe el riesgo latente de sufrir el momento en que ocurre un sismo o afectaciones derivadas de los fenómenos hidrometeorológicos, este trabajo señala el desarrollo de las inundaciones como una variable que interactúa con otras de la dimensión socioeconómica, y que se correlacionan a través de herramientas estadísticas para calcular la vulnerabilidad asociada a las inundaciones.

Cuando se establecen asentamientos irregulares en las riberas de los ríos o de lagos

y lagunas, al momento de ocurrir lluvias que sobre pasa el caudal y cauce de los cuerpos de agua, se producen inundaciones de las viviendas que ocupan lugares de peligro conferido por la naturaleza del terreno. De manera similar, establecer asentamientos humanos en laderas de los cerros o terrenos con elevadas pendientes los hace sujetos de presentar deslizamientos de suelo o remoción en masa y cuando existen viviendas asentadas en cerros, montañas y formaciones montañosas se corre el riesgo de sufrir los derrumbes.

La CEPAL (2005) determina que los desastres no son naturales, sino que son producto de la acción humana y que son resultado de la ausencia de planeación territorial, o que el establecimiento de los asentamientos humanos se hace al margen de ésta. Es incuestionable esta afirmación al tomar en cuenta que la mayoría de los sucesos que terminaron en desastres fue a causa de malas decisiones al establecer la vivienda en lugares o zonas de riesgo o peligro natural por las condiciones fisiográficas del terreno.

Bajo ese argumento en el que la intervención humana es precursora de los desastres que se presentan cuando se desarrolla algún fenómeno natural, se entiende la necesidad de contar con herramientas que midan la vulnerabilidad de las personas para disminuir el riesgo de desastres.

Esta metodología pretende cubrir el vacío por calcular la vulnerabilidad social ante las inundaciones, y logra estimar la vulnerabilidad al haber codificado el índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones y representarlo cartográficamente, permitiendo mostrar que no por existir peligro de inundación para la población que vive en municipios donde ocurren las inundaciones, estas comunidades son vulnerables a las inundaciones.

Con el ejercicio de estimar la vulnerabilidad municipal por inundaciones se identificaron municipios que tienen un peligro alto de inundación, sin embargo, por las demás condiciones socioeconómicas no resultan vulnerables a las inundaciones porque cuentan con mejores posibilidades para sobrellevar los embates del desarrollo de estos fenómenos naturales; en contra parte, hay municipios con malas condiciones socioeconómicas y esa es la razón porque se incrementa el grado de vulnerabilidad ante las inundaciones por la dificultad de sobreponerse a estos eventos.

El rango Muy Bajo indica que hay poca vulnerabilidad a las inundaciones a pesar de que éstas existan, porque la población cuenta con características socioeconómicas en su vivienda para hacer frente a este tipo de situaciones. Cuando la vivienda está construida con materiales resistentes se puede enfrentar la inundación de manera más eficaz que con materiales perecederos.

Si la vivienda cuenta con servicios básicos al interior de ésta, es también un factor que favorece la recuperación cuando se ha sufrido el desarrollo de una inundación; si están preparados los habitantes de la vivienda con más que la educación primaria y tienen alguna

actividad económica y generación de ingreso, se encuentran en condiciones de sobrellevar estos problemas derivados de las inundaciones.

El rango Bajo hace referencia a que se rebasó el límite del estrato Muy Bajo, y existe algún tipo de material perecedero en la construcción de la vivienda, se identifica la falta de alguno de los servicios básicos de la vivienda, o no hay ingreso de las personas, incluso puede ser por el nivel educativo que presentan los habitantes en zonas de inundación y algún detalle hace que se presenten condiciones no favorables para atender los problemas resultantes al ocurrir una inundación.

El rango Medio indica que ya existe en la población mayor vulnerabilidad por encontrarse en la mitad de los estratos que determinan el grado de vulnerabilidad por inundación que existe a escala municipal.

El rango Alto es referente de condiciones adversas para hacer frente al embate de las inundaciones, aquí existen mayores dificultades para sobrellevar el efecto de las inundaciones y las personas se ven comprometidas en parte de su vivienda e integridad física en un escenario en el que suceden inundaciones.

Con un grado Muy Alto de vulnerabilidad la situación se agrava considerablemente y compromete la integridad física de las personas y de las viviendas en su totalidad, por existir condiciones muy escasas o nulas en los servicios básicos o no contar con empleo o fuente de generación de ingresos, ni el nivel básico de educación, la ausencia de esos factores vuelve a la población altamente vulnerable ante el desarrollo de las inundaciones.

