



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO

Facultad de Planeación Urbana y Regional

“DETERMINACION DE LOS DAÑOS ECONOMICOS POR INUNDACION EN ZONAS URBANAS Y AGRICOLAS, EN LA LOCALIDAD DE SAN ANDRES CUEXCONTITLAN, MUNICIPIO DE TOLUCA ESTADO DE MEXICO”

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

GABRIELA DIAZ GARCIA

DIRIGIDO POR:

Dr. JOSE EMILIO BARO SUAREZ



DEDICATORIA

A MIS PADRES DIONICIO DIAZ GONZALEZ, TERESA GARCIA BERNAL Y FAMILIARES

POR TODO EL SUSTENTO BRINDADO DESDE PEQUEÑA, SIEMPRE ACOMPAÑÁNDOME EN TODO MOMENTO, APOYANDO MIS ERRORES Y ACIERTOS.

A MARIO ALBERTO VAZQUEZ VICTORIANO

TE ADMIRO POR SER UNA EXCELENTE PERSONA, GRACIAS POR EL APOYO QUE ME BRINDAS EN TODO MOMENTO.

A MI HIJAS ABRIL, MA. FERNANDA Y SOFIA.

SON LO MAS HERMOSO QUE ME A PASADO EN LA VIDA, USTEDES SON EL MOTOR QUE ME IMPULSA, LAS AMO PEQUEÑAS.

A MI FAMILIA POLITICA QUE ME HAN ABIERTO LOS BRAZOS Y ME HAN BRONDADO TODO SU APOYO GRACIAS.

RECONOCIMIENTOS/AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO AL DOCTOR JOSE EMILIO BARO SUAREZ POR LOS CONSEJOS Y APOYO BRINDADO.

A LOS CATEDRÁTICOS QUE MARCARON UN MOMENTO ESPECIAL EN MI VIDA Y ME ENSEÑARON QUE NO HAY NINGÚN IMPEDIMENTO PARA REALIZAR MIS SUEÑOS.

A LA FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL POR LA FACILITACIÓN DE CONSULTA DE DOCUMENTOS.

A INEGI POR LAS ATENCIONES Y LA FACILIDAD DE MANIPULACIÓN DE INFORMACIÓN

A COESPO POR LAS RECOMENDACIONES Y PRESTAMOS DE INFORMACIÓN

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS QUE ME MOSTRARON LA IMPORTANCIA DE LA AMISTAD Y LA FIDELIDAD.

ÍNDICE

ABSTRACT	1
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
JUSTIFICACIÓN	6
Hipótesis	7
Objetivo General	7
Objetivos específicos	7
METODOLOGÍA	8
Capítulo I: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL en términos de fenómenos naturales con especial atención a inundaciones.	10
1.1 INUNDACIONES	11
1.1.1 Origen de las inundaciones	12
1.1.2 Tipos de inundación	13
1.1.3 Impacto por inundaciones	15
1.1.4 Control de inundaciones	16
1.1.5 Evaluación de alternativas para el control de crecidas.	18
1.2. DAÑOS ECONÒMICOS POR INUNDACIONES	19
1.2.1. Tipología de daños	20
1.2.2. Categoría de los daños	25
1.3. VALORACIÓN DE LOS DAÑOS	25
1.3.1 Daños en zonas Habitacionales	30
1.3.2 Daños en zonas Agrícolas	33
1.4. HERRAMIENTAS APLICADAS AL ESTUDIO DE INUNDACIONES	33
1.4.1 Las Áreas Geográficas Estadísticas Básicas (AGEB's) y PUEM	33
1.4.2 Modelos de simulación hidrológica	35
1.4.3 Sistemas de información geográfica (SIG)	36

Capítulo II Leyes y reglamentos vigentes en materia de riesgos por fenómenos naturales en México (inundaciones).	38
2. MARCO LEGAL	39
2.1 NIVEL FEDERAL	39
2.2 NIVEL ESTATAL	50
2.3 NIVEL MUNICIPAL	52
Capítulo III Caracterización Físico-Natural y Socioeconómicas de la Zona de Estudio San Andrés Cuexcontitlán, Toluca, Estado de México.	55
3.1 Localización y superficie territorial.	56
3.2. CARACTERIZACION FISICO-NATURAL Y SOCIOECONOMICA de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán, Toluca, Estado de México.	58
3.2.1 Caracterización Físico-Natural	58
3.2.1.1 Fisiografía	58
3.2.1.2 Geología	58
3.2.1.3 Clima	59
3.2.1.4 Edafología	59
3.2.1.5 Hidrología	60
3.2.1.6 Fauna	62
3.2.1.6 Vegetación	62
3.2.2 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONOMICA	62
3.2.2.1 Usos de suelo	64
3.2.2.2 Aspectos sociales	65
3.2.2.3 Aspectos económicos	67
3.3 ANTECEDENTES	71
3.3.1 Causas	71
3.3.2 Consecuencias	73
3.3.3 Costos	73
Capítulo IV Procedimiento Metodológico para estimar los Daños Económicos por Inundación	75
4.1. RECOPIACIÓN DE DATOS PARA ZONAS HABITACIONALES	76
4.1.1 Zonas Inundables	76
4.1.2 Características socioeconómicas de la población	77

4.1.3 Estimación de bienes/valor unitario de las construcciones	79
4.1.4 Elevación, correspondiente a la altura a la cual el agua puede entrar en las viviendas	81
4.1.5 Construcción de familias de curvas de daños potenciales por inundación en zonas habitacionales	81
4.2 RECOPIACIÓN DE DATOS PARA ZONAS AGRÍCOLAS	86
4.2.1 Información sobre zonas agrícolas	87
4.2.2 Construcción de familias de curvas de daños potenciales por inundación en zonas agrícolas	89
4.3 DAÑOS TANGIBLES DIRECTOS	89
4.4 DAÑOS TANGIBLES INDIRECTOS	90
4.5 CONSECUENTE APLICACIÓN DE CURVAS PARA EVALUACIÓN DE DAÑOS ECONÓMICOS EN EL RÍO VERDIGEL, EN SAN ANDRÉS CUEXCONTITLÁN.	90
Capítulo V Aplicación de las ecuaciones para evaluación de Daños Económicos en San Andrés Cuexcontitlán.	93
5.1. DAÑOS TANGIBLES DIRECTOS E INDIRECTOS	97
5.2 ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS TANGIBLES DIRECTOS E INDIRECTOS	97
5.2.1 Daños tangibles para zonas habitacionales	98
5.2.2. Daños tangibles para zonas agrícolas	102
5.2.3. Daños totales	104
Conclusiones/Recomendaciones	105
Bibliografía	110
ANEXOS	119
ANEXO FOTOGRAFICO	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Desastres naturales y sus impactos a nivel mundial para el 2008 y valores promedio para el periodo 2000-2007	15
Tabla: 1.2	Clasificación de daños por inundación en zonas urbanas (Nascimento et al., 2007)	22
Tabla 1.3	Porcentaje aplicado a los daños directos para el cálculo de los danos indirectos.	29
Tabla 3.1	Población total de hombres y mujeres ubicadas por AGEB	65
Tabla 3.2	Evolución de la población total de Municipio de Toluca VS Localidad de San Andrés Cuexcontitlán	66
Tabla 3.3	Distribución de la población según actividad económica.	68
Tabla 3.4	Reincidencia Cuenca del Río Lerma en San Andrés Cuexcontitlán	73
Tabla 3.5	Presupuesto de Egresos total del Gobierno del Estado de México 2010-2014	74
Tabla 4.1	Equivalencia entre AGEB según su Índice de Marginación y Salarios Mínimos.	78
Tabla 4.2	Criterios de clasificación para el valor unitario de construcción según uso Habitacional	79
Tabla 4.3	Valor unitario de suelo y construcción para uso Habitacional del 2014 de IPOMEX	80
Tabla 4.4	Porcentaje aplicado a los daños directos para el cálculo de daños indirectos en zonas habitacionales y agrícolas (Kates, 1965).	90
Tabla 5.1	Porcentajes aplicados a los daños directos para el cálculo de daños indirectos en zonas habitacionales y agrícolas.	97
Tabla 5.2	Superficie afectada en zona habitacional y agrícola	98
Tabla 5.3	Identificación de la AGEB's localizada en la zona inundable.	98
Tabla 5.4	Municipio de Toluca según grado de marginación urbana.	99
Tabla 5.5	Ecuaciones obtenidas de las curvas de daños potenciales directos en zonas habitacionales localizadas en una AGEB con IM muy Alto.	99
Tabla 5.6	Daños económicos potenciales directos e indirectos en zonas habitacionales. Caso de San Andrés Cuexcontitlán. (Salarios mínimos diarios 2014) Costos Máximos.	100
Tabla 5.7	Daños económicos potenciales directos e indirectos en zonas habitacionales. Caso de Sn Andrés Cuex. (Salarios mínimos diarios 2014) Costos Mínimos.	101
Tabla 5.8	Daños económicos potenciales directos e indirectos en zonas habitacionales. Caso de Sn Andrés Cuex. (Salarios mínimos diarios 2014) Costos más Probables.	101
Tabla 5.9	Ecuación aplicable al cálculo de daños directos en zonas agrícolas.	103
Tabla 5.10	Daños económicos potenciales directos e indirectos en zonas agrícolas por hectárea y por total de la zona inundada. Caso de Sn Andrés Cuexcontitlán con el cultivo de maíz de grano bajo temporal.	103
Tabla 5.11	Daños económicos potenciales en zonas habitacionales y agrícolas. Caso de la localidad de San Andrés Cuexcontitlán (S.M.2014: salarios mínimos diarios2014).	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Ubicación de la delegación de San Andrés Cuexcontitlán	57
Figura 3.2	Presentando la localización del Río Verdiguél en la zona de estudio	61
Figura 3.3	Presentando la localización de AGEB's en la zona de estudio	63
Figura 3.4	Uso de suelo de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán	64
Figura 3.5	Mapa de población Económicamente Activa	69
Figura 3.6	Mapa de población Económicamente Inactiva	70
Figura 3.7	Principales causas de inundación en la localidad de San Andrés Cuexcontitlán.	72
Figura 5.1	Ubicación de las zonas de inundación en la localidad de San Andrés Cuexcontitlán.	94
Figura 5.2	Mapa de Índice de Marginación	95

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 3.1	Evolución de la población	66
Grafica 3.2	Porcentaje de la población ocupada por sector	67
Grafica 5.1	Curva de daños potenciales por inundación en zonas habitacionales. AGEB con un IM muy alto	96
Grafica 5.2	Curva de daños potenciales por inundación en cultivos de maíz de grano de temporal	96

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 4.1	Desarrollo conceptual de una metodología para el cálculo de daños potenciales causados por inundaciones en zonas habitacionales. Daños directos	85
Esquema 4.2	Desarrollo conceptual de una metodología para el cálculo de daños potenciales causados por inundaciones en zonas agrícolas. Daños directos	88

ANEXOS

INDICE DE FOTOGRAFIA

Fotografía 1	Inundación en la localidad San Diego de Linares, municipio de Toluca, Agenda Informativa de Estado de México. 30/09/2013.	16
Fotografía 2	En la delegación de San Andrés Cuexcontitlán se desaguaron veinte casas, donde 50 personas resultaron afectadas. PODER EDOMEX 27/08/2013.	16
Fotografía 3	Inundación en zonas agrícolas. Maíz de grano cultivo bajo temporal. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2010 (Foto de Gabriela Díaz).	102
Fotografía 4	Caída de un puente por desbordarse el río Verdiguél. Inundación en zonas Habitacionales. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2010 (Foto de Gabriela Díaz).	120
Fotografía 5	Derrumbe por desbordarse el río Verdiguél. Inundación en zonas Habitacionales. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2011 (Foto de Gabriela Díaz).	120
Fotografía 6	Inundación de la calle Benito Juárez por el río Verdiguél. Inundación en zonas Habitacionales. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2010.	121
Fotografía 7	Inundación en Zonas Agrícolas. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2013.	121
Fotografía 8	Inundación en Zonas Habitacional. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2014	122
Fotografía 9	Inundación en Zonas Habitacionales. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/08/2014	122

ANEXO II: Formato de Entrevista	123
--	-----

NOMENCLATURA

AGEB.....	Área Geoestadística Básica
CENAPRED.....	Centro Nacional de Prevención de Desastres.
CRED.....	Centro de Investigaciones sobre Epidemiología de Catástrofes
CONAPO.....	Consejo Nacional de Población.
CONAGUA.....	Comisión Nacional del Agua.
CONASAMI.....	Comisión Nacional de los Salarios Mínimos.
DIFEM.....	Desarrollo Integral de la Familia del Estado de México
ECGL.....	Laboratorio de Ingeniería e Informática Gráfica
GID.....	Gestión Integral de Riesgos
IM.....	Índice de Marginación.
INEGI.....	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPOMEX.....	Información Pública de Oficio Mexiquense
INESLE.....	Instituto de Estudios Legislativos
ONU.....	Organización de las Naciones Unidas.
OPS.....	Organización Panamericana de la Salud.
SEMARNAT.....	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SRH.....	Secretaría de Recursos Hidráulicos.
SIG.....	Sistema de Información Geográfica.
UNDP.....	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
USACE.....	Cuerpo de Ingenieros de EE. UU.

ABSTRACT

This paper aims to provide a solution to the problem by quantifying damage that occurs in the town of San Andrés Cuexcontitlán concerning the phenomenon of flooding analyzing the different factors influencing the rising flood based on the application of the methodology of Dr. Baró et al. 2012 to quantify the tangible direct and indirect economic losses caused by flooding in rural and residential areas. As a first step the collection of bibliographic information of the conceptual framework, as a second phase in order to make recommendations to alleviate the problem of flooding in the town collecting the legal framework at the federal, state and municipal levels was performed was applied the study area. In the third phase the physical-natural and socioeconomic characterization of the Parish of St. Andrew Cuexcontitlán was performed. The fourth phase detailed in each flooded area as the case an equation of damage curves for each Ageb's y applied by type of marginalization. Finally, conclusions and recommendations were made with attention to the main objective mentioned.

RESUMEN

El presente trabajo pretende brindar una solución a la problemática mediante la cuantificación de daños que se presenta en la localidad de San Andrés Cuexcontitlán referente al fenómeno de inundación analizando los diferentes factores que influyen en la crecida de la inundación basándose en la aplicación de la metodología del Dr. Baro et al. 2012 para cuantificar los daños económicos tangibles directos e indirectos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas. Como primera fase se hizo la recopilación de información bibliográfica del marco conceptual, como segunda fase con el objeto de lograr recomendaciones que permitan valorar la problemática de inundación en la localidad se realizó la recopilación del marco legal a nivel federal, estatal y municipal que se aplica a la zona de estudio. En la tercera fase se realizó la caracterización físico-natural y socioeconómica de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán. La cuarta fase detalla en cada área inundable cual sea el caso se aplicó una ecuación de la familia de curvas de daños para cada Ageb's y según su tipo de marginación. Finalmente, se formularon las conclusiones y recomendaciones con atención al objetivo principal mencionado.

INTRODUCCIÓN

México se encuentra situado en una región afectada por diversos fenómenos naturales y generados por el hombre, que anualmente causan daños, pérdidas económicas y lamentablemente pérdida de vidas humanas. La ubicación del país y sus características geográficas favorecen también la presencia de fenómenos Hidrometeorológicos, en el país aproximadamente cada año llegan 25 huracanes que en promedio de este total, cuatro o cinco suelen penetrar y causar graves daños. (Eslava, 2006). Con respecto al fenómeno de inundación, se tiene muy pocos métodos que estén enfocados a su estudio.

Existen varios métodos para la estimación de los efectos socioeconómicos y ambientales de las inundaciones. Una de las que se consulto es la presentada por (Nascimento, 2007) donde dicho trabajo define dos tipos de daños: los tangibles y los intangibles. Los daños tangibles se dividen en dos subtipos: los directos, producidos por contacto con el agua y los indirectos, que son causados por la interrupción de las interrelaciones físicas y económicas. Los daños intangibles también han sido divididos en directos, representados fundamentalmente por las pérdidas de vidas humanas, así como por las ambientales, históricas y culturales: y los indirectos, donde se incluyen las afectaciones a la población que se reflejan en estados de ansiedad, estrés psicológico y problemas de salud.