Con el ejercicio de calcular la vulnerabilidad municipal por inundaciones en México, 2020, se muestra que la metodología propuesta para esta medición resulta completa al hacer uso de métodos estadísticos más complejos para determinar esta vulnerabilidad y que con la integración de diferentes indicadores se tiene un índice más completo y certero de la vulnerabilidad que existe en el territorio a causa de las inundaciones.

Cuando hay municipios señalados con peligro de inundación, que al correlacionarlos con los indicadores considerados como relevantes para el estudio de la vulnerabilidad, se tiene la posibilidad de identificar los municipios que presentan desventajas con respecto a los que no tienen carencia y aspectos socioeconómicos desfavorables en escenarios negativos. Con la vulnerabilidad municipal por inundaciones obtenida con mayor rigor y técnicas estadísticas más complejas, se puede mejorar la atención de escenarios con las inundaciones que puedan tener el riesgo de desastre y disminuir esta vulnerabilidad para mejorar las condiciones de vida y el progreso de todos.

Poner en operación este tipo de metodologías apoyaría el papel del urbanismo al tener una utilidad en los estudios sobre el territorio para evitar y corregir los problemas derivados del establecimiento de asentamientos humanos al margen de la planeación

territorial.

Como parte importante de la investigación se detectan los municipios más vulnerables respecto a los que presentan mejor resiliencia para afrontar situaciones adversas provocadas por eventos como las inundaciones, se destaca que las condiciones socioeconómicas de municipios rezagados con mayores niveles de marginación y pobreza son los que presentan más dificultades para sobreponerse a los efectos del desarrollo de estos fenómenos hidrometeorológicos. Esa resiliencia hace que los municipios con mayores capacidades socioeconómicas soporten y sobrelleven las afectaciones producto de esas inundaciones.

Cerrando con los hallazgos encontrados con este trabajo, se tiene una propuesta que a la vez es una alternativa para medir la vulnerabilidad municipal por inundaciones, de la que, con sus variables e indicadores seleccionados no es obligado el uso exclusivamente de ellos, sino que está abierta la posibilidad de contemplar otros aspectos si así lo requieren las futuras investigaciones. En este trabajo se eligieron las variables e indicadores con base en la información pública de las características y el estado socioeconómico de las personas y el registro de las inundaciones.

CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

Cerramos con un recorrido de los hallazgos que surgieron en el desarrollo de la investigación comenzando con las teorías y conceptos acerca de la vulnerabilidad y cómo es qué se aborda; después, con las metodologías que se emplean en la medición de ésta; continúa el ejercicio que se llevó a cabo para estimar el índice de vulnerabilidad asociado a las inundaciones, y se presenta un resumen del recuento del proceso en que se desarrolló este trabajo; finalmente se menciona el alcance y cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de este documento.

Los aspectos metodológicos que se revisaron para esta propuesta metodológica parten de las metodologías utilizadas en el ámbito internacional para medir la vulnerabilidad ante fenómenos naturales, identificando metodologías que estiman los estados vulnerables ante el desarrollo de algún evento físico, señalando las variables que utilizan y los indicadores más representativos que se correlacionan para realizar los cálculos de esa vulnerabilidad, observando también los métodos que usan para realizar esa correlación que fortalece esta propuesta metodológica con enfoque integrador de las dimensiones socioeconómica y ambiental para estimar con mayor certeza la vulnerabilidad.

De las diversas posturas en torno a la vulnerabilidad que están descritas en la primera parte de este libro se llega a la conclusión que es una situación que ocurre por consecuencia de las acciones que desarrolla el hombre, es decir, que con la acción humana se crean las situaciones de vulnerabilidad¹. Con ese análisis se determina que los desastres son construcciones sociales en las que los estados de vulnerabilidad contribuyen a que se generen mayores daños sobre la población con menores condiciones favorables de vida, en comparación con lugares más preparados y con mejor capacidad el hacer frente al desarrollo de las inundaciones.

Esta investigación se vincula con el enfoque del urbanismo porque se identificó que el concepto de vulnerabilidad se asocia con el aspecto social porque es una condicionante de las capacidades de las personas por enfrentar situaciones adversas, en las que por su ubicación sobre el territorio, las características de su vivienda, su preparación educativa, la tipología de la vivienda y sus ingresos son factores que aumentan o disminuyen su grado de vulnerabilidad ante los fenómenos naturales, y debe ser considerado un aspecto fundamental para el establecimiento de los asentamientos humanos dentro del urbanismo.

En el capítulo dos se abordan las metodologías con las que se mide la vulnerabilidad

1. Esto se ejemplifica con los escritos de la Ley de Indias alrededor del año 1500 derivado de la Conquista de México por los españoles, cuando se llegó a la Gran Tenochtitlán y al no poder circular con los carruajes tirados por animales de carga se dio la orden de desecar el Lago de Tenochtitlan, y comenzaron a establecer asentamientos humanos en terrenos que antes eran parte de ese lago, ahora la Ciudad de México es escenario de recurrentes inundaciones porque el agua sigue el cauce normal que le brinda su ubicación geográfica.

en el ámbito internacional y en México, de ellas, se encontró que las formas de medir la vulnerabilidad son específicas del área en que se está haciendo su análisis con el uso de las tecnologías de la información se buscan fortalecer las técnicas para su estudio.

Al conocer que el ser humano es vulnerable de nacimiento y al alcanzar la etapa de la vejez también se vuelve vulnerable al entorno, es común encontrarse en cuadros patológicos graves y crónicos por el inevitable proceso del envejecimiento y la población adulta requiere tantos cuidados como en la infancia y por ello existen los centros geriátricos de atención al adulto mayor, o los encargados de proteger a la niñez o a personas en situación de calle o vulnerables.

Tras el análisis se identificó en el ámbito internacional que se lleva a cabo la correlación entre diferentes indicadores para estimar la vulnerabilidad social ante el desarrollo de algún fenómeno natural, y de las metodologías revisadas se refuerza la idea por realizar un ejercicio de la misma forma para el caso de México, en el que solamente se presenta un índice de peligro por inundación, y sólo muestra los lugares que son propensos a las inundaciones pero no relaciona los aspectos socioeconómicos de las personas para determinar qué tan vulnerable son ante esos fenómenos naturales.

Las metodologías que miden la vulnerabilidad social hacen uso de diversos indicadores para tal efecto, en el ámbito internacional se lleva esta práctica, para el caso de México con el CENAPRED se han diseñado atlas nacionales de riesgos para sismos y fenómenos hidrometeorológicos, y se creó un Atlas Nacional de Riesgos a partir de la Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social ante sismos y el viento, en 2006, y no se ha trabajado en el papel de la vulnerabilidad por inundaciones.

Este organismo de gobierno presentó un índice de peligro de inundación en 2016 para mostrar los lugares donde hay peligro de inundación, y solo se hace referencia de ese dato. Este trabajo que conduce la presente investigación propone la correlación de indicadores de variables socioeconómicas y del desarrollo de las inundaciones para el cálculo de la vulnerabilidad municipal por inundaciones, primero porque no hay un estudio de este tipo y segundo, por contar con las herramientas adecuadas y la información necesaria de fuentes gubernamentales oficiales.

En el capítulo 3 se presentó la caracterización y el contexto territorial de la zona de estudio que sirvió para generar la base de datos con la que se operacionalizó la metodología propuesta; y que refleja lo que se propone en el capítulo 4 describiendo la metodología propuesta en la que se integran las características socioeconómicas de las personas a nivel municipal, con el dato de aquellas personas sin actividades económicas, con características de la vivienda, en relación a los servicios con que cuenta la vivienda y los niveles de escolaridad, todas ellas se correlacionan cuando se desarrolla una inundación

por la capacidad de las personas para sobrellevar ese percance, y si se encuentran preparados se puede resultar con menores daños a la vivienda y a las personas, en caso contrario, se intensifican éstos.

El último capítulo presenta la ejecución de la metodología propuesta con los datos del índice de peligro por inundación 2016 del CENAPRED que sirvieron para determinar la dimensión ambiental con el indicador del nivel de peligro que existe por las inundaciones, y junto con los indicadores del Censo 2020 se completó la base de datos para estar en condiciones de realizar la estimación de la vulnerabilidad municipal asociada a las inundaciones en México.

Presentar una metodología para medir la vulnerabilidad municipal por inundaciones en México persigue la intención de mejorar los trabajos de CENAPRED con su índice de peligro por inundación, en los que sólo se representa el municipio con mayores inundaciones pero no correlacionan ese dato con los aspectos socioeconómicos de la población para obtener el grado de vulnerabilidad de las personas ante las inundaciones, argumentando que no sólo es importante conocer donde ocurren las inundaciones, sino que se debe saber el lugar en que resultan más peligrosas para las personas por las condiciones socioeconómicas de la población y de esa forma que tenga mayor utilidad en los estudios del urbanismo y la planeación territorial.