Los análisis de evaluación directa son los más desarrollados y utilizados. Uno de los métodos de evaluación directa más común es el basada en la integración de una función daño económico/profundidad de la inundación. Este método utiliza una base de datos espacial que incluye información sobre uso de suelos, características hidráulicas y actividades humanas de la zona de estudio. Esta base de datos geoespacial es el soporte para determinar los tipos, severidad y localización de los daños ocasionados por una inundación (Boyle et al., 1998; Dutta et al., 2003; Baro et al., 2007a).

Baro y colaboradores (Baro et al., 2011) han propuesto un conjunto de curvas que constituyen un método de evaluación directa de los daños ocasionados por inundación diseñados para la República Mexicana. Un ejemplo es la valoración económica de daños directos por inundación de la inundación acaecida en 2010 por ruptura del dique del río la Compañía, Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México. Así con el desarrollo de una base de datos geoespacial y procedimientos implementados en el software ArcView 3.2, las zonas habitacionales se caracterizan en función del índice de marginación urbana y del Área Geoestadística Básica.

En el presente trabajo Se pretende brindar una propuesta de solución a la problemática que se presenta en la localidad de San Andrés Cuexcontitlán referente al fenómeno de inundación mediante la cuantificación de daños, aplicando la metodología del (Baro et al. 2012) para cuantificar los COSTOS económicos directos e indirectos en zonas urbanas y agrícolas según su índice de marginación y las ageb's involucrados.

Se compone por cinco capítulos, en el primer capítulo se aborda el marco teórico conceptual en términos de fenómenos naturales con especial atención a inundaciones el cual detalla el origen de las inundaciones, tipo de inundaciones que se presentan, cual es el impacto por las inundaciones aborda la valoración de los daños en zonas habitacionales y agrícolas por último se menciona lagunas herramientas aplicadas al estudio de inundaciones.

En el capítulo dos se menciona las leyes y reglamentos vigentes en materia de riesgos por fenómenos naturales (inundaciones) en los tres niveles de gobierno de México, haciendo mención de la Ley General de Cambio Climático, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Protección Civil, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) La Ley de Asistencia Social del Estado de México y Municipios por mencionar algunos, Se revisa sus artículos considerando aquellos que se vinculan con la presencia del fenómeno de inundación.

El capítulo tres se hace la caracterización físico-natural y socioeconómica de la localidad de Sn Andrés Cuexcontitlán destacando información relevante como el aspecto hidrológico, actividades económicas, identificación de las ageb's, entre otras.

Para el capítulo cuatro se explica el desarrollo de la metodología para el caso de la zona de estudio habitacional y la zona de estudio agrícola. Esta metodología proporcionará una estimación cuantitativa de las afectaciones provocadas por una inundación; y con base en los resultados obtenidos, se podrían establecer las medidas pertinentes de forma tal que expresen un balance de costo / beneficio rentable y racional. (Baro, 2007).

En el capítulo cinco se describe la manera en la que se aplican las ecuaciones de costos por daños de inundación para los casos de la zona de estudio obteniendo los resultados de los costos de daños máximos, mínimos y más probables.

En una primera etapa, las zonas habitacionales fueron clasificadas en función del índice de marginación urbana (muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo) del Área

Geoestadística Básica (AGEB) en la cual se localizan. En la siguiente etapa, se identificaron el tipo y número de bienes (enseres domésticos, muebles, artículos de vestir, automóviles) en cada vivienda localizada en una AGEB con un índice de marginación dado, con base en la información proporcionada en el Censo de Población y Vivienda del 2000 y el Conteo del 2005 llevados a cabo por el INEGI, así como su valor económico, obtenido a través de encuestas de campo y casas comerciales. En una tercera etapa, se determinó el porcentaje de afectación de estos bienes en función del nivel que alcance el agua dentro de la vivienda cuando acontece una inundación. Una vez determinado el porcentaje de afectación, éste se aplicó al valor de cada uno de los bienes. Todo ello permitió construir una familia de curvas de daños económicos para cada tipo de AGEB según su índice de marginación, de forma que se define una curva de costos mínimos, otra de máximos y finalmente, una de costo más probable. Para cada curva obtenida, se definió un modelo matemático de tipo regresiva.

Por último se despliegan las conclusiones y recomendaciones de acuerdo con los resultados obtenidos mediante la aplicación de las curvas de daños y en relación con la legislación que se ve inmiscuida en materia de riesgo por inundación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Si bien el fenómeno de inundación es una de las principales causas de muerte entre los habitantes a nivel mundial que se originan por fenómenos naturales, dejando a otras tantas sin patrimonio, con pérdidas, daños y con sentimiento de desolación por las pérdidas que acaban de experimentar. Estos daños pueden provocar situación de escasez de alimentos en el hogar, la comunidad e incluso muchas veces a nivel nacional reduciendo con ello la seguridad de los medios de subsistencia un ejemplo de ella es la devastación causada por las tormentas tropicales que aumentó enormemente durante los años noventa. (CRED, 2000).

Pero a qué se debe el crecimiento del fenómeno de inundación. Ello se debe al almacenamiento de aguas de lluvia por la falta de drenaje del suelo o bien la desbordamiento de ríos y arroyos. Al igual que la combinación de varios factores como lo son el crecimiento acelerado de la población en zonas propensas a riesgo de inundación, el mal manejo de las cuencas hidrológicas, como lo es el cambio de uso de suelo, deforestación, tala clandestina, incendios forestales, introducción de ganado para pastoreo, la presencia de lluvias extremas en los años recientes han sido otro factor que influye en el crecimiento del fenómeno de inundación y eso se debe a el cambio climático, alterando las capacidades de captación de agua de las cuencas y ríos generando el desbordamiento del cauce.

Así para el periodo 1980-1990 los daños meteorológicos, dentro de los cuales están incluidas las inundaciones, provocaron en México 2,767 muertos y unos daños y pérdidas valoradas en 4,560 millones de dólares. Más recientemente, acontecieron las inundaciones de Tabasco del 2007 (Aparicio et al., 2009) que sumergieron el 70% del territorio del estado de Tabasco con láminas de agua de hasta 4 metros y que afectaron a más de 1.5 millones de habitantes, con pérdidas económicas estimadas en más de 32 mil millones de pesos (CENAPRED, 2009).

En la localidad de San Andrés Cuexcontitlán, por su ubicación geográfica y características hidrológicas sufre año con año inundaciones que afectan la integridad de los habitantes de la zona, para el caso de estudio se ha valorado el fenómeno de inundación en el año 2012 a 2014. Para el caso de la localidad existen varios factores que influyen en la presencia del fenómeno de inundación Lo importante es que no se tire basura porque ésta colapsa los sistemas de drenaje y es lo que provoca los encharcamientos y el desborde del río Verdiguél.

JUSTIFICACIÓN

La estimación de daños económicos potenciales por inundación en una localidad es de gran importancia para implementar medidas de mitigación.

Si bien es cierto que las inundaciones ya no son un tema marginal en la actualidad no se encuentran bien definidos los indicadores que permitan valorar económicamente los daños. Por ello es necesario valorar los indicadores que las dependencias gubernamentales consideran para cuantificar los daños en zonas habitacionales y agrícolas que causan una inundación.

El origen para la elaboración de este trabajo es por las desafortunadas experiencias propias vividas, causadas por las inundaciones, en donde familiares, amigos más cercanos, han perdido sus pertenencias y sueños a consecuencia de este fenómeno. El objetivo es aplicar método de cualificación de costos elaborado por el Dr. Baró et al. 2012 para la presencia de un fenómeno de inundación y realizar la valoración que genera un área inundable o proponer otras soluciones para los habitantes afectados.

Es particularmente importante señalar que cuando la inundación ya se ha producido, cuando nada es evitable, en el momento más crítico y doloroso del evento, la población casi exclusivamente requiere soluciones de carácter existencialista. Los desastres debidos a crecidas alcanzan aproximadamente a un tercio de entre todas las catástrofes naturales alrededor del mundo, al menos en cuanto a valores de pérdidas económicas y son el responsable de más de la mitad del número de víctimas fatales.

Hipótesis

“Los daños económicos provocados en viviendas y cultivos de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán de Hidalgo y Costilla, dependen de la altura y duración de la inundación”

Objetivo General

Determinar el costo de los daños generados por inundación en zonas urbanas y agrícolas en la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán, municipio de Toluca, Estado de México, a través de la aplicación de las curvas de daños económicos, elaborados por Baró et al. 2012.

Objetivos específicos

- Actualizar el **marco teórico-conceptual** en términos de fenómenos naturales con especial atención a inundaciones.
- Revisar y considerar las especificaciones de leyes y reglamentos vigentes en materia de riesgos por fenómenos naturales de inundación en México.
- Realizar la **caracterización físico-natural y social** de la localidad de San Andrés Cuexcontitlán, Toluca, Estado de México.
- Recopilar Antecedentes de la zona de inundación sus causas consecuencias y costos.
- Aplicar las ecuaciones de las curvas de daños económicos potenciales por inundación en zonas urbanas y agrícolas en la localidad de San Andrés Cuexcontitlán, Toluca, Estado de México para determinar los daños económicos

METODOLOGÍA

El proyecto tendrá un enfoque cualitativo con pensamiento deductivo, ya que combina la investigación documental y la de campo, es lo que se pretende hacer en este trabajo recopilar información de las causas actuales, la composición o proceso de los fenómenos suscitados en la zona de estudio y darles una interpretación de tal manera que nos sirvan como indicadores que permitan definir los daños causados por inundaciones. La metodología de investigación parte de la problemática que se desea investigar, posteriormente se realiza la búsqueda de información con base al método deductivo y comparativo:

- a) En primera se tiene que definir e identificar la zona de estudio hacer una valoración cuantitativa en la percepción social de los daños por inundación.
- b) Determinar los indicadores socioeconómicos índice de marginalidad, los cuales permitirán valorar los daños por inundación.
- c) Recopilar costos de desazolve de zonas inundadas emitidas por las autoridades correspondientes.

Para evaluar los daños en la localidad es necesario delimitar dos tipos de zonas, las habitacionales y las agrícolas:

Etapa 1. Base de datos

La construcción y desarrollo de una base de datos es necesaria para soportar el análisis de determinación de los tipos, severidad y localización de daños causados por una inundación. Esta base de datos incluye información sobre los siguientes aspectos:

- *Delimitación de zonas inundadas.*

Las características hidráulicas de la inundación en una cuenca se pueden obtener con el empleo de algún modelo de simulación hidrológico-hidráulico. Estas características incluyen la magnitud de los caudales del río para diferentes períodos de retorno y las alturas de lámina de agua alcanzadas. Con base en el tirante de agua y con ayuda de un modelo de elevación digital del terreno es posible delimitar las zonas inundadas, y dentro de ellas definir, por ejemplo, las áreas urbanas afectadas.

-
- *Caracterización de zonas habitacionales inundadas.*

Como primer paso, se definen las características socioeconómicas de la población. Como primer paso, se definen las características socioeconómicas de la población. Dichas características se centran en los indicadores socioeconómicos y en el índice de marginación urbana (IM),

Etapa 2. Curvas daños / altura de lámina de agua

Para el cálculo de los daños tangibles directos (pérdidas producidas por el contacto físico con el agua) se construyeron las curvas de daños potenciales, las cuales describen la relación de la altura de lámina de agua (o profundidad de la inundación) con los daños económicos que provoca la inundación. La clasificación de las curvas por construir se realizó en función del índice de marginación urbana (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) del AGEB donde se ubica una vivienda.

Etapa 3. Costo de inundación máximo, mínimo y más probable

En este trabajo, para cada tipo de AGEB, se definió una familia de curvas de daños por inundación, es decir, las curvas de costo máximo, mínimo y más probable. Para las curvas de costo máximo y mínimo, se construyeron modelos matemáticos de tipo regresivo como función del IM del AGEB donde se ubica dicha vivienda para el tirante de agua alcanzado, cuyo empleo proporciona la estimación de los daños económicos ocasionados correspondientes. Así, el método hasta ahora definido, permite determinar los posibles costos directos mínimo y máximo generados por inundación para cada tipo de AGEB en la zona de análisis.

Materiales:

- Cartas topográficas
- Sistemas de información geográfica (SIG)
- Información demográfica obtenida del INEGI
- Sistema para la consulta de información básica (AGEB)
- Anuario estadístico del Estado de México
- Encuestas

Capítulo I:

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL en
términos de fenómenos naturales con
especial atención a inundaciones.

En el capítulo I se habla del concepto y definición de inundación que ofrecen varios autores citados, factores que influyen en el grado de probabilidad para que ocurra el fenómeno de inundación, cuales son los orígenes de las inundaciones, cuales son las causas que lo generan. Se presenta una tipología de inundaciones, los impactos que generan cuando se presenta. En un apartado se habla del control de inundaciones y el tipo de medidas que pueden ser utilizadas para mitigar los efectos que surgen de las inundaciones.

En otro apartado se refiere a los daños económicos generados por las inundaciones, existe una tipología generada por (Estrada, 1996), donde en compañía de otros autores se define cada una de ellos, de la misma forma se presenta una tabla haciendo referencia a los daños tangibles e intangibles, describiendo a detalle. Se habla de la valoración de los daños, el cual es muy complejo su valoración por depender de varios factores, se especifican los daños en zonas habitacionales y en zonas agrícolas. Se usan herramientas como modelos de simulación hidrológica, por ser más prácticas, a falta de base de datos y de equipos que generen información como base para la determinación de riesgo hidrológico en zonas urbanas, agrícolas, así que se cuenta con un apartado donde se define algunos sistemas de información geográfica como base para la zona de estudio.

1.1 INUNDACIONES

Sobre el término de inundación se pueden encontrar diversas definiciones. Sin embargo, como definición general, se puede indicar que una inundación se produce cuando una zona terrestre queda momentáneamente cubierta por agua. Ello se puede deber al almacenamiento de agua de lluvia por el escaso drenaje, a mareas de viento, o bien al desbordamiento de ríos y arroyos, principalmente (Cruickshank, 1974). Otra definición, para una inundación ligada a un río o cause, señala que se trata del proceso de desbordamiento de las aguas de un río hacia afuera de su cauce natural o artificial, trayendo consigo el anegamiento progresivo, en forma lenta, de grandes extensiones de terreno, con un periodo de inundación de días, semanas o meses, siendo un fenómeno que se produce en zonas planas aluviales (López, 2002).

Las inundaciones se han ido produciendo a lo largo de toda la historia del hombre, pero se ha podido comprobar que el GRADO de probabilidad de que acontezca una inundación se ha incrementado en las últimas décadas debido fundamentalmente a la combinación de los factores siguientes (López, 2002).

-
- a) El acelerado crecimiento de la población, caracterizado por una concentración demográfica urbana que se ubica en los terrenos fácilmente inundables.
 - b) El mal manejo de las cuencas altas de los ríos, lo cual se manifiesta en la deforestación, quema de bosques, incendios forestales, mal uso del suelo, construcciones de comunicaciones y transportes inapropiados, etc. Todos estos procesos han alterado los regímenes hidrológicos de los ríos, ocasionando hidrogramas de crecidas, que se caracterizan por un gran arrastre de sedimentos y caudales de estiaje cada vez más pequeños.
 - c) Los eventos de las lluvias extremas, los cuales superan la capacidad de amortiguación de una cuenca, trayendo como consecuencia el desbordamiento del cauce.

1.1.1 Origen de las inundaciones

Aun antes de la aparición del hombre sobre la Tierra, en el entorno físico mantenía un equilibrio: el agua que llovía en las zonas montañosas bajaba por los cauces e inundaba las zonas bajas, para luego volver a mantener su equilibrio natural.

Posteriormente a la aparición del hombre se desarrollaron asentamientos humanos en las zonas aledañas a los cuerpos de agua compartiendo problemas de inundación que surgen cuando se desborda una corriente. Consecuentemente a lo anterior, la degradación de medio ambiente, tal como la deforestación, la erosión, etc.

De acuerdo con Domínguez (1999) la modificación del terreno en las cuencas (cambio en los usos de suelo), produce daño cada vez más considerable por efecto de las inundaciones debido a que:

- Se producen crecientes mayores que las que habían ocurrido (avenidas históricas) cuando las cuencas eran naturales o la degradación del medio ambiente eran mínimas.
- El tiempo debe transcurrir para que los efectos de una inundación sean percibidos por la población han disminuido, provocando que en ocasiones la respuesta de las autoridades y de la población se vea comprometida.

A nivel mundial las inundaciones están aumentando más rápidamente que ningún otro desastre. De acuerdo con información de la Cruz Roja Internacional.

Otras causas que generan las inundaciones son las actividades humanas:

- Cuando se tala los árboles para sembrar, se destruye la cobertura vegetal del suelo. Al llover, el agua arrastra la tierra hacia las paredes bajas, tapando el drenaje y azolvando los ríos y las presas, lo que favorece las inundaciones, así como la erosión del suelo por lo que esta acción del hombre es doblemente negativa.
- Cuando se construyen viviendas cerca de los ríos y barrancas, al llover mucho el río crece y ante un desbordamiento puede destruirlas. (CENAPRED, 2009).

1.1.2 Tipos de inundación

Las inundaciones pueden clasificarse de acuerdo con su origen en (Bremer y Lara, 2001)

- a) Pluviales: Se debe a la acumulación de la precipitación que se concentran en terrenos de topografía plana o en zonas urbanas con insuficiente o nulo drenaje.
- b) Fluviales: Son aquellas que se originan cuando los escurrimientos superficiales son mayores a la capacidad de conducción de los cauces.
- c) Lacustres: se originan en los lagos o lagunas por el incremento de sus niveles de agua.

En las últimas décadas, se han manifestado con mayor frecuencia, el tipo de inundaciones de penetración marina en zonas costeras, asociados a mareas de leva, tormentas extratropicales severas y otros fenómenos hidrometeorológicos extremos. Según (Jiménez, 2003).

- d) Costeras: Se presentan cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea y permite que éste penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno. La marea de tormenta es generada por los vientos de los ciclones tropicales sobre la

superficie del mar y por la disminución de la presión atmosférica en el centro de estos meteoros. Por su parte, el oleaje en el océano puede ser provocado por diferentes factores; sin embargo, su causa más común es el viento. La suma de los efectos de ambos fenómenos, puede causar importantes estragos. En el fascículo de Ciclones Tropicales (Jiménez, et al, 2004), puede encontrarse más información al respecto.

Las inundaciones pluviales pueden ser repentinas o urbanas. Las inundaciones repentinas ocurren generalmente cuando se presenta una lluvia intensa ya sea sobre el área afectada o cuenca arriba, sin señal visible de lluvias en el área. Las inundaciones urbanas se presentan durante tormentas severas o las lluvias intensas que causan encharcamiento en áreas bajas o pobremente drenadas como carreras, vados, pasos a desnivel, etc. Estas inundaciones prevalecen especialmente en áreas donde la escorrentía natural y los causes han sido alterados por actividades humanas. Aunque la inundación urbana no siempre amenaza necesariamente la vida de los residentes, estos necesitan estar informados y estar preparados para ello, ya que su aparición puede acusar grandes trastornos y daños materiales. Las inundaciones pluviales repentinas y las fluviales son las que más daños causan al sector agrícola (Bremer y Lara, 2001).

Para la Localidad el origen de las inundaciones es de tipo Fluvial y Pluvial. El pluvial se localiza en la sección el llano de la Y, la forma del terreno no es plana y se conoce como joya que es una forma irregular de una zona, donde el terreno se hunde con antecedentes de presencia de lagos en algunos casos y que al secarse da origen a un terreno compactado, con presencia de asentamientos humanos, que en lluvias fuertes de corta duración se puede concentrar la precipitación formando inundación. Y para el caso siguiente las inundaciones en la Localidad ocurren de tipo Fluvial a consecuencia del desbordamiento del río.

1.1.3 Impacto por inundaciones

Las inundaciones constituyen el fenómeno Hidrometeorológico que mayores impactos causan a la sociedad, por sus características en cuanto a la dimensión espacial y temporal del fenómeno (Lopardo y Seoane, 2000).

Las inundaciones son las causantes de numerosas víctimas fatales y pérdidas económicas. Lopardo y Seoane (2000) señalan que los desastres debidos a inundaciones suponen, aproximadamente, un tercio de todas las catástrofes naturales que se producen alrededor del mundo, al menos en cuanto a pérdidas económicas y además son las causa de al menos más de la mitad de las víctimas fatales.

La tabla 1.1 muestra los desastres naturales y sus impactos a nivel mundial para 2008 comparando con valores promedio para el periodo 2000-2007; se hace especial referencia a los daños económicos causados por dichos desastres (Rodríguez et al., 2009) asimismo, se puede advertir que las inundaciones y los deslizamientos siguen siendo los desastres más frecuentes.

Tabla 1.1: Desastres naturales y sus impactos a nivel mundial para el 2008 y valores promedio para el periodo 2000-2007

	2008	2000-2007	2008	2000-2007	2008	2000-2007
Eventos naturales	Eventos		Afectados (millones)		Daños (miles de millones de U\$\$)	
Inundaciones y deslizamientos	178	196	44.9	105.9	19.5	19.9
Tormentas	112	107	15.9	41.7	60.7	52.6
Terremotos y Volcanes	32	37	47.8	4.2	85.8	11.6
Otros (*)	32	57	105.6	79.5	24.4	7.4
Total	354	397	214.3	231.2	190.3	91.6

(*) Sequias, epidemias, temperaturas extremas, hambrunas, plagas, oleadas e incendios forestales. Fuente: Tomado de Baro et al. (2012).

Existen estudios donde se presentan estimaciones sobre la población que estaría en riesgo por inundación en escenarios de cambio climático. Según Hirabayashi y Kanae (2009) si en la actualidad el número de personas que sufre inundaciones, estaría entre 20 a 300 millones por año; en el futuro, en años de escasas inundaciones, estaría en torno a los 300 millones si el incremento de temperatura fuese de 3 °C, población que equivale hoy en día a la afectada en años de extremas inundaciones.

Las inundaciones lentas causan morbilidad y mortalidad inmediatas mínimas y sus efectos dependen de la extensión y la profundidad (altura de inundación) de la zona afectada, además de las condiciones sanitarias del entorno. Las inundaciones son seguidas, frecuentemente, de desplazamientos de poblaciones y reubicaciones emergentes, lo cual implica hacinamiento o cierto grado de agrupación. (OPS, 2006).



Fotografía 1: Inundación en la localidad San Diego de Linares, municipio de Toluca, Agenda Informativa de Estado de México. 30/09/2013.



Fotografía 2: En la delegación de San Andrés Cuexcontitlán se desaguaron veinte casas, donde 50 personas resultaron afectadas. PODER EDOMEX 27/08/2013.

1.1.4 Control de inundaciones

El aumento de la población y la falta de prevención al establecer nuevos asentamientos, obligaron a la gente a vivir en las propias llanuras de inundación. A medida que aumentó la población, y con ello las inversiones en las zonas propensas a inundaciones, creció también la responsabilidad de los ingenieros para proporcionar una mejor protección contra las inundaciones. Las respuestas han sido grandes inversiones en todo el mundo para la construcción de diques para el control de crecidas, canales de desviación y, en general, obras de protección contra inundaciones.

Para llevar a cabo acciones en contra de los daños causados por inundaciones, es indispensable emprender acciones de protección. Éstas pueden ser de dos tipos: medidas estructurales (construcción de obras), o medidas no estructurales (indirectas o institucionales). (UNDP, 2004). Estas acciones consisten en la

construcción de obras que interfieren directamente con el agua de lluvia o con la que escurre por los ríos, para impedir su paso, confinarla, encauzarla, almacenarla o modificar su velocidad de desplazamiento y caudales. (CONAGUA, 2011).

De acuerdo con Estrela (1996) las medidas estructurales, tal como se definen, implican generalmente, la construcción de obras, y dado que han sido las tradicionalmente utilizadas, y por ello son mucho más conocidas, a continuación se hace una simple enumeración

a) Medidas que reducen los caudales pico:

- Embalses de laminación.
- Establecimiento de zonas de almacenamiento controladas.
- Cauces de emergencia y trasvases.
- Conservación de suelos y reforestación.

b) Medidas que reducen los niveles de inundación para un umbral de caudal dado.

- Encauzamiento
- Reducción de remansos procedentes de aguas abajo.
- Protección y limpieza de cauces.
- Corrección de cauces.

c) Medidas que reducen la duración de la inundación.

- Obras de drenaje.

d) Medidas que modifican la susceptibilidad al daño en las estructuras existentes:

- Instalaciones de cierres temporales o permanentes en aperturas de estructuras o edificaciones y uso de materiales resistentes al agua en estructuras nuevas o ya existentes.

-
- Relocalización de estructuras y sus contenidos fuera de un área susceptibles de daños por inundación.
 - Construcción de las estructuras nuevas sobre columnas o terraplenes.

Entre las medidas no estructurales se tiene aquellas que gestionan el futuro desarrollo de la zona inundable (Estrela, 1996; Lopardo y Seoane, 2000):

- Regulación de la llanura de inundación por ordenanzas de zonificación y usos de suelo.
- Relocalización o protección de las propiedades de valor dentro de una estructura ya existente.
- Normas de construcción en la cuenca para evitar un aumento de vulnerabilidad ante crecidas.
- Seguro frente a inundaciones.

1.1.5 Evaluación de alternativas para el control de crecidas.

Para determinar las medidas de control de crecidas más adecuadas se suele realizar un análisis económico de daños potenciales, los cuales dependerán de las características de la zona inundable (Estrada, 1996).

En zonas donde los daños en agricultura y viviendas sean pequeños, la política más adecuada puede constituir en admitir los daños que se produzcan. Las medidas estructurales constituyen el único medio de protección de los cultivos, pero su justificación económica requiere cultivos de alto rendimiento o inundaciones frecuentes.

Si las edificaciones de viviendas son escasas o se encuentran muy dispersas puede ser más adecuado acudir a protecciones individuales, pero si la densidad de edificaciones es muy numerosa pueden ser menos costosas las medidas estructurales.

Lo mismo sucede con las medidas de orientación del territorio (medidas no estructurales), que resultan ser más adecuadas en zonas de escaso desarrollo urbano. Al aumentar el grado de desarrollo urbano o la alta densidad de viviendas

será más conveniente la implementación de medidas estructurales. De cierta forma, la orientación del territorio puede considerarse como un medio de retrasar la ejecución de medidas de tipo estructural, dotando de mayor flexibilidad a los planes de reducción de daños. (Baró, 2004).

1.2. DAÑOS ECONÓMICOS POR INUNDACIONES

De acuerdo con Baró (2004) una herramienta importante para la correcta formulación de lo planteado en el epígrafe anterior lo constituye una necesidad común en la planificación de recursos hídricos, pues permite evaluar la efectividad de los proyectos diseñados para mitigar los efectos de estas inundaciones. Estos costos han de incluir tanto los de construcción como los de operación, mantenimiento y reparación.

Estos análisis económicos de daños resultan de gran importancia para la administración de riesgos, ya que por ejemplo:

- I. Las aseguradoras pueden categorizar las zonas de mayor susceptibilidad para establecer el monto de las primas o cláusulas en los seguros.
- II. El sistema bancario utilizara estos análisis como criterios para el avalúo de las propiedades, la determinación del nivel de riesgo de recuperación y eventualmente de las tasas de interés (hipotecas).
- III. Las constructoras pueden categorizar las zonas susceptibles a inundación para valorizar y planificar algún tipo de construcción de obras sin poner en peligro la vida.

1.2.1. Tipología de daños

En los análisis de daños producidos por las inundaciones pueden diferenciarse cuatro tipos. Daños directos, indirectos, intangibles y de incertidumbre. (Estrada, 1996).

Los **daños directos** hacen referencia a las pérdidas producidas por el contacto físico con el agua. Se pueden valorar por los costos de reposición, reparación o rehabilitación de los bienes afectados. En el caso de los daños a cultivos es habitual realizar la valoración a partir del efecto neto en los ingresos de los agricultores.

Los **daños indirectos** incluyen el costo adicional por desvíos alrededor del área inundada, las pérdidas derivadas de la interrupción de servicios y las pérdidas en negocios, salarios, costo de limpieza después de la inundación. También suele incluir los incrementos de costo de tareas de previsión y alarma, las evaluaciones y los alojamientos temporales en zonas libres de peligro.

Los **daños intangibles** incluyen las pérdidas de vidas humanas, los prejuicios a la salud pública por contaminación de las aguas o proliferación de insectos, daños de sitios históricos y arqueológicos.

Los **daños de incertidumbre** se refieren a la inseguridad que sufren los habitantes de una zona inundable respecto al momento y magnitud de la próxima crecida. Representan la diferencia entre el valor de los daños esperados y lo que estarían dispuestos a pagar los ocupantes de la zona para evitar unas pérdidas que son altamente variables de unos años a otros y que, en ocasiones, pueden alcanzar proporciones catastróficas.

Otra clasificación de daños es la que presenta James y Lee (1971), autores que señalan que los **daños tangibles** son los daños que pueden ser medidos con base en un valor monetario, mientras que los **daños intangibles** no pueden ser medidos en tales términos.

Los daños tangibles pueden ser divididos en dos subtipos, los **daños directos**, producidos por contacto con el agua o por hundimiento, y los **daños indirectos** que son los daños causados por la interrupción de las interrelaciones físicas y económicas, por ejemplo, la interrupción del transporte carretero, de los servicios públicos, pérdida en salarios y beneficios en los negocios, así como otras consecuencias de las inundaciones como los costos por el desagüé.

Nascimento et al. (2007) presentan una clasificación bastante detallada de estos daños en el caso de áreas urbanas, además de ejemplos de cada uno de estos, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla: 1.2. Clasificación de daños por inundación en zonas urbanas (Nascimento et al., 2007)

Sector	Daños tangibles		Daños intangibles	
	Directos	Indirectos	Directos	Indirectos
Viviendas	-Daños físicos al edificio, su estructura y su contenido.	-Costos de limpieza, albergues y medicinas.	-Pérdida de vidas humanas.	Estrés psicológico y estados de ansiedad. -Daños a la salud a largo plazo.
Comercios y Servicios	-Daños físicos al edificio, su estructura y su contenido. -Pérdida de daños o existencias.	-Costo de limpieza.	-Pérdida de vidas humanas.	Estrés psicológico y estados de ansiedad. -Daños a la salud a largo plazo.
Industrial	-Daños físicos al edificio, su estructura y su contenido (maquinaria). -Pérdida o daños de materias primas y existencias.	-Costo de limpieza. -Pérdida de beneficios. -Desempleo. -Perdidas de bases de datos.	-Pérdida de vidas humanas.	Estrés psicológico y estados de ansiedad. -Daños a la salud a largo plazo.
Equipamiento público y servicios	-Daños físicos al edificio, su estructura y su contenido.	-Costo de limpieza e interrupción de servicios. -Costos de los servicios de limpieza.	-Pérdida de vidas humanas.	Estrés psicológico y estados de ansiedad. -Daños a la salud a largo plazo. -Inconvenientes debido a la interrupción de los servicios.
Infraestructura	-Daños físicos al patrimonio (carreteras, puentes, acueductos, oleoductos, torres eléctricas, conducciones de agua, etc.)	-Costo de limpieza e interrupción de servicios.	-Pérdida de vidas humanas.	-Inconvenientes debido a la interrupción de los servicios.

Patrimonio cultural e Histórico	-Daños físicos al patrimonio (monumentos, edificios históricos, museos., etc.)	-Costo de limpieza e interrupción de servicios.	-Pérdida de vidas humanas. -Valor histórico cultural.	-Inconvenientes debido a la interrupción de los servicios.
--	--	---	--	--

Fuente: Tomado de Baro et al. (2012) *Metodología para la valoración económica de daños potenciales tangibles directos por inundación.*

Asimismo, señalan que las diferencias entre daños tangibles e intangibles se relacionan con la dificultad de asignar los valores monetarios. Por otro lado, el estrés y la ansiedad causada por una inundación o por la expectación de su suceso, son ejemplos de daños intangibles debido a la dificultad de evaluar estos estados emocionales de forma monetaria.