El resultado encontrado es que la correlación entre diferentes indicadores que intervienen en situaciones de vulnerabilidad funciona en conjunto, no se puede determinar que una situación es peligrosa por el desarrollo de algún fenómeno natural, sino que para considerarse con alto riesgo para el ser humano se deben medir y analizar las variables más representativas que intervienen en esa vulnerabilidad.

Al correlacionar diversos indicadores se obtiene un factor más robusto que determina en conjunto el estado vulnerable de la sociedad. Con este ejercicio se observó que no se es vulnerable sólo por las inundaciones, sino que los estados de vulnerabilidad responden a las características socioeconómicas de la población que al sufrir las inundaciones provocan daños en bienes, vivienda y pérdida de vidas, y en la medida que sean menores esas condiciones, entonces más vulnerable resulta la comunidad.

Se obtuvieron resultados que muestran comunidades que, aunque se inunden, no son vulnerables, esto es porque no es lo mismo resentir una inundación con una situación socioeconómica superior a la línea de pobreza, a población cuyas características socioeconómicas, de vivienda, educación y hacinamiento le confieren una dificultad para afrontar un evento como las inundaciones; pueden ocurrir las inundaciones, pero no afectan de la misma forma una vivienda con piso de tierra que con otros materiales, esa desigualdad es la que se correlaciona con los indicadores planteados y con los que se

elaboró el índice de vulnerabilidad municipal por inundaciones.

Los municipios con mejores condiciones socioeconómicas, que para este caso se consideran los que están arriba de la línea de pobreza son considerados con un grado de vulnerabilidad muy bajo, bajo y medio, esto es porque esas condiciones socioeconómicas les permiten recuperarse más rápidamente de los embates de algún fenómeno natural y su recuperación no afecta de manera significativa el acceso a los demás servicios que son afectados por las inundaciones.

En este aspecto económico está presente claramente la necesidad de incluir la variable de población inactiva económicamente, pues si no genera ingresos se tiene un verdadero panorama negativo sobre la capacidad de hacer frente al suceso de cualquier adversidad por no contar con recursos para sobrellevar estas situaciones, y con este dato, se puede estimar muy concretamente cuales lugares resultarán más afectados por la falta de solvencia económica para atender y resolver las cuestiones que tengan que ver con su capacidad de adquisición de bienes de consumo y obviamente, el gasto que representa atender los daños por el impacto de algún fenómeno natural.

La dimensión socioeconómica es la que registra el número de personas que están siendo consideradas en el estudio de la vulnerabilidad, cuya particularidad refleja el estado en que se encuentran para afrontar un evento adverso como el desarrollo de las inundaciones.

La dimensión del ámbito natural considerada por el desarrollo de las inundaciones, es la causa detonante de un escenario de desastre porque la vulnerabilidad se puede medir por el aspecto económico o social pero al interactuar estas dos dimensiones con el ámbito natural la fórmula se completa y la estimación de la vulnerabilidad resultará más evidente de una situación adversa de la población ante un problema real que está afectando seriamente la población que sufre las consecuencias de resentir el embate de una inundación y de su capacidad para resistir, y que de ello depende en gran medida su recuperación. Con esta integración de diversos indicadores procedentes de diferentes variables se puede obtener un índice confiable y de gran utilidad que sirva para cubrir el hueco que existe en la medición de la vulnerabilidad por inundaciones en México.

Existen municipios resilientes que a pesar del desarrollo de las inundaciones salen avantes de dichos eventos, por otro lado, hay municipios que deben fortalecer los aspectos que condicionan su vulnerabilidad y con esta metodología se puede identificar ese aspecto que requiere algún plan de acción para disminuir los grados de vulnerabilidad que presentan y les sirvan para afrontar cualquier fenómeno hidrometeorológico que pueda suceder en México.