Para el caso de la zona de estudio la tabla 1.2 refleja el sector de las viviendas donde indica que sus **daños tangibles** directos son daños físicos al edificio, su estructura y su contenido mientras que los indirectos son Costos de limpieza, albergues medicinas. En el caso de los **daños intangibles directos** menciona la pérdida de vidas humanas como un daño, para los daños indirectos se señala Estrés psicológico, estados de ansiedad, daños a la salud a largo plazo.

En realidad algunas de las pérdidas pueden ser circunstanciales debido a los efectos de compensación que tiene lugar entre los agentes económicos, ya que por ejemplo la reducción de la actividad económica en áreas no afectadas y que son capaces de suplir el mercado con las mismas clases de productos.

Por otro lado, dentro de los daños económicos que causan las inundaciones, también se incluyen los de tipo ambiental (ONU, 1999). Estos daños ambientales son consecuencias de los impactos directos y/o indirectos. Los impactos directos son aquellos que afectan al patrimonio natural, ya que se produce la pérdida o alteración grave del mismo y ocurren inmediatamente después de fenómenos hidrometeorológicos. Estos impactos perjudican la biodiversidad, los nichos ecológicos, los suelos y el agua. Los impactos indirectos aparecen luego de que los directos desaparecen y suelen provocar los daños más severos. Estos impactos indirectos se pueden clasificar de la siguiente forma:

- ⊕ Pérdida en el valor de los servicios ambientales, especialmente de aquellos provenientes de recursos naturales relacionados con la protección de las fuentes de agua, biodiversidad y el valor esencial así como científico de los ecosistemas.

-
- ⊕ Pérdida de la capacidad y productividad de los ecosistemas naturales, especialmente de la producción forestal, hídrica, energética, medicinal y alimenticia.
 - ⊕ Limitación de la capacidad productiva agrícola de los suelos como consecuencia del aumento de la erosión y de la contaminación de los mismos por arrastres de residuos.
 - ⊕ Incremento de los costos por saneamiento ambiental debido a la contaminación de las aguas, destrucción de refugios de animales vectores de enfermedades y propagación de agentes patógenos.
 - ⊕ Desplazamiento de enfermedades y plagas de insectos así como roedores de importancia en la agricultura a nuevas áreas, principalmente por la destrucción de cultivos. Se considera que las plagas y enfermedades entraran en procesos de adaptación en las nuevas áreas de cultivo.
 - ⊕ Alteración de los hábitats de desarrollo de la biodiversidad.
 - ⊕ Degradación de las cuencas hidrográficas a causa de la destrucción de la cubierta vegetal, la erosión de los suelos, las cárcavas y azolvamientos, todo lo cual incrementa el desequilibrio provocado por actividades antropogénicas.

Después de un desastre de gran magnitud, a menudo sólo se consideran pérdidas económicas las pérdidas directas de infraestructuras y bienes. Rara vez se tienen en cuenta las consecuencias económicas de la disminución de la producción por daños a las instalaciones o a la infraestructura productiva, que limitan el acceso a las materias primas, la energía, la mano de obra y los mercados. Otra clasificación de los impactos económicos de los desastres según el Informe Mundial, La Reducción de Riesgos de Desastres un Desafío para el Desarrollo, emitida por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP) 2004.

Las pérdidas por desastres se clasifican tradicionalmente en:

- ⊕ Costos directos – el daño material, incluido el daño al capital productivo y las existencias (plantas industriales, cultivos en pie, existencias, etc.), daño a la infraestructura económica (transporte, suministro de energía, etc.) y daño a la infraestructura social (viviendas, escuelas, etc.).

-
- ⊕ Costos indirectos – trastornos secundarios que afectan la oferta de bienes y servicios, por ejemplo: un menor rendimiento por destrucción o daño de las instalaciones o infraestructura, y la pérdida de ganancias por las menores oportunidades de generar ingresos. El corte de los servicios básicos puede acarrear serias consecuencias, por ejemplo la interrupción de las telecomunicaciones o la falta de agua potable. En los costos indirectos también se incluyen los gastos de salud y la pérdida de productividad por enfermedades, incapacidad y fallecimiento. Sin embargo, el costo indirecto bruto también se ve compensado parcialmente por efectos positivos relacionados con los trabajos de rehabilitación y reconstrucción, como por ejemplo la reactivación del sector de la construcción.
 - ⊕ Efectos secundarios – son las repercusiones a corto y largo plazo de un desastre en toda la economía y en las condiciones socioeconómicas; por ejemplo: el desempeño fiscal y monetario, la cantidad de viviendas y el endeudamiento externo, la distribución de ingresos y la magnitud e incidencia de la pobreza, las consecuencias del traslado o la reestructuración de ciertos elementos de la economía o la población activa.

Los datos registrados sobre el costo de los desastres generalmente se refieren a los costos directos. Es posible que, en el mejor de los casos, las cifras sobre el verdadero costo de las repercusiones indirectas y secundarias aparezcan después de varios años de ocurrido el desastre. Es necesario que transcurra el tiempo para advertir el ritmo real de la recuperación, y determinar la naturaleza de las consecuencias indirectas y secundarias. Una investigación en curso sugiere que, a largo plazo, las consecuencias secundarias de los desastres pueden tener importantes repercusiones en el desarrollo humano y económico. Es evidente que los desastres afectan el ritmo y el carácter de la acumulación de capital. La posibilidad de que en el futuro ocurran otros desastres puede disuadir a los inversores.

Al examinar las repercusiones de los desastres a largo plazo, es importante reconocer que no son hechos aislados sino que, por el contrario, forman parte de una serie de hechos sucesivos, que tienen un efecto acumulativo gradual en el desarrollo a largo plazo.

1.2.2. Categoría de los daños

En el procedimiento de estimar los daños económicos a través de las ecuaciones de curva de daños económicos potenciales es muy importante categorizar la información, es decir, simplificar información referida a cada tipo de vivienda y en concreto sobre los bienes existentes en cada una de ellas.

Para el caso de los daños en zonas agrícolas se pueden categorizar según el tipo de cultivo, la estacionalidad de los cultivos, la productividad y el riesgo de una población por la producción de su cosecha. Los daños económicos producidos en un cultivo de maíz de grano no son los mismos a los producidos en un cultivo de maíz forrajero, la diferencia está en el tipo de maíz y en determinar si el cultivo es de riego o de temporal.

El número y tipo de categorías que se establezcan dependerá de las características de cada problema concreto y del grado de detalle del estudio. En estudios generales pueden ser suficientes, por ejemplo, establecer una categoría residencial para agrupar todos los daños que se producen en viviendas. En estudios de mayor detalle será conveniente identificar varios tipos de viviendas en función de sus características constructivas y en el número y tipo de bienes.

1.3. VALORACIÓN DE LOS DAÑOS

Es muy importante realizar la valoración de los daños cuando se presenta una inundación ya que es la base primordial para realizar la toma de decisiones en favor de los habitantes y zonas afectadas.

Las actuaciones de defensa contra inundaciones pueden proteger las zonas potencialmente inundables de dos formas diferentes: reduciendo la inundación o bien disminuyendo la propia susceptibilidad de los daños. Las medidas dirigidas a reducir la inundación pueden afectar a las condiciones hidrológicas, hidráulicas y económicas de la zona, mientras que las medidas que actúan sobre la susceptibilidad de los daños solo modifican las condiciones económicas.

Según Baró (2004) estos factores pueden ser valorados solamente si se cuenta con registros estadísticos de inundaciones anteriores, ya que a partir de ello se podría elaborar curvas de daños frente a factores determinantes, como por ejemplo duración de la crecida y/o altura de la lámina de agua.

Según Boyle et al. (1998) la evaluación de daños socioeconómicos en zonas inundables implica cuatro tipos de análisis:

1) Análisis hidrológico de frecuencias: Permite el pronóstico de caudales, eventos extremos y simulación de escorrentía, todo ello mediante el uso de modelos hidrológicos.

2) Análisis de peligros: Se enfoca en los tipos de peligros relacionados con las inundaciones y por consiguiente, de los daños que provoca (daños tangibles y daños intangibles). Una vez definido el rango de los peligros potenciales, se realizan un análisis de exposición para estimar la extensión y la severidad de los daños.

3) Análisis de exposición a peligros: Tiene como objetivo estimar la extensión y seriedad de los daños y la magnitud de las pérdidas, las cuales dependen de factores humanos, hidrológicos y de uso del suelo.

4) Análisis de daños: Implica el costo de reemplazar o restaurar las áreas afectadas. Una aproximación utilizada normalmente es el método de correlación entre el daño estimado y las características hidrológicas y económicas de la llanura de inundación.

Nascimento et al. (2007) consideran que la evaluación de los impactos socioeconómicos de los daños se puede llevar a cabo con base en tres diferentes procedimientos metodológicos.

a) Métodos conceptuales, basados en métodos económicos desarrollados con el objetivo de evaluar daños o activos medioambientales. La hipótesis de estos métodos es que el mercado es capaz de incorporar el riesgo de las inundaciones y por tanto adecuar procedimientos que puedan mostrar el valor asignado por el mercado a estos tipos de riesgos.

Baro et al. (2007) señala que la principal ventaja de estos métodos es la capacidad de incorporar la estimación de los daños tangibles e intangibles. Sin embargo estos métodos son difíciles de aplicar debido a las incertidumbres asociadas: por ejemplo, el recuerdo de inundaciones pasadas y la percepción de riesgos por la población. En este sentido, estos métodos han sido usados más frecuentemente en un contexto académico.

b) Métodos de evaluación directa. Se enfoca a la evaluación de las descripciones precisas y detalladas de los impactos causados, tomando en cuenta los inventarios de daños en áreas afectadas (evaluados a posteriori) o la

construcción de escenarios de daños (evaluación a priori). Estos métodos relacionan los daños con las variables hidráulicas asociadas con las inundaciones tales como profundidad de la inundación, duración de la inundación y velocidad de flujo en áreas inundadas. Esta evaluación incluye daños directos e indirectos, aunque la mayoría de procedimientos se centran en daños directos.

- c) Análisis de vulnerabilidad. Se enfoca en la asociación del riesgo de inundación con los daños potenciales y los medios disponibles para enfrentar el riesgo. La evaluación de la vulnerabilidad toma en cuenta las acciones previstas de planificación, los medios financieros para recuperar las áreas afectadas, la existencia de cobertura de seguros, etc.

Este análisis utiliza como indicador los daños potenciales debido a las inundaciones trasladadas a términos financieros, basándose en la hipótesis que el más alto costo inducido por una inundación está asociado a la alta vulnerabilidad frente a la inundación de un área dada. Se tiende a considerar la vulnerabilidad como una expresión directa de la debilidad del sistema socioeconómico frente al riesgo de inundación. Este análisis de vulnerabilidad está basado normalmente en el uso de indicadores.

Los daños producidos por las inundaciones dependen de diversos factores (Estrada, 1996, Ayala et al., 1986) por decir algunas:

- * Altura media de la Lámina de agua y/o altura local del agua en la zona inundada.
- * Época del año en que se produce
- * Velocidad del agua.
- * Duración de la inundación
- * Tiempo transcurrido desde la inundación anterior (Frecuencia).
- * Carga de sólidos arrastrados.
- * Tiempo disponible de respuesta desde que se produce la alarma, entre otros.

Según Baró (2004) estos factores pueden ser evaluados solamente si se cuenta con registros estadísticos de inundaciones anteriores, ya que a partir de ello se

podría elaborar curvas de daños frente a factores determinantes, como por ejemplo duración de la crecida y/o altura de la lámina de agua.

Lekuthai y Vongvisessomajai (2001); La práctica habitual consiste en considerar el nivel alcanzado por la inundación como única variable que explique los daños. Únicamente también se ha incluido el factor duración de inundación, en este caso la duración se divide en tres períodos: el primer período se extiende desde el inicio de la inundación hasta el pico, el segundo período de inundación abarca desde el pico hasta el final de la inundación y el tercer periodo comprende el pos periodo de inundación, cuya duración varía en función de la duración de la inundación. Tomando en consideración estos tres periodos se pueden hacer los cálculos de daños para cada uno de ellos.

Los métodos para evaluar una inundación, en términos de daños, se pueden implementar integrando una función daño/profundidad y daño/duración de la crecida: con una base de datos especial que incluye información sobre uso de suelos, características hidráulicas y actividades humanas. Esta base de datos será el soporte para determinar los tipos, severidad y localización de los daños ocasionados por una inundación (Boyle et al., 1998). La información sobre usos del suelo y actividades humanas debe incluir, por ejemplo, las características demográficas, la propiedad del suelo, el valor del suelo, tipos de vivienda, tipos de cultivos, etc.

Para calcular los daños tangibles se hace uso de las curvas de daños, las cuales describen la relación entre los dos principales factores de las inundaciones: profundidad de la inundación y su duración. En general, una misma profundidad de inundación causa diferentes daños a distintos tipos de usos de suelo (Lekuthai y Vongvisessomajai, 2001). El uso de estas curvas está muy extendido y se pueden encontrar ejemplos de su aplicación en diferentes países del mundo: Canadá (Boyle et al., 1998), Tailandia (Lekuthai y Vongvisessomajai, 2001) y China (Renyi y Nan, 2002).

Para el caso de los daños tangibles indirectos se suelen estimar como un porcentaje fijo de los daños directos. Los porcentajes que han sido propuestos por Kates (1965) son los más empleados, y fueron obtenidos a partir del análisis de varios estudios realizados por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América en diversas cuencas hidrológicas que abarcaron un amplio rango de características. Los valores de estos porcentajes son los presentados en la Tabla 1.2 estos porcentajes son aceptados por razones prácticas, ya que el tiempo que se requiere para un análisis detallado de los daños indirectos es demasiado

grande para que pueda justificarse el empleo de ese tiempo en un estudio particular de una inundación dada (James y Lee, 1971).

Ayala et al. (1986) señalan que una de las principales dificultades que se presentan en la evaluación de los daños tangibles indirectos es la definición de los límites en que la inundación afecta a la cadena productor-consumidor. Realizar un pronóstico de daños indirectos es bastante especulativo, pues existen muchas variables difíciles de manejar: Es por ello que para realizar una estimación previa, se requiere contar con registros de daños indirectos de inundaciones anteriores.

Tabla 1.3. Porcentaje aplicado a los daños directos para el cálculo de los daños indirectos.

CONCEPTO	PORCENTAJE
Zonas residenciales	15%
Áreas comerciales	35%
Áreas industriales	45%
Servicios públicos	10%
Propiedades publicas	34%
Zonas agrícolas	10%
Carreteras	25%
Ferrocarriles	23%

Fuente: Tomado de Kates (1965)

Osel et al. (1998) proponen que la evaluación económica de los daños por inundación debe de ser realizada por regiones más que por áreas individuales de inundación, ya que las actividades económicas de una llanura de inundación dada están conectadas con las actividades que se llevan a cabo en otra llanura de inundación y áreas no afectadas por la inundación.

Estos autores presentan un método basado en un modelo económico, el cual es aplicado a las inundaciones producidas por el Rio Missouri y el rio Mississipi en Estados Unidos de América. Con los resultados que obtienen concluyen que los daños económicos pueden ser más elevados que los esperados, ya que la inundación reduce la disponibilidad de ciertos productos procedentes de las zonas inundadas que son utilizados por otros sectores de la economía localizados en áreas no inundadas. Estos efectos son más notorios en los sectores agrícolas e industriales.

Sin duda, el control absoluto de las inundaciones es prácticamente imposible, tanto desde el punto de vista físico como económico. Lo que se persigue, es

reducir los daños a un nivel mínimo, consistente con los costos necesarios para alcanzar dicha reducción.

En el caso de México, también se han propuesto una metodología para determinar el impacto social de los riesgos hidrológicos (Santillán et al, 1998). Se propone la siguiente fórmula para el cálculo de un indicador de impacto social el cual se expresa como:

$$I.I.S.F.= (I.I.D.V+I.I.M+I.C.S) ^{-n}$$

Dónde:

I.I.S.F.= Es el índice del impacto social final.

I.I.D.V= Es el índice de impacto sobre las vidas.

I.I.M= Es el índice de impacto de los bienes materiales.

I.C.S= Es el índice de conflictividad social.

n= es el índice de marginación social

Los tres indicadores parciales (I.I.D.V, I.I.M, I.C.S) se pueden sumar en forma ponderada. En la propuesta al índice de impacto sobre las viviendas se le otorga un peso del 50%, a los bienes materiales un peso del 20% y a la conflictividad social un peso del 30%.

1.3.1 Daños en zonas Habitacionales

Cuando se trata de inundaciones someras, los daños a los edificios y sus contenidos suelen aumentar de forma logarítmica con el nivel de la inundación. Para inundaciones más importantes, los daños aumentan cada vez más con la altura de las aguas, hasta alcanzar un punto en que los daños no sufren

incrementos a menos que se produzcan fallas, estructurales. Algunos actores sitúan este punto en 1.5 metros de altura (Estrada, 1996).

La conjugación de factores como el alto ritmo de crecimiento y el poblamiento de zonas cuyas características presentan riesgos sísmicos, de inundación, deslave o hundimiento y consecuentemente no aptas para usos urbanos, ha determinado que se acreciente la vulnerabilidad de los asentamientos humanos. Esta situación se agudiza donde cuyo crecimiento urbano se ha dado, en una considerable proporción, sobre terrenos de origen lacustre, de pendiente accidentada, o en barrancas y zonas minadas, donde se han presentado desastres con pérdidas humanas y materiales.

Para el caso de riesgo de origen natural en el Estado de México según (PEDU, 2008) se dice que la expansión urbana sobre el área lacustre se traduce en riesgo, los cuales se ven agravados por la carencia o insuficiencia de la infraestructura de saneamiento, el azolve de las redes y el arrastre de residuos sólidos. Este es un problema que sufre la zona de estudio ya que se localiza en un valle donde algunas de sus áreas poseían zonas lacustres.

Según (PEDU, 2008) muestra que el municipio de Toluca es un sitio susceptible a inundación, la superficie afectada es de 273, 300 m² y los habitantes afectados son 1,470.

Se hizo la revisión del Plan Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Toluca con respecto a las zonas habitacionales y la relación que se tiene con la presencia de inundaciones y desarrollo. El PMDU cuenta con políticas para el aprovechamiento de suelo urbano que serán aplicables en función de la vocación del territorio y las condiciones y características del asentamiento humano.

La localidad de San Andrés Cuexcontitlán está incluida en la política para la preservación de áreas no urbanizables con la intención de generar una adecuada relación con el medio ambiente, contener el crecimiento urbano y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales con los que cuenta el Municipio y la localidad. Se plantea la política de control del crecimiento urbano que tiene por objetivo contener el crecimiento urbano desordenado y será una política recurrente la cual consiste en:

- * Evitar los asentamientos humanos en áreas de valor ambiental, de riesgo o inundables y en zonas de amortiguamiento de cuerpos de agua superficiales.

-
- * Evitar la sub-urbanización en áreas con vocación agrícola y silvícola.
 - * Establecer límites claros para el crecimiento urbano y dotación de servicios urbanos.
 - * Evitar conjuntos aislados fuera del área urbanizable.

Los daños en viviendas se suelen referir a los costes de limpieza y reparación de la propia vivienda y/o a los costes de recuperación como reparaciones o reposiciones de los bienes afectados. Según Blong (2004) existen cuatro formas en las que se dañan las edificaciones:

1. Por la fuerza física del agua que daña la estructura del edificio, lo cual ocurre usualmente cuando la velocidad del agua es de varios metros por segundo.
2. Por la inmersión en el agua de los materiales, ya que se pueden desintegrar las placas de yeso, la madera hincharse o deformarse y las partes eléctricas sufrir cortocircuitos.
3. Por la presencia de lodos, sedimentos y otros contaminantes, presentes en el agua, que originan corrosión de los materiales u otro tipo de desintegración por un aumento del desgaste.
4. Por la humedad ya que promueve el crecimiento de moho u hongos en cualquier lugar, alterando la calidad de vida de los habitantes.

Además del nivel de la inundación existen otros aspectos que inciden decisivamente en el valor de los daños, como ya se han mencionado, los cuales pueden tener en cuenta, por ejemplo, utilizando factores de ajustes similares a los siguientes (Estrada, 1996):

- Si el aviso de inundación se realiza con tiempo suficiente (entre 6 y 12 horas) los daños se pueden reducir en un 4% en edificios de un solo piso y en un 16% en el resto.
- Si la inundación se prolonga durante 24 horas los daños se pueden incrementar un 6%.
- Si la inundación trae consigo un alto contenido en sedimentos se puede producir un aumento de desgaste que se ejerce sobre la estructura de las viviendas a las que afecta.

1.3.2 Daños en zonas Agrícolas

Según Estrada (1996), la valoración de los daños en la agricultura se suelen realizar a partir de los ingresos de los agricultores.

Cuando se produce una inundación es preciso realizar una serie de operaciones adicionales como limpieza, nivelaciones, nuevas plantaciones, fertilización extra. Al mismo tiempo, pueden disminuir las producciones o incluso perderse algunas cosechas por completo. Esta nueva situación originara unos ingresos inferiores a los esperados en condiciones normales. La diferencia entre ambos ingresos se adopta como valor de los daños.

Otro factor decisivo que incide en el valor de los daños agrícolas es la época en que se produce la inundación. Este aspecto se puede tener en cuenta mediante la consideración de un factor de época.

Así mismo, el aumento de carga solida de las corrientes de agua incrementan las perdidas en la agricultura, ya que las tierras de cultivo inundadas (o de vegetación natural) pueden llegar a verse completamente cubiertas de sedimentos, lo cual daña a las plantas y les puede producir asfixia (Estrada, 1996).

1.4. HERRAMIENTAS APLICADAS AL ESTUDIO DE INUNDACIONES

1.4.1 Las Áreas Geográficas Estadísticas Básicas (Ageb's) y PUEM

Un área geoestadística básica (AGEB) es la extensión territorial que corresponde a la subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales. Dependiendo de sus características, se clasifican en dos tipos: AGEB urbana o AGEB rural.

Un AGEB urbana, es un área geográfica ocupada por un conjunto de manzanas perfectamente delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno y cuyo uso del suelo es principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etcétera, y sólo son asignadas al interior de las localidades urbanas.

Una localidad urbana es aquélla que tiene una población mayor o igual a 2 500 habitantes o que es cabecera municipal, independientemente del número de habitantes. (INEGI, 2010).

El análisis de este tipo de datos presenta varios problemas prácticos causados por la escala, la falta de "orden" en el espacio, la falta de una medida única de

vecindad y la agrupación arbitraria de los datos.

Openshaw (1977), planteó el problema de la unidad espacial modificable (PUEM), definiéndolo como una fuente potencial de error que puede afectar los resultados de aquellos estudios basados en información agregada geográfica, ya que estos pueden variar en función de la configuración de dicha agregación.

Por ejemplo, cuando el objeto de interés se observa, no como un fenómeno que varía continuamente en el espacio, sino como uno que lo hace dentro de un conjunto fijo de zonas surge el problema llamado “de las unidades de área modificables”, el cual limita los resultados obtenidos por el análisis geoestadístico. Asimismo, cuando se quiere estudiar la relación entre objetos que han sido agrupados en dos o más sistemas independientes, se requiere calcular el valor de una variable en áreas superpuestas, lo que también restringe los resultados del análisis.

Para comprender mejor el significado del PUEM veamos como es el procedimiento normal de obtención de datos en Geografía humana. Generalmente el geógrafo hace uso de datos no recolectados directamente por el, por ejemplo de datos censales. Estos se refieren a objetos definidos naturalmente, indivisibles y fijos: personas, viviendas, edificios, etc. Pero el geógrafo los utiliza tras dos procesos de agregación:

- a) En primer lugar, el paso de datos individuales a datos referentes a las unidades espaciales básicas, las secciones censales en este caso. Ello produce, como primer efecto, el paso de una escala de medida nominal (existencia de una propiedad, ser obrero, por ejemplo, en una persona) a una escala de medida de intervalos (n° de obreros que viven en una sección censal).
- b) Después los datos zonales de las unidades básicas son agregados espacialmente para obtener los nuevos datos zonales que están disponibles para el uso de los geógrafos, datos municipales, provinciales, etc. Es importante no olvidar que las zonas definidas no tienen ningún respaldo de carácter científico, y responden a circunstancias de origen administrativo, es muy habitual el paso de un nivel de escala espacial a otro.

La cuestión es que el espacio es continuo por definición, no existen unidades zonales naturales semejantes a las que existen en la dimensión temporal: el día, año, etc., y los geógrafos no han desarrollado reglas fijas y convencionales para

llevar acabo la agregación de los datos, definiendo unas unidades espacial e únicas, por lo tanto la comparación de resultados se hace difícil sino imposible. (Openshaw, 1977)

1.4.2 Modelos de simulación hidrológica

Las técnicas de simulación hidrológica están cobrando cada vez mayor importancia en la prevención y diseño de estrategias de atención a las emergencias causadas por inundaciones.

Los modelos de simulación hidrológica más utilizados son aquellos que representan el sistema en forma matemática, mediante un conjunto de ecuaciones que relacionan las variables de entrada y salida (López, 2002)

Algunas de las aplicaciones de los modelos de simulación hidrológica más frecuentes son: (López, 2002)

En la fase “antes del desastre” se utiliza para:

- Evaluar el nivel de riesgo hidrológico asociado con los cursos de agua que atraviesan los centros de población, en función de la frecuencia de ocurrencia, caudal pico y carga sólida potencialmente transportada, así como de la capacidad que poseen las secciones hidráulicas, tanto de los cauces naturales como de la infraestructura hidráulica y vial existente para transitar dichos caudales.
- Definición espacial y temporal de los sectores que pueden verse afectados, así como de los potenciales efectos directos previsibles, tales como desbordes, deposición de detritos, socavaciones en el lecho y/o en los taludes y potenciales deslizamientos de tierras.
- Formulación de recomendaciones que orienten el diseño de medidas preventivas de tipo ingenieril, orientadas a la mitigación o abatimiento de los pocos de crecidas, y/o de tipo social, destinadas a reubicar la población de bajo riesgo para, para de este modo, reducir los daños a la integridad física de las personas y propiedades.

-
- En operación conjunta con modelos de pronósticos de lluvia pueden conformarse en instrumentos claves en la etapa de preparación o estructuración de la respuesta ante la eventual emergencia.

En la fase “durante la emergencia o desastre” pueden tener las siguientes aplicaciones:

- Asociados con sistemas hidrometeorológicos telemétricos (radar meteorológico, estaciones remotas), se constituyen en elementos básicos para la declaratoria de la fase de alerta u ocurrencia inmediata, respaldando técnicamente la decisión de implementar las medidas de evacuación.

En la fase “posterior a la emergencia o desastre” se utilizan en:

- La etapa de reconstrucción para facilitar el diseño hidrológico de las nuevas estructuras hidráulicas que permitirán la restitución de los ejes de cursos de agua involucrados, para que puedan transitar en forma segura y eficiente los caudales proyectados.

En el caso concreto del estudio de inundaciones, los modelos permiten conocer, cuantificar y predecir algunos factores asociados con las inundaciones como son la elevación del agua, velocidad, deposición de sedimentos y duración de la inundación.

El modelo HEC-RAS (USACE, 1998), permite analizar la escorrentía de ríos, la simulación de sistemas de embalses y el análisis de daños por inundaciones. El programa HEC-RAS se emplea para determinar el nivel de agua en cada una de las secciones transversales del cauce de un río.

Igualmente, el modelo WMS (WaterShed Modeling System), se puede aplicar de manera conjunta con otros modelos hidrológicos (ECGL, 1997). Este modelo se emplea para delimitar las llanuras de inundación, teniendo como datos de entrada los resultados de tránsito de avenidas obtenidos a partir del modelo HEC-RAS.

1.4.3 Sistemas de información geográfica (SIG)

Con la finalidad de obtener una visión integrada de todos los aspectos a investigar se han desarrollado varias herramientas, entre las cuales cabe destacar los sistemas de información geográfica (SIG). Esta herramienta es de gran ayuda

para el análisis espacial de los diversos problemas hídricos involucrados. La manipulación digital de la información simplifica la gestión de los datos, particularmente de los tipos cartográficos y la manipulación, simulación de múltiples análisis espaciales. En este sentido, el SIG es una importante herramienta que facilita la construcción y la aplicación de algoritmos para la construcción conceptual de la dinámica hidrológica de una cuenca en estudio. Este sistema permite, igualmente, el modelo de los procesos que afecta la distribución espacial de los recursos naturales y sus interrelaciones con la sociedad y la economía de la cuenca, tanto en cantidad como en calidad (Díaz-Delgado et al., 1998).

Capítulo II

Leyes y reglamentos vigentes en materia de riesgos por fenómenos naturales en México (inundaciones).

Este capítulo hace referencia acerca del marco legal que puede aplicarse a dicho caso para favorecer a la población y a los recursos naturales. Desde el nivel federal hasta un nivel municipal de acuerdo a la problemática, que en este caso son las zonas de inundaciones agrícolas y rurales.

2. MARCO LEGAL

La legislación y las normas han abarcado varios ámbitos uno de ellos es en materia de vulnerabilidad y riesgo que se han considerado para atender este problema, particularmente las inundaciones, que es un fenómeno natural del cual la población corre el riesgo cuando se establece en lugares bajos cerca de ríos o cañadas. Las inundaciones afectan a la población en sus bienes muebles e inmuebles, en ocasiones alteran los cauces, dañan la infraestructura urbana, hidráulica, hidroagrícola, vías de comunicación, entre otros; ocasionando costos económicos, sociales y políticos al país. Este capítulo hace referencia acerca del marco legal que puede aplicarse a dicho caso para favorecer a la población y a los recursos naturales. Desde el nivel federal hasta un nivel municipal de acuerdo a la problemática que en este caso son las zonas de inundaciones agrícolas y rurales.

2.1 NIVEL FEDERAL

A nivel Federal se hace presente la Ley General de Cambio Climático, publicado en el Diario Oficial de la Federación decretado por el Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático en situación de riesgo por el fenómeno de inundación.

Haciendo uso del **Artículo 3** hace referencia al riesgo como la probabilidad de que se produzca un daño en las personas, en uno o varios ecosistemas, originado por un fenómeno natural o antropógeno. En este caso el fenómeno natural que se presenta en la zona de estudio para que se originen las inundaciones son las lluvias pluviales. En realidad el territorio nacional presenta asentamientos humanos no controlados originando que la población se vea en situación de riesgo debido a que se rompe el equilibrio ecológico que se da en condiciones normales.

En el **Artículo 7** se debe Elaborar, actualizar y publicar el atlas nacional de riesgo, y emitir los criterios para la elaboración de los atlas de riesgo estatales. La

actualización y publicación así como la formulación de criterios nos sirven para conocer qué zonas tiene prioridad ante otras para prevenir los desastres naturales. La actualización y publicación así como la formulación de criterios nos sirven para conocer qué zonas tiene prioridad ante otras para prevenir los desastres naturales.

El **Artículo 26** señala que no importa el nivel del desastre, se debe realizar todo lo posible para mitigar el daño y no dar por perdida la zona sin hacer algo, tomando en cuenta que la prevención es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático, se liga mucho con el tema de estudio y con el instrumento de cuantificación de daños económicos para abrir más el panorama de posibilidades en cuestión de prevenir y preparar a los habitantes que sufren estos daños y no se vean tan afectados, a diferencia de mitigarlos y aumentar costos para restaurar la zona afectada y regresar todo a la normalidad.