REFERENCIAS

- Alwang, Jeffrey y otros, 2001: Vulnerability: a view from different disciplines. *Social Protection discussion paper series*, SP 0115. Washington, D.C.: The World Bank. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/636921468765021121/Vulnerability-a-view-from-different-disciplines>
- Aparicio Effen, Marilyn, 2013: Evaluación participativa del cambio climático y la variabilidad del clima en las ciudades ubicadas en ecosistemas de montaña. Unidad de Biodiversidad Ambiental y Salud, Instituto Boliviano de Biología de Altitud, Facultad de Medicina, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Arnold Cathalifaud, Marcelo y Francisco Osorio, 1998: Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio, 3. Recuperado <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10100306>
- Ayala-Carcedo, Francisco J. y Jorge Olcina Cantos, 2002: Riesgos Naturales. Ariel. Barcelona, España.
- Balbus, John M. 2013: Metas e indicadores de salud ambiental para el desarrollo sostenible. National Institute of Environmental Health Sciences. *Salud, ambiente y desarrollo sostenible: hacia el futuro que queremos. Una colección de textos basado en la serie de seminarios de la OPS hacia Rio+20 que se produjo en el periodo comprendido entre el 8 de febrero del 2012 al 13 de junio del 2012*. Washington, DC: OPS, 2013.
- Bartolomé, Mara Alejandra, 2006: Pergamino, la inundación y sus versiones. Avá. Revista de Antropología, (9), 132–146. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169014140009>
- Beck, Ulrich, (1998), La sociedad del riesgo: Hacia una nueva modernidad. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- Béné, Christophe, y otros, 2018: Resilience as a policy narrative: potentials and limits in the context of urban planning. *Climate and Development* 10(2) 116-33. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1301868>.
- Briggs, Corvalán y Nurminen, 1996: Development of environmental health indicators. *Linkage methods for environment and health analysis. General guidelines*. (Briggs, D., Corvalán, C. and Nurminen, M., eds). Geneva: UNEP, USEPA and WHO. Recuperado de: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/62988/WHO_EHG_95.26_eng.pdf?sequence=1
- Burton, I., R.W. Kates y G. F. White, 1978: The Environment as Hazard, Nueva York, Oxford University Press.
- CAF Corporación Andina de Fomento, 2004: Región Andina. La gestión del riesgo de desastres naturales. *Informes Sectoriales de Infraestructura*, 2, 5.
- Camacho, Hermelinda; Ruiz, Tomás Fontaines; Mineira, Finol de Franco y Jesús Medina, 2007: Los informes de investigaciones: una experiencia didáctica para promover la enseñanza en metodología de investigación. Revista de Artes y Humanidades UNICA, vol. 8, núm. 19, 2007. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=170118451016>
- Cardona Arboleda, Omar Darío, 2001: Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos, Barcelona: Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica

- Ceballos-Herrera, F. (2009). El informe de investigación con estudio de casos. *magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 2, 413-423. Recuperado de: <http://www.javeriana.edu.co/magis>
- CENAPRED, Centro Nacional de Prevención de Desastres. Inundaciones. Serie Fascículos. Secretaría de Gobernación, México, D.F. 2014. Disponible en: <http://www.cenapred.unam.gob.mx>
- CENAPRED, Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2016. Atlas Nacional de Riesgos. Descargas. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/?dir=hidrometeorologicos>
- CEPAL, 2005: Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socio-naturales. División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL. Cuadernos de la CEPAL No. 91. Naciones Unidas. CEPAL/GTZ.
- CEPREDENAC Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central, 2003: La gestión local del riesgo. Nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. Programa Regional para la Gestión del Riesgo en América Central. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. PNUD. Ginebra, Suiza. En línea www.undp.org/bcpr
- Chardon, Anne-Catherine, 2008: Amenaza, vulnerabilidad y sociedades urbanas una visión desde la dimensión institucional. *Gestión y Ambiente*, vol. 11, 2, 123-135.
- Dalenius, T. & M. Gurney, (1951). The problem of optimum stratification. II, *Scandinavian Actuarial Journal*, 1951:1-2, 133-148, DOI:10.1080/03461238.1951.10432134
- De la Cruz Rock, José Luis, Tello Iturbe, Alfonso y María Eugenia Rosas Rodríguez, 2014: Vivienda, riesgo y vulnerabilidad social en la desembocadura del río Pánuco. EUMED. México: Unidad Académica de Ciencias Jurídicas y Sociales. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2014/1404/index.htm>
- Dinar, Ariel y otros, 1998: Measuring the impact of climate change on Indian agriculture. World Bank technical paper; no. WTP 402. Washington, D. C.: The World Bank. Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/793381468756570727/Measuring-the-impact-of-climate-change-on-Indian-agriculture>
- Diario Oficial de la Federación (DOF), 2018: Ley General de Cambio Climático. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México
- Foschiatti, Ana Maria, 2004: Vulnerabilidad Global y Pobreza. Consideraciones conceptuales. *Geografía Digital*, 1-2. Argentina: Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste. Disponible en: <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo2/contenid/caratula2.htm>
- García del Castillo, José A. 2015: Concepto de vulnerabilidad psicosocial en el ámbito de la salud y las adicciones. *Salud y drogas*, 15(1), España: Instituto de Investigación de Drogodependencias. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=8393875800>
- González, Leandro M. comp., 2009: *Lecturas sobre vulnerabilidad y desigualdad social*. Córdoba, Centro de Estudios Avanzados (U.N.C.) CONICET. Recuperado de: http://www.clacso.org.ar/libreria_cm/archivos/pdf_414.pdf