En el **Artículo 27**. La política nacional de adaptación frente al cambio climático se sustentará en instrumentos de diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación, tendrá como objetivos: **I.** Reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático; **III.** Minimizar riesgos y daños, considerando los escenarios actuales y futuros del cambio climático; **V.** Establecer mecanismos de atención inmediata y expedita en zonas impactadas por los efectos del cambio climático como parte de los planes y acciones de protección civil. Como dice el capítulo II que la política nacional de adaptación se sustentara en instrumentos ya sea en cualquiera de los ámbitos mencionados la propuesta DETERMINACION DE LOS DAÑOS ECONOMICOS POR INUNDACION EN ZONAS URBANAS Y AGRICOLAS, EN LA LOC. DE SN ANDRES CUEX. MPIO DE TOL. EDO DE MEX.” Los instrumentos de cuantificación que se usa pueden ser parte de esta política nacional.

En el **Artículo 30** de esta Ley nos dice que las dependencias y entidades de la administración pública federal centralizada y paraestatal, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, implementarán acciones para la adaptación conforme a las disposiciones siguientes: **I.** Elaborar y publicar los atlas de riesgo que consideren los escenarios de vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático, atendiendo de manera preferencial a la población más vulnerable y a las zonas de mayor riesgo, así como a las islas, zonas costeras y deltas de ríos. **II.** Utilizar la información contenida en los atlas de riesgo para la elaboración de los planes de desarrollo urbano, reglamentos de construcción y ordenamiento territorial de las entidades federativas y municipios; **III.** Establecer

planes de protección y contingencia ambientales en zonas de alta vulnerabilidad, áreas naturales protegidas y corredores biológicos ante eventos meteorológicos extremos. Para la realización del presente estudio es de gran utilidad la realización del atlas de riesgo porque es una de las fuentes de información importantes para conocer escenarios vulnerables, mantenerse actualizados y se encuentren disponibles para todo público en general para la toma de decisiones.

La siguiente ley que compete al tema de estudio es la Ley de Aguas Nacionales dado que se han presentado fenómenos climatológicos extremos con motivo del cambio climático dicho órgano se encuentra facultado para clasificar las zonas en atención a sus riesgos de posible inundación, emitir las normas y recomendaciones necesarias y establecer las medidas de operación, control y seguimiento.

En el **Artículo 1** se crea con carácter permanente la Comisión Intersecretarial para la atención de sequías e inundaciones (Comisión), que tiene por objeto la coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, relativas al análisis de riesgos y la implementación de medidas de prevención y mitigación de fenómenos meteorológicos extraordinarios y los efectos que éstos generan, tales como sequías e inundaciones.

El **Artículo 7**. Se declara de utilidad pública: El mejoramiento de la calidad de las aguas residuales, la prevención y control de su contaminación, la recirculación y el reúso de dichas aguas, así como la construcción y operación de obras de prevención, control y mitigación de la contaminación del agua, incluyendo plantas de tratamiento de aguas residuales poniendo atención a los efectos de fenómenos meteorológicos extraordinarios que pongan en peligro a personas, áreas productivas o instalaciones. Este artículo se puede aplicar a la zona de estudio, por que lamentablemente el Rio Verdiguél que es uno de los causantes de inundación en la localidad es de aguas residuales que provienen principalmente de la zona metropolitana de Toluca. Se debe de poner mayor atención a los efectos de los fenómenos meteorológicos, porque se perturba directamente el bienestar y calidad de vida de los habitantes.

El **Artículo 9** tiene por objeto ejercer las atribuciones que le corresponden a la autoridad en materia hídrica y constituirse como el Órgano Superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación, en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico. Fomentar y apoyar el desarrollo de los

sistemas de agua potable y alcantarillado; los de saneamiento, tratamiento y reúso de aguas; los de riego o drenaje y los de control de avenidas y protección contra inundaciones. Conciliar y, en su caso, fungir a petición de los usuarios, como árbitro en la prevención, mitigación y solución de conflictos relacionados con el agua y su gestión, en los términos de los reglamentos de esta Ley. Participar en el sistema nacional de protección civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencia, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos; Se toma en que la ley de aguas invita a participar al sistema nacional de protección civil y apoyar los planes y programas para atender los fenómenos hidrometeorológicos. Realizar las declaratorias de clasificación de zonas de alto riesgo por inundación y elaborar los atlas de riesgos conducentes. Se debe de tomar en cuenta toda esta información para poder hacer una clasificación de las zonas de riesgo y que formen parte de la caracterización de las zonas de estudio para los planes de desarrollo o programas de protección, etc.

En el **Artículo 14**, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua es un organismo público descentralizado sectorizado a "la Secretaría", tiene por objeto, realizar investigación, desarrollar, adaptar y transferir tecnología, prestar servicios tecnológicos y preparar recursos humanos calificados para el manejo, conservación y rehabilitación del agua y su entorno, promover la educación y la cultura en torno al agua que fomente en la sociedad la conciencia de que el líquido es un bien escaso que requiere del cuidado de su cantidad y calidad, así como de su aprovechamiento sustentable y de la mitigación de sus efectos indeseables. En este artículo refiere a efectos indeseables que proviene del agua, da por entendió entre algunos de estos, las inundaciones, ya que como bien lo estipula esta ley se debe iniciar desde la educación como medida de prevención, no pasar a la etapa de mitigación o restauración.

El **Artículo 83**. "La Comisión", a través de los Organismos de Cuenca, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales deberá construir y operar, según sea el caso, las obras para el control de avenidas y protección de zonas inundables, así como caminos y obras complementarias que hagan posible el mejor aprovechamiento de las tierras y la protección a centros de población, industriales y, en general, a las vidas de las personas y de sus bienes, conforme a las disposiciones del Título Octavo. Hace falta aplicar esta Ley en la localidad de estudio para fundar obras de control de avenidas y protección de zonas inundables. "La Comisión", en los términos del reglamento, y con el apoyo de los Organismos de Cuenca, clasificará las zonas en atención a sus riesgos de posible

inundación, emitirá las normas y, recomendaciones necesarias, establecerá las medidas de operación, control y seguimiento y aplicará los fondos de contingencia que se integren al efecto. Estos términos y reglamentos deben de ser utilizados en cualquiera de los niveles de gobierno ya que por falta de información, muchas de las personas que están a cargo no establecen ninguna medida de operación, control y seguimiento y aplicará los fondos de contingencia que se integren al efecto. Los Organismos de Cuenca apoyarán a "la Comisión", de conformidad con las leyes en la materia, para promover, en su caso, en coordinación con las autoridades competentes, el establecimiento de **seguros contra daños por inundaciones en zonas de alto riesgo**, de acuerdo con la clasificación a que se refiere el párrafo anterior. Si se llega a promover este seguro contra daños por inundación, sería un gran apoyo para todos los habitantes que viven en zonas de riesgo de inundación, pero de la misma forma se debe dar prioridad a la prevención de inundación, que a la mitigación por mejorar la calidad de vida de los habitantes y reducir los gastos de inversión.

El **Artículo 84.** "La Comisión" determinará la operación de la infraestructura hidráulica para el control de avenidas y tomará las medidas necesarias para dar seguimiento a fenómenos climatológicos extremos, promoviendo o realizando las acciones preventivas que se requieran; asimismo, realizará las acciones necesarias que al efecto acuerde su Consejo Técnico para atender las zonas de emergencia hidráulica o afectadas por fenómenos climatológicos extremos, en coordinación con las autoridades competentes. Para el cumplimiento eficaz y oportuno de lo dispuesto en el presente Artículo, "la Comisión" actuará en lo conducente a través de los Organismos de Cuenca.

Para **Artículo 96** se consideran como obras públicas necesarias que competen al Ejecutivo Federal a través de "la Comisión", las que: **III.** Controlen, y sirvan para la defensa y protección de las aguas nacionales, así como aquellas que sean necesarias para prevenir inundaciones, sequías y otras situaciones excepcionales que afecten a los bienes de dominio público hidráulico; sin perjuicio de las competencias de los Gobiernos Estatales o Municipales; Se han hecho algunas obras públicas en el municipio y en la Localidad de la zona de estudio para mitigar un poco los daños y evitar las inundaciones con gran magnitud pero no son las necesarias faltan algunas más.

En el **Artículo 113.** La administración de los siguientes bienes nacionales queda a cargo de "la Comisión": Dice que en las obras de infraestructura hidráulica financiadas por el gobierno federal, como presas, diques, vasos, canales, drenes,

bordos, zanjas, acueductos, distritos o unidades de riego y demás construidas para la explotación, uso, aprovechamiento, control de inundaciones y manejo de las aguas nacionales, con los terrenos que ocupen y con las zonas de protección, en la extensión que en cada caso fije "la Comisión". La administración de bienes nacionales, quedan a cargo de la comisión, son financiadas por el gobierno federan y el control de inundaciones forma parte de la administración.

Otra ley que forma parte del marco legal del tema de estudio en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). El cambio de clima en la Tierra es resultado del uso intensivo de la atmósfera terrestre como vertedero de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta situación, coloca a la humanidad y ecosistemas ante una creciente exposición a catástrofes naturales, por lo que el cambio climático es ya un problema de seguridad nacional y mundial, por lo que es urgente incrementar los esfuerzos de mitigación y desarrollar capacidades de adaptación ante sus impactos adversos previsibles.

En su **Artículo 1** la presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Para sus efectos se entiende por contingencia ambiental: Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas.

El **Artículo 23** para contribuir al logro de los objetivos de la política ambiental, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, además de cumplir con lo dispuesto en el artículo 27 constitucional en materia de asentamientos humanos, considerará algunos los criterios siguientes: I.- Determinación de áreas para actividades altamente riesgosas, se establecerán las zonas intermedias de salvaguarda en las que no se permitirán los usos habitacionales, comerciales u otros que pongan en riesgo a la población. Para que se delibere una zona para realizar asentamientos humanos, se necesita tomar en cuenta este artículo ya que es una medida preventiva para evitar las construcciones de tantos asentamientos humanos en zonas que pongan en riesgo la calidad de vida y los bienes de los habitantes se debe tener más cuidado de no repetir los mismos errores. II.- La política ecológica debe buscar la corrección de aquellos desequilibrios que deterioren la calidad de vida de la población y, a la vez, prever las tendencias de crecimiento del asentamiento humano, para mantener una relación suficiente entre la base de recursos y la población, y cuidar de los factores ecológicos y ambientales que son

parte integrante de la calidad de la vida. Aquí los habitantes de la zona de estudio alteraron el equilibrio ecológico en compañía de la zona céntrica de Toluca, modificando la composición del Río Verdiguél, convirtiéndolo en canal de desagüe de aguas negras y residuales, así que esta política ecológica debe buscar la corrección de aquellos desequilibrios. III.- Las autoridades de la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, en la esfera de su competencia, deberán de evitar los asentamientos humanos en zonas donde las poblaciones se expongan al riesgo de desastres por impactos adversos del cambio climático. Si bien este artículo tiene puntos de vista muy interesantes, pero lamentablemente no se lleva a cabo o no se ejecuta tal y como está estipulado, de igual manera algunos habitantes de la Loc. De Sn Andrés Cuex. Viven en zonas altamente riesgosas y el gobierno no los desaloja, permite la reconstrucción de sus casas, sabiendo la problemática en la que viven.

Para el **Artículo 122.-** Las aguas residuales provenientes de usos públicos urbanos y las de usos industriales o agropecuarios que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de las poblaciones o en las cuencas ríos, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de agua, así como las que por cualquier medio se infiltren en el subsuelo, y en general, las que se derramen en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir; I. Contaminación de los cuerpos receptores; II. Interferencias en los procesos de depuración de las aguas; y III. Trastornos, impedimentos o alteraciones en los correctos aprovechamientos, o en el funcionamiento adecuado de los sistemas, y en la capacidad hidráulica en las cuencas, cauces, vasos, mantos acuíferos y demás depósitos de propiedad nacional, así como de los sistemas de alcantarillado. Este artículo es importante aunque no tenga que ver con el tema de investigación que son las inundaciones, pero si tiene relación con el agente causante de las inundaciones que es el Río Verdiguél puesto que este es un canal de aguas negras y residuales, lo que aumenta la exposición tan alta que sufren los habitantes de la zona a causa de inundarse sus hogares.

Para efectos del marco legal del presente estudio a nivel federal se cita a la Ley General de Protección Civil, la presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto establecer las bases de coordinación entre los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil. Los sectores privado y social participarán en la consecución de los objetivos de esta Ley, en los términos y condiciones que la misma establece.

La siguiente ley que se menciona es la Ley General de Protección Civil tiene por objeto establecer las bases de coordinación entre los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil. Los sectores privado y social participarán en la consecución de los objetivos de esta Ley, en los términos y condiciones que la misma establece.

En su **Artículo 2.** Para los efectos de esta Ley se entiende por: I. Agente regulador: Lo constituyen las acciones, instrumentos, normas, obras y en general todo aquello destinado a proteger a las personas, bienes, infraestructura estratégica, planta productiva y el medio ambiente, a reducir los riesgos y a controlar y prevenir los efectos adversos de un agente perturbador; II.- Atlas Nacional de Riesgos: Sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables; III.- Cambio Climático: Cambio en el clima, atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos comparables. IV.- Riesgo: Daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador. Se resaltan algunos de los términos mencionados pues posteriormente se va a hacer uso de ellos. Son algunos conceptos relevantes para efectos de esta Ley, en materia de inundaciones.

En el **Artículo 3.** Se menciona que los tres niveles de gobierno tratarán en todo momento que los programas y estrategias dirigidas al fortalecimiento de los instrumentos de organización y funcionamiento de las instituciones de protección civil se sustenten en un enfoque de gestión integral del riesgo. Aquellas acciones servirán mucho para la zona de estudio ya que va encaminado a seguir una serie de pasos como son la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de riesgos que esa es la meta, reducir al nivel más mínimo los riesgos.

Para que Protección Civil brinde un mejor funcionamiento emite **Artículo 5.** Donde dice que las autoridades de protección civil, enumeradas en el artículo 27 de esta Ley, deberán actuar con base en los siguientes principios: I. Prioridad en la protección a la vida, la salud y la integridad de las personas; II. Inmediatez, equidad, profesionalismo, eficacia y eficiencia en la prestación del auxilio y entrega de recursos a la población en caso de emergencia o desastre; III. Subsidiariedad, complementariedad, transversalidad y proporcionalidad en las funciones asignadas a las diversas instancias del gobierno; IV. Publicidad y participación social en todas las fases de la protección civil, pero particularmente en la de

prevención; V. Establecimiento y desarrollo de una cultura de la protección civil, con énfasis en la prevención en la población en general; VI. Legalidad, control, eficacia, racionalidad, equidad, transparencia y rendición de cuentas en la administración de los recursos públicos; VII. Corresponsabilidad entre sociedad y gobierno, VIII. Honradez y de respeto a los derechos humanos. Este artículo puede servir de base para la elaboración de un programa de gestión de riesgos y aplicarlo a todas las zonas que lo necesiten.

En su **Artículo 10**. La Gestión Integral de Riesgos considera, entre otras, las siguientes fases anticipadas a la ocurrencia de un agente perturbador: I. Conocimiento del origen y naturaleza de los riesgos, además de los procesos de construcción social de los mismos; II. Identificación de peligros, vulnerabilidades y riesgos, así como sus escenarios; III. Análisis y evaluación de los posibles efectos; IV. Revisión de controles para la mitigación del impacto; V. Acciones y mecanismos para la prevención y mitigación de riesgos; VI. Desarrollo de una mayor comprensión y concientización de los riesgos, y VII. Fortalecimiento de la resiliencia de la sociedad.

Estas faces que nos mencionan GIR impulsan a anticipar la ocurrencia del agente perturbador, usar esa información para programas o planes que prevengan los agentes perturbadores.

El objetivo del **Artículo 15**. Es el de proteger a la persona y a la sociedad y su entorno ante la eventualidad de los riesgos y peligros que representan los agentes perturbadores y la vulnerabilidad en el corto, mediano o largo plazo, provocada por fenómenos naturales o antropogénicos, a través de la gestión integral de riesgos y el fomento de la capacidad de adaptación, auxilio y restablecimiento en la población. Este artículo refiere los deberes del Protección Civil para proteger a las personas la sociedad y su entorno ante los agentes perturbadores, provocados por fenómenos naturales.