Gay, García Carlos y Cecilia Conde. 2013: Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Fondo Ambiental Público del Gobierno del Distrito Federal, Conferencia Nacional de Gobernadores y Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. México. Disponible en: <http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/Vulnerabilidad/>

Gwatkin, Davidson y otros, 2007: Socio-economic differences in health, nutrition and population within developing countries: an overview. Country reports on HNP and Poverty. The World Bank. Recuperado de: <https://siteresources.worldbank.org/INTPAH/Resources/IndicatorsOverview.pdf>

Hernández Prados, Ma. Ángeles y Ginesa Bautista García. 2017: Guía para proyectos de investigación en ciencias sociales. Cómo elaborar un TFG, un TFM o una Tesis Doctoral, CPU-e, Revista de Investigación Educativa, núm. 24. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283149560012>

Icumi Nichiata, Lucia Yasuko y otros, 2008: La utilización del concepto “vulnerabilidad” por enfermería. *Latino-Americana de Enfermagem*. Brasil. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issues&pid=0104-1169&lng=pt&nrm=iso

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2019). Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2019 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.-- México : INEGI, c2019. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/AEGPEF_2019/702825192242.pdf

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK. En línea: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf

IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.

ISDR Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2009: Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR). Ginebra, Suiza. En línea: <https://www.preventionweb.net/publications/view/45426>

Kanbur, Ravi and Lyn Squire, 1999: The Evolution of Thinking About Poverty: Exploring the Interactions. Recuperado de: <http://www.worldbank.org/poverty/wdrpoverty/evolut.htm>

Kaztman, Rubén, 2000: Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social. Serie Documentos de Trabajo del IPES – Colección Aportes Conceptuales, 2. Recuperado de: <http://www.cepal.org/deype/mecovi/docs/TALLER5/24.pdf>

Keller, Edgard A. y Robert H. Blodgett, 2007: Riesgos Naturales, España, Madrid: Pearson Educación, S. A.

Kreimer, Alcira y Margaret Arnold. 2000: Managing Disaster Risk in Emerging Economies. Disaster Risk Management Series; No. 2. Washington, D.C.: The World Bank. Recuperado de: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/15196>

Lafuente Ibáñez, Carmen y Ainhoa Marín Egoscózábal, 2008: Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. Revista Escuela de Administración de Negocios, núm. 64. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20612981002>

Luhmann, Niklas, 2006: Sociología del riesgo. Universidad Iberoamericana. México, D. F.

Martuccelli, Danilo, 2017: Semánticas históricas de la vulnerabilidad. *Revista de Estudios Sociales*, [en línea] (59), Bogotá, Colombia: Universidad de Los Andes. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81549422011>

Maqsood, T., Wehner, M., Ryu, H., Edwards, M., Dale, K. and Miller, V. 2014: GAR15 Vulnerability Functions: Reporting on the UNISDR/GA SE Asian Regional Workshop on Structural Vulnerability Models for the GAR Global Risk Assessment. Geoscience Australia, Canberra, Australia. Record 2014/38. Canberra: Geoscience Australia. Available on: <http://dx.doi.org/10.11636/Record.2014.038>

Morales, Víctor, 2011: Guía para la elaboración y evaluación de proyectos de investigación. *Revista de Pedagogía*. 1 .1. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/344982298/Morles-V-2011-Guia-para-la-Elaboracion-y-Evaluacion-de-Proyectos-de-Investigacion-pdf>

Moser, Caroline y Jeremy Holland, 1997: Household responses to poverty and vulnerability-volume 4: confronting crisis in Chawama, Lusaka, Zambia. Urban management program policy paper; UMPP no. 24. Washington, D.C.: The World Bank. Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/725551468781548764/Household-responses-to-poverty-and-vulnerability-volume-4-confronting-crisis-in-Chawama-Lusaka-Zambia>

Mussetta, Paula, Barrientos, María Julia, Acevedo, Erika, Turbay, Sandra y Olga Ocampo, (2017), "Vulnerabilidad al cambio climático: Dificultades en el uso de indicadores en dos cuencas de Colombia y Argentina." *EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, núm.36, pp.119-147 [Consultado: 16 de Noviembre de 2020]. ISSN: 1139-5737. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2971/297149614005>

NAU, Nueva Agenda Urbana, 2017: Habitat III. Naciones Unidas. Quito. Ecuador. 2017.

Olín Fabela, Luis Alberto. 2017: Vulnerabilidad social por inundaciones: Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Olín Fabela, Luis Alberto; Méndez Ramírez, José Juan y Adame Martínez, Salvador (2019): Acercamiento teórico y conceptual de la vulnerabilidad y los fenómenos hidrometeorológicos. *Impactos ambientales, gestión de recursos naturales y turismo en el desarrollo regional*. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, Ciudad de México. ISBN UNAM Volumen II: 978-607-30-2641-3

PAHO, Pan American Health Organization, 2013: Health, Environment and Sustainable Development: Towards the Future We Want. Washington, DC: PAHO, 2013.

PONCE, Manangan Arie. Assessing Health Vulnerability to Climate Change. A Guide for Health Departments. Climate and Health Program, Division of Environmental Hazards and Health Effects (DEHHE), National Center for Environmental Health (NCEH), Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Atlanta, GA, USA. 2018. Disponible en: <https://toolkit.climate.gov/tool/assessing-health-vulnerability-climate-change-guide-health-departments>

Puente, Sergio, 2018: La gestión integral del riesgo en las metrópolis: hacia una resiliencia urbana. México: Siglo XXI editores.

Ramírez Atehortúa, Fabián Hernando; Zwerg-Villegas, Anne Marie, 2012: Metodología de la investigación: más que una receta. AD-minister, núm. 20, enero-junio, 2012. Recuperado de: www.redalyc.org/articulo.oa?id=322327350004

Ravallion, Martin, 1996: Issues in measuring and modeling poverty, No. 1615, Policy Research Working Paper Series, Washington, D.C.: The World Bank. Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/965061468739145705/Issues-in-measuring-and-modeling-poverty>

Ruiz Rivera, Naxhelli, 2012: La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque Normativo. *Investigaciones Geográficas*, 77. México: Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56923353006>

UNISDR, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2015a: Hacia el desarrollo sostenible: El futuro de la gestión del riesgo de desastres. Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra, Suiza. Recuperado de: http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/gar-pdf/GAR2015_SP.pdf

UNISDR, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2015b: Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Ginebra, Suiza. Disponible en: <http://www.unisdr.org/>

UNISDR, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2016: Strategic Framework 2016-2021. In support of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Ginebra, Suiza. Recuperado de: <http://www.unisdr.org/>

UNISDR, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2019: 2018 Annual Report. United Nations. Geneva, Switzerland. Disponible en: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/64454>

UNU Institute for Environment and Human Security, 2007: Perspectives on Social Vulnerability. Studies of the University: Research, Counsel, Education – Publication Series of UNU-EHS No.6/2007.

WHO World Health Organization, 2013: Protecting health from climate change: vulnerability and adaptation assessment. Geneva, Switzerland. En línea: www.who.int/globalchange/en/

Wisner, Ben, Blaikie, Piers, Cannon, Terry and Ian Davis, 2003: At Risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters. Second edition. London: Routledge.

Wilches-Chaux, Gustavo. (1989). Desastres, ecologismo y formación profesional: herramientas para la crisis. Servicio Nacional de Aprendizaje, Popayán.