El **Artículo 18**. Es responsabilidad de los gobiernos de los estados conforme a su disponibilidad presupuestaria, la contratación de seguros y demás instrumentos de administración y transferencia de riesgos para la cobertura de daños causados por un desastre natural en los bienes e infraestructura de sus entidades federativas. El artículo mencionado nos comenta que la responsabilidad de los gobiernos es contratar seguros y demás instrumentos de administración de riesgos para la cobertura de daños causados por un desastre, hay que difundir más esta responsabilidad y dar seguimiento para que se cumpla y poder hacer uso del

cuándo se solicite. Para el cumplimiento de esta obligación, las entidades federativas podrán solicitar que los instrumentos de administración y transferencia de riesgos que contraten sean complementados con los Instrumentos Financieros de Gestión de Riesgos Federales conforme a lo establecido en los lineamientos que para tal efecto se emitan.

En **Artículo 25**. Las autoridades correspondientes en su ámbito de competencia llevarán a cabo proyectos, estudios e inversiones necesarias para ampliar y modernizar la cobertura de los sistemas de medición de los distintos fenómenos perturbadores naturales y antropogénicos, encaminados a prevenir riesgos que pongan en peligro la vida y que puedan provocar daños a la población. El artículo nos es de gran utilidad para el proyecto de estudio ya que de alguna manera es lo que se está haciendo, medir el daño que causó el fenómeno perturbador.

Para el **Artículo 75**. Las Unidades Estatales, Municipales y Delegacionales de Protección Civil, tendrán la facultad de aplicar medidas de seguridad tales como: identificación y delimitación de lugares o zonas de riesgo; control de rutas de evacuación y acceso a las zonas afectadas; acciones preventivas para la movilización precautoria de la población y su instalación y atención en refugios temporales; coordinación de los servicios asistenciales; el aislamiento temporal, parcial o total del área afectada; la suspensión de trabajos, actividades y servicios.

Asimismo, las Unidades a que se refiere este artículo podrán promover ante las autoridades competentes, la ejecución de alguna o algunas de las medidas de seguridad que se establezcan en otros ordenamientos.

Artículo 76. Cuando se apliquen las medidas de seguridad previstas en el artículo anterior, se precisará su temporalidad y, en su caso, las acciones para su suspensión.

En el **Artículo 91**. Establece que es responsabilidad del Gobierno Federal y de las entidades federativas atender los efectos negativos provocados por fenómenos climatológicos extremos en el sector rural, en este sentido, se deberá contar con los mecanismos que permitan atender de manera ágil y oportuna mediante apoyos directos y contratación de seguros catastróficos a los productores agrícolas, pecuarios, acuícolas y pesqueros, de bajos ingresos, afectados por contingencias climatológicas extremas, de conformidad con lo establecido en el artículo 126 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.

En el **Artículo 92**. Refiere que para dar cumplimiento a la responsabilidad del Gobierno Federal de atender a los productores rurales de bajos ingresos afectados por contingencias climatológicas, el Ejecutivo federal deberá vigilar, la instrumentación de un programa para la atención de fenómenos naturales perturbadores que afecten los activos productivos de productores rurales de bajos ingresos y su previsión presupuestal según lo establecido en el artículo 4 de esta Ley.

En el **Artículo 93**. Los gobiernos Federal y Estatal deberán concurrir tanto en acciones como en la aportación de recursos, para la instrumentación de programas que coadyuven a la reincorporación de los productores de bajos ingresos a sus actividades productivas.

En el **Artículo 94**. El Gobierno Federal deberá crear una reserva especial para el sector rural con el propósito de proveer de recursos en forma expedita al Programa de Atención a Contingencias Climatológicas, cuando los recursos asignados en el Presupuesto de Egresos de la Federación se hubiesen agotado. Pues el gobierno todavía no cuenta con un mecanismo que permita atender los efectos negativos que dejan los fenómenos naturales en la zonas rurales, es de gran importancia este inconveniente ya que la localidad de Sn Andrés, que se ve afectada por las inundaciones el uso de suelo es para siembra de maíz que es la base alimentaria de los habitantes de la Localidad, está muy débil la legislación en este tema porque no hay demasiados lugares afectados por fenómenos climatológicos y no se les brinda un apoyo por que no se conoce un respaldo legislativo.

La Ley de Desarrollo Rural Sustentable forma parte del marco legal de la zona de estudio. Sus disposiciones son de orden público y están dirigidas a: promover el desarrollo rural sustentable del país, propiciar un medio ambiente adecuado y garantizar la rectoría del Estado y su papel en la promoción de la equidad.

Para dado caso se hace referencia al **Artículo 126** que tiene relación con el artículo 91 de la Ley General de Protección Civil el presente expresa que el desarrollo de servicios privados y mutualistas de aseguramiento y cobertura de precios, será orientado por el Gobierno Federal al apoyo de los productores y demás agentes de la sociedad rural en la administración de los riesgos inherentes a las actividades agropecuarias que se realicen en el sector rural. El servicio de aseguramiento procurará incluir los instrumentos para la cobertura de riesgos de producción y las contingencias climatológicas y sanitarias, además de complementarse con instrumentos para el manejo de riesgos de paridad

cambiaría y de mercado y de pérdidas patrimoniales en caso de desastres naturales, a efecto de proporcionar a los productores mayor capacidad para administrar los riesgos relevantes en la actividad económica del sector.

2.2 NIVEL ESTATAL

México es un país expuesto a fenómenos naturales peligrosos, cuyo impacto suele traducirse en desastres debido, en parte, a las condiciones de vulnerabilidad de la población. El nivel de gobierno más cercano a la población, en donde es posible establecer el mayor contacto entre la ciudadanía y el gobierno, y atender las demandas de la sociedad civil, que compete para cada situación ya sea el federal, estatal o municipal. Para este caso se aborda el Nivel Estatal de la Zona de estudio que es el Estado de México.

La primera ley que se extiende es la Ley de Cambio Climático del Estado de México donde en su **Artículo 1.-** tiene por objeto establecer las disposiciones para lograr la adaptación al cambio climático, será aplicada de conformidad con la Ley General de Cambio Climático.

En su **Artículo 2.-** Son algunos de los objetivos específicos de esta Ley que tienen relación con el tema de estudio: I. Garantizar el derecho de toda persona a un ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar, de conformidad con lo dispuesto en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México; II. Establecer las atribuciones de las dependencias y entidades competentes de la Administración Pública Estatal y de los Ayuntamientos, así como establecer los mecanismos de coordinación entre dichas autoridades con los demás órdenes de gobierno y otras entidades federativas; III. Definir los principios de la política estatal en materia de cambio climático; IV. Desarrollar los instrumentos de la política estatal en materia de cambio climático; V. Garantizar la participación corresponsable e informada de los habitantes del Estado de México, en forma individual o colectiva, en materia de cambio climático; VI. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del Estado frente a los efectos adversos del cambio climático. Los objetivos planteados en esta Ley van enfocados a garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar.

En el **Artículo 39** tiene por objeto anticipar períodos en los que se presenten fenómenos meteorológicos extremos, mediante los pronósticos del clima en el corto plazo, proyecciones de largo plazo y caracterización de la variabilidad

climática en el Estado de México, a efecto de prevenir o, en su caso, mitigar sus efectos sobre los ecosistemas, la biodiversidad, la agricultura, la ganadería, el sector forestal, la disponibilidad de agua y los asentamientos humanos. La Ley se apoyará en el sistema meteorológico del Estado de México, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Estas aplicaciones apoyarían en la acumulación de información para prevenir a los habitantes que viven en las zonas de riesgo de inundación.

En su **Artículo 40** El Instituto informará anualmente a las dependencias y entidades de la Administración Pública Estatal competentes, sobre las proyecciones o estimaciones del clima esperados, a efecto de que tomen las previsiones correspondientes. Esta información se debe de dar a conocer a todos los habitantes del Estado para que se encuentren informados y sepan qué hacer cuando se les presente la problemática.

La siguiente Ley que se efectúa para la zona de estudio es la Ley del Agua para el Estado de México y Municipios tiene por objeto normar la explotación, uso, aprovechamiento, administración, control y suministro de las aguas de jurisdicción estatal y municipal y sus bienes inherentes, para la prestación de los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado, saneamiento, y tratamiento de aguas residuales, su reusó y la disposición final de sus productos resultantes.

En su **Artículo 2.-** La presente Ley persigue los siguientes objetivos: I. La regulación de la prestación de los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado, saneamiento, tratamiento de aguas residuales, su reusó y la disposición final de sus productos resultantes; El establecimiento de un régimen sancionatorio que castigue la contaminación, el mal uso y el despilfarro de los recursos hídricos. En su artículo 1 y 2 debe de aplicarse en la Localidad y en todos los municipios por donde pasa uno de los agentes causantes de las inundaciones en la Loc. que es el Río Verdiguél porque es usado como canal de desagüe de aguas residuales que provienen de varios municipios más arriba y que no reciben ningún tipo de tratamiento ni saneamiento, este tipo de aguas son las que inundan los asentamientos y áreas agrícolas de los habitantes, exponiéndose a un alto grado de infecciones sanitarias.

En el **Artículo 51** la infraestructura hidráulica para los servicios de drenaje, alcantarillado, saneamiento y tratamiento de aguas residuales para su reusó, comprende los colectores, subcolectores, cárcamos de bombeo, emisores, las plantas de tratamiento de aguas residuales, lagunas de oxidación, humedales,

líneas moradas y las obras hidráulicas para la prevención de inundaciones, misma que será de jurisdicción Estatal cuando reciba descargas de aguas residuales o pluviales de más de un municipio. Este capítulo en su artículo 51 también debe aplicarse en la localidad de San Andrés Cuexcontitlán, por su posición orográfica encuentra a una altura 2600 estando en desventaja ya que es una zona plana presentando algunas joyas favoreciendo el estancamiento de agua.

También se hace mención de la Ley de Asistencia Social del Estado de México y Municipios, la presente Ley es de orden público e interés social y tiene como finalidad establecer las bases, objetivos y procedimientos del Sistema Estatal de Asistencia Social, que promueva los programas, acciones y prestación de los servicios de asistencia social que establecen los ordenamientos de la materia; así como coordinar el acceso a los mismos, garantizando la concurrencia de esta entidad federativa, de los municipios que la componen y de los sectores social y privado.

En el **Artículo 7.-** Se consideran beneficiarios de los programas, acciones y servicios de asistencia social, preferentemente: I.- Coadyuvar en asistencia social a las personas afectadas por desastres naturales.

En el **Artículo 18.-** El DIFEM tendrá respecto de la asistencia social, las siguientes atribuciones: I.- Coadyuvar en el auxilio de damnificados en casos de desastres naturales, en coordinación con las dependencias y organismos auxiliares de la administración pública estatal, federal y municipal, en los términos de las disposiciones jurídicas aplicables.

Esta otra Ley brinda apoyo a las personas que se ven afectados por fenómenos naturales es de reconocerse, porque no hay muchas dependencias que brinden este tipo de apoyo.

2.3 NIVEL MUNICIPAL

El ámbito municipal es la primera instancia encargada de atender las situaciones de emergencia, para lo cual, cada municipio debe contar con un sistema de protección que este capacitada para brindar la atención necesitada, para el caso de estudio, la zona es la Localidad de Sn Andrés Cuexcontitlán ubicada al norte del Municipio de Toluca, estado de México.

Como parte del nivel estatal del marco legal del presente estudio se menciona el Plan Municipal de Toluca que en su **Artículo 19**. Los habitantes del Municipio tienen las siguientes Obligaciones: Participar en el sistema municipal de protección civil para el cumplimiento de Fines de interés general y para los casos de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública. Este artículo se aplica a la zona de estudio ya que se dice que se debe participar en todo el sistema municipal de Toluca para los casos graves de riesgo.

En su **Artículo 83**. Las medidas de seguridad son determinaciones de la autoridad municipal, su aplicación será provisional durante el tiempo que persistan las causas que las motivaron. Comprobada la causa que motiva la adopción de la medida de seguridad, ésta será aplicada de manera inmediata, en la forma prevista por las leyes, el presente Bando Municipal y el Código Reglamentario Municipal. Las medidas de seguridad que la autoridad competente podrá adoptar son las siguientes: I. Suspensión de la obra en construcción, instalación, explotación o la prestación de servicios; II. Desocupación o desalojo total o parcial de inmuebles; III. Prohibición de actos de utilización de inmuebles, sin que medie la autorización correspondiente; IV. Demolición total o parcial; V. Retiro de materiales e instalaciones; VI. Evacuación de zonas; VII. Trasladar o pedir auxilio a nosocomios, para la atención a posibles infractores que, al momento de su presentación o estancia en las oficialías calificadoras, se encuentran en estado de riesgo o de inconsciencia; VIII. Cualquier otra acción o medida que tienda a evitar daños a personas o bienes. Estas medidas de seguridad son de gran utilidad para los habitantes de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán, hay que dar difusión para que sea de gran impacto los resultados y se disminuyan los daños a los habitantes y a sus bienes.

En el **Artículo 84**. La aplicación de las medidas de seguridad se hará en los siguientes casos y bajo las siguientes condiciones: I. Cuando exista riesgo inminente que implique la posibilidad de una emergencia, siniestro o desastre que se quebrante el orden público, se causen daños a las personas o sus bienes, o se lleven a cabo eventos donde se rebase la capacidad autorizada.

Y el **Artículo 85**. Cuando la autoridad ordene alguna de las medidas de seguridad previstas en este capítulo, notificará al afectado por escrito cuando procedan las acciones que debe llevar a cabo para subsanar las irregularidades que motivaron la imposición de dichas medidas, así como los plazos para su realización, a fin de que, una vez cumplidas éstas, se ordene el retiro de la medida de seguridad aplicada.

Por último se hace referencia al Atlas de Riesgos Delegacional (Protección Civil del Municipio de Toluca) de la Administración municipal 2003 – 2006 con corte al mes de Mayo del 2003. En el Municipio de Toluca, se reconoció la necesidad de orientar los esfuerzos de los sectores público, privado y social, así como de la sociedad entera, hacia la prevención y cultura de Protección Civil para evitar accidentes y desastres, que conllevan grandes impactos socioeconómicos y presupuestales, manifiestos en la interacción de autoridades y sociedad en las funciones de auxilio y recuperación. Por esta razón se concluyó que la amplitud y calidad de la prevención es determinante para la reducción de accidentes y desastres. Por lo anterior el sistema de protección civil del municipio de Toluca se orienta en su desarrollo con las siguientes dos líneas de acción:

1. Privilegiar el desarrollo de la función de prevención, orientando los esfuerzos a reducir los casos de auxilio y las consecuencias presupuestales para la recuperación ante un desastre o calamidad. Esta línea de acción conduce a tener más en cuenta la eventualidad del riesgo natural o antrópico, antes que se presente, es por ello que en el municipio la prevención es la base del proceso de planificación de la función de protección civil.
2. Informar oportunamente a la sociedad del riesgo al que se encuentra expuesta, indicando con claridad los fundamentos, a fin de lograr su participación activa y en su momento su comprensión. Esta tarea del municipio es parte fundamental de la cultura de Protección Civil y de autoprotección complementándose con el esfuerzo de los sectores público, privado y social, así como con la participación ciudadana para hacer cumplir las prohibiciones, las restricciones y llevar al máximo la presión a las instancias respectivas, a fin de solucionar la problemática de cada uno de los riesgos identificados en el territorio municipal.

Este atlas de riesgos es una fuente de información amplia para futuros trabajos, es muy importante señalar que en muy pocos lugares de la República Mexicana se cuenta con la información a tal escala.

Si bien no es muy extensa la legislación enfocada al fenómeno de inundación, el marco legal que a continuación se presenta es suficiente para ejecutarlo en función de los riesgos que genera el fenómeno de inundación, donde se ve afectada el bienestar de la población alterando sus actividades cotidianas, económicas, etc.

Capítulo III

Caracterización Físico-Natural y
Socioeconómicas de la Zona de Estudio
San Andrés Cuexcontitlán, Toluca, Estado
de México.

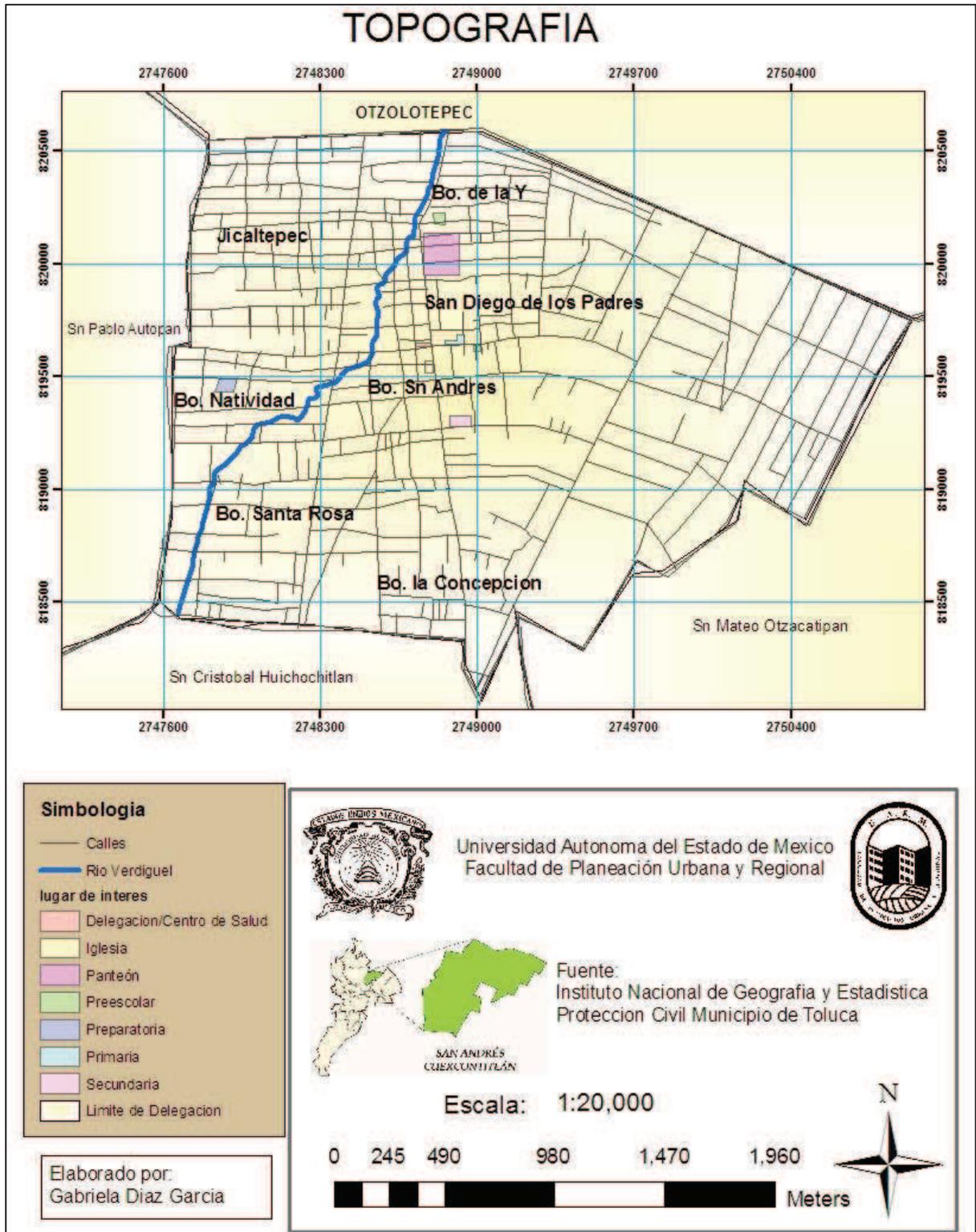
En este capítulo se presenta un diagnóstico detallado de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán, municipio de Toluca, Estado de México, abordando temas como las características físico-Naturales y socioeconómicas sobresalientes, con base al trabajo de campo y de gabinete, al igual que consultando bibliografía disponible.

3.1 Localización y superficie territorial.

Según el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca, la localidad de San Andrés Cuexcontitlán se localiza al norte de la ciudad de Toluca, estado de México, tiene una superficie de 134,409.54m² y su perímetro es de 20938.33m² al norte limita con el municipio de Otzolotepec, al sur con la Localidad de San Cristóbal Huichochitlán; al oriente con la Localidad de San Pedro Totoltepec y al poniente limita con la Localidad de San Pablo Autopan.

La localidad de San Andrés Cuexcontitlán esta seccionada en una delegación y una subdelegación. La Delegación tiene por nombre San Andrés Cuexcontitlán de Hidalgo y Costilla y se divide en 6 barrios que son: Barrio San Andrés, Barrio La Natividad, Barrio Santa Rosa, Barrio de la "Y", Barrio La Concepción y Barrio Loma la Providencia. La Subdelegación se divide en ejidos como: ejido de San Diego de los Padres Cuexcontitlán, ejido de Jicaltepec Cuexcontitlán, ejido La Loma Cuexcontitlán, ejido de San Diego de los Padres Cuexcontitlán.

Figura 3.1 Ubicación de la Delegación de San Andrés Cuexcontitlán.



3.2. CARACTERIZACION FISICO-NATURAL Y SOCIOECONOMICA de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán, Toluca, Estado de México.

La caracterización de la zona de estudio es de suma importancia, para conocer las condiciones o estado que en tienen los recursos, así como la situación social y económica, que actividades se pueden realizar y cuales se deben de evitar para mantener una estabilidad en la zona, sin alterar su equilibrio y poner el riesgo los recursos naturales para generaciones futuras. Con base a ello y al trabajo de campo se realizó el diagnóstico y posteriormente aplicar las ecuaciones Baró et al (2012) para obtener los costos por inundación en la Localidad.

3.2.1 Caracterización Físico-Natural

3.2.1.1 Fisiografía

El terreno ocupado por la localidad forma parte de los valles de Toluca ubicado en la meseta central dentro de la altiplanicie mexicana en el eje o provincia fisiográfica neovolcanica (Contreras et al. 1989). La localidad es plana con muy leves ondulaciones que se inclinan en dirección oeste-este las diferencias de nivel son de 2500 msnm a 2600 msnm, existe dos lomeríos, uno se conoce como la loma de Jicaltepec y el otro como la Loma de la Y. Aunado a lo anterior en la localidad existen pendientes pronunciadas mayores al 15% las cuales no se consideran aptas para el desarrollo urbano y permite que las aguas de desecho y pluviales se depositen al río Verdiguél desembocando al río Lerma, sin embargo, en la actualidad esta zona se encuentra en proceso de urbanización.

3.2.1.2 Geología

De acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca 2003 dentro de la Localidad se presenta un tipo de roca clástica y volcánica del periodo Plioceno con un tipo de suelo es aluvial, material que capta muy bien el agua de lluvia para conservar la humedad. Esta riqueza provoca la germinación de cualquier semilla y también facilita la actividad en el campo bajo la categoría de temporal.

3.2.1.3 Clima

Las características climatológicas de la localidad corresponden a clima de tipo templado subhúmedo, con una precipitación anual de 800 mm preponderantemente en verano (junio-septiembre); alcanzando una temperatura promedio anual de 12° a 18° centígrados.

3.2.1.4 Edafología

De acuerdo con el Atlas de Riesgo de la Delegación de San Andrés Cuexcontitlán 2003, publicado por el H. Ayuntamiento de Toluca. La localidad está compuesta por rocas del periodo plioceno de tipo clástica y volcánica. Es un suelo de tipo aluvial formado por una unidad de suelo conocida como Feozem de fase física durica profunda.

Capta muy bien el agua de lluvia para conservar la humedad, esto es una forma de asegurar que las semillas de cualquier planta germinen adecuadamente y es un factor que determina la gran variedad de plantas silvestres que nacen en épocas de lluvias. El suelo, por lo tanto, facilita la práctica de agricultura.

La textura de estos suelos generalmente varía entre media a fina condicionando un drenaje interno moderado. Son suelos que pueden presentar contenidos medios a altos de materia orgánica y una buena aireación. (INEGI: 2014)

Toda la localidad tiene suelos del tipo Feozem que son muy fértiles, son de color oscuro ricos en materia orgánica, algunas asociaciones que presenta este suelo en el Municipio de Toluca son; Feozem háplicos que quiere decir suelos simples, el Feozem lúvicos son suelos lavados, la asociación feózem gleico nos indica suelos con capas de reducción química o moteadas como resultante del exceso de agua, también existe el suelo feózem calcáreo que es rico en calcio, estos suelos son buenos para la agricultura. (PDMT 2011-2017).

3.2.1.5 Hidrología

El Estado de México se caracteriza por formar parte de las tres regiones hidrológicas más importantes del país. Dichas regiones son: Panuco, Lerma-Chapala-Santiago y Balsas.

La región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago es uno de los sistemas hidrológicos más importantes del país, con una superficie estimada de 130, 000 Km² y una longitud total 1180 Km, de los cuales 60% corresponde al río Lerma y el restante al Santiago, sin contar los 27 Km de extensión del lago de Chapala. El río Lerma, el lago de Chapala y el río Santiago constituyen uno de los sistemas hidrológicos más importantes del país. En el Estado de México sólo queda parte de la cuenca Lerma-Toluca.

La cuenca Lerma-Toluca **(No. 12A)**: Tiene una superficie dentro del estado de 5,548.540 km². Sus afluentes intermedios son: río Almoloya-Otzolotepec; río Otzolotepec-Atlacomulco, Atlacomulco-Paso de ovejas; río Tlalpujahuá; río Jaltepec; río Gavia; río Tejalpa; río Verdiguél; río Otzolotepec; río Sila.

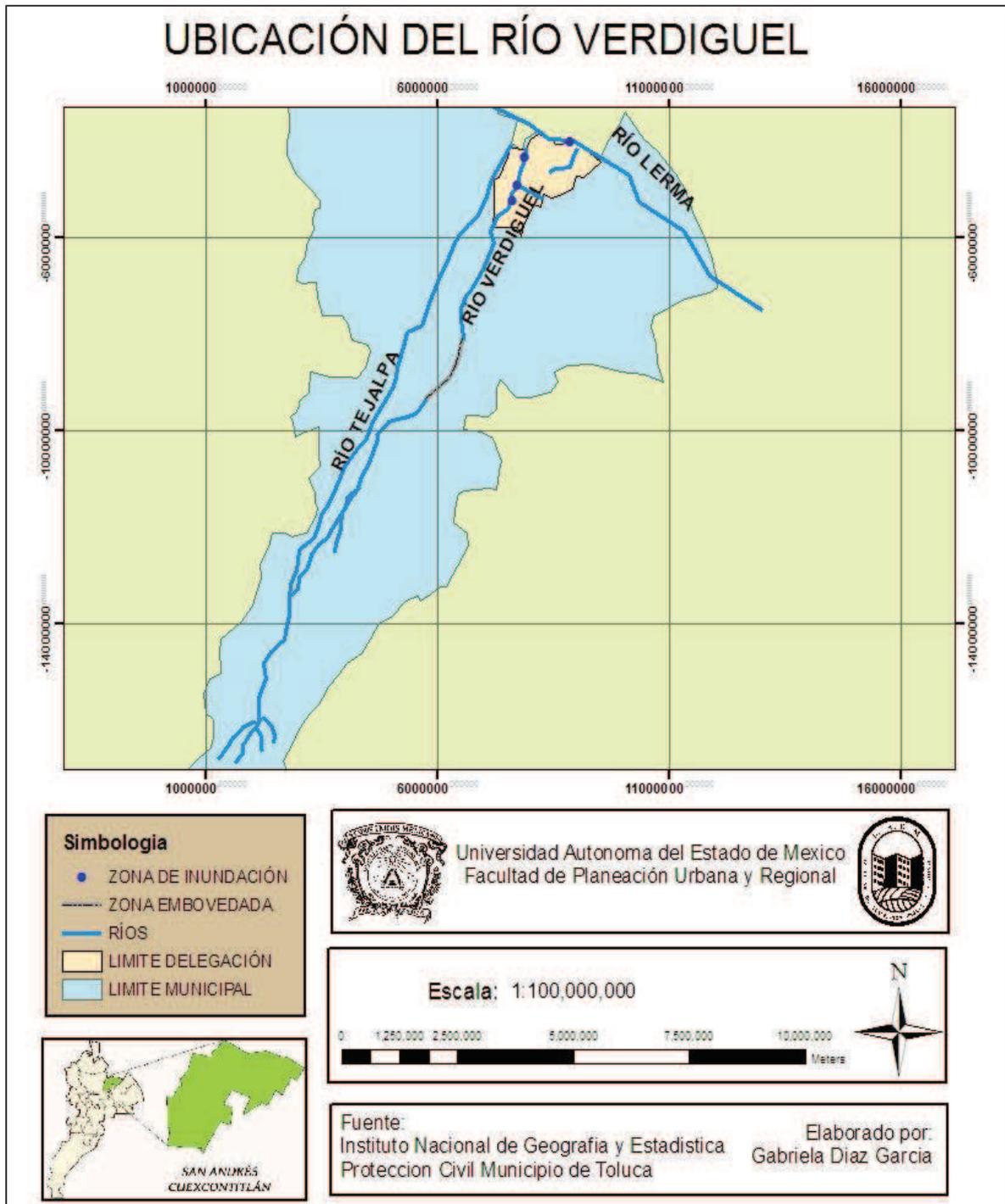
La localidad de San Andrés Cuexcontitlán se encuentra en la cuenca Lerma-Toluca y sus condiciones hidrológicas nos muestran que la localidad solo cuenta con 2 ríos que tienen por nombre Verdiguél. El cauce del río nace del Volcán Xinantecatí continua su trayectoria por los municipios de Temascaltepec, Zinacantepec y Toluca. En el municipio de Temascaltepec tiene el nombre de Río la Fábrica, al llegar al municipio de Zinacantepec cambia el nombre a Río Tejalpa y al entrar al municipio de Toluca se le conoce con el nombre de Río Verdiguél. Sirve como conductor de agua residual de esta gran urbe, al finalizar el Río Verdiguél desemboca al Río Lerma ver figura 3.2.

En la Loc. San Andrés se ubica en un terreno que recibe y capta agua de las lluvias. Es por esta razón que se cargan los mantos acuíferos suficiente para dotar de agua a los habitantes ya sea potable o a través de pozos que todavía las familias conservan. Es atravesada por dos ríos con corriente de sur a norte, que tienen su origen en la ciudad de Toluca y sirven como conductores de aguas residuales de esta gran urbe. Estas corrientes son conocidas, las dos, como Río Verdiguél.

No se cuenta con lagos actualmente, aunque hasta 1985 teníamos dos bordos que se llenaban temporalmente durante un ciclo agrícola, cuyas aguas eran utilizadas para regar los terrenos antes de la siembra, con el fin de

humedecerlos. Se tuvo que modificar su uso, puesto que las aguas aunque se llenaban eran sucias y causaban problemas a los cultivos.

Figura 3.2 Presentando la localización del río Verdiguel en la zona de estudio.



3.2.1.6 Fauna

Los principales animales domésticos son el caballo, al que se le emplea como animal de tiro en los trabajos de campo; también hay ganado vacuno, caprino cerdos; hay aves como guajolotes, gallinas y en menor cantidad patos domésticos y gansos entre los animales silvestres más numerosos como se cuentan los pájaros; se han extinguido los zopilotes, y en poca cantidad todavía se observan conejos. Tampoco falta la fauna nociva como ratas y ratones.

3.2.1.6 Vegetación

Existe una gran riqueza de flora de uso comestible: las plantas de maíz, frijol, habas, calabazas, son la principales que se siembran y se cuidan en San Andrés aunque también trigo y avena en poca cantidad, existen otras plantas silvestres que y también son comestibles, tales como los nabos o corazones y quintoniles existe un fruto pequeño