Wolf, Tanja y Glenn McGregor. 2013: The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom. *Weather and Climate Extremes*. 1, 59-68. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2013.07.004>

LUIS ALBERTO OLÍN FABELA - Nacido en Toluca Estado de México hace 43 años. Formado en la Universidad Autónoma del Estado de México como Doctor en Urbanismo, Maestro en Ciencias Ambientales, y Licenciado en Planeación Territorial. Profesionista orientado a la investigación y comprometido con el planteamiento de alternativas para solucionar la problemática socioeconómica y ambiental rumbo a la sustentabilidad. Durante la formación universitaria se tomaron estancias de investigación en México y el extranjero. Además de tener participación en actividades académicas y de investigación, para la difusión y exposición del trabajo académico en seminarios, coloquios, congresos y eventos académicos de corte nacional e internacional. Con la formación en Planeación Territorial, la aplicación de estos conocimientos ha sido en el sector público y privado en la elaboración de planes y programas de desarrollo urbano y municipal para municipios urbanos, rurales y metropolitanos. El manejo de las herramientas y técnicas para el diseño, ordenación y planeación del territorio con el manejo de SIG's y de software especializado en geomática ha sido fundamental para desarrollar los trabajos relacionados con la planeación urbana y regional. Por los conocimientos adquiridos se logró desempeñarse con cabalidad en todos los trabajos a los que se tuvo participación por este perfil, que fue desarrollado a lo largo de varios municipios en todos los Estados de la República Mexicana, lo que ha promovido una visión muy amplia de la aplicación de la planeación de forma diferente para cada territorio gracias a esa experiencia. Parte importante de esta trayectoria es la docencia, actividad realizada desde el 2000 en niveles educativos de bachillerato, licenciatura, maestría y doctorado, tarea de gran peso, pues contribuir a la formación de estudiantes y profesionistas con una visión crítica ha sido el propósito con que se ha estado trabajando frente al alumno. El camino trazado tiene el objetivo de la consolidación como profesor investigador, para lo que se han emprendido tareas que demanda esta vocación con el desarrollo de investigación sobre temas de vulnerabilidad social por fenómenos naturales, sustentabilidad y la planeación territorial, de lo cual se ha logrado publicar artículos científicos y capítulos de libros de estas temáticas, y se continua realizando este trabajo.

FERMÍN CARREÑO MELÉNDEZ - Licenciado en Economía, Maestro y Doctor en Urbanismo graduado con mención Honorífica por la UNAM. Maestro en Pedagogía Crítica, Doctorante en Pedagogía Crítica por el Instituto Mc Laren de Pedagogía Crítica y Educación Popular. Profesor investigador de tiempo completo definitivo en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I del CONACYT. Fue director de la facultad de Planeación Urbana y Regional de la UAEM. Promotor y fundador de los programas de licenciatura, maestría y doctorado en Ciencias Ambientales en la UAEM. Fundador del Doctorado en Sustentabilidad para el Desarrollo (CONACYT). Fundador del Centro de Estudios e Investigaciones en Desarrollo

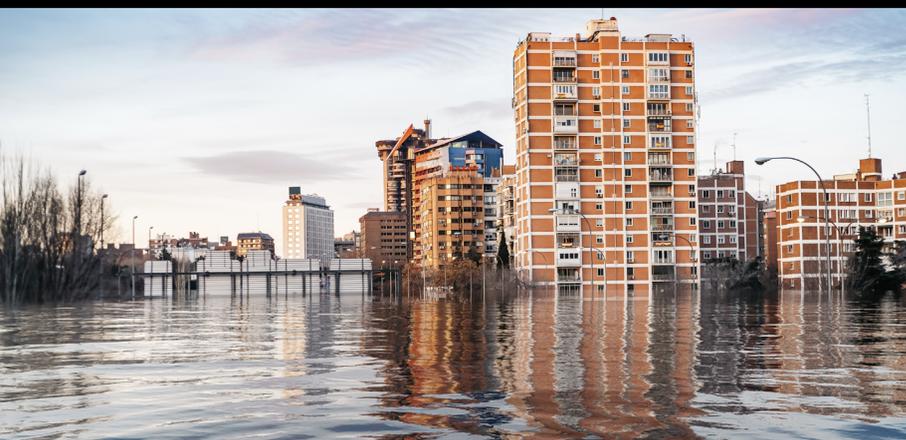
Sustentable de la UAEM. Catedrático en los Doctorados de Sustentabilidad para el Desarrollo; de Urbanismo y de las licenciaturas en Planeación y Ciencias Ambientales de la misma institución. Fundador y Forma parte de la Coordinación General de la Red de Investigadores por la Sustentabilidad (REDIS). Integrante del Comité Científico de la Red Internacional de Investigadores sobre Problemas Socio Urbanos y Ambientales (RIISPSURA).

METODOLOGÍA PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD POR INUNDACIONES



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

METODOLOGÍA PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD POR INUNDACIONES



- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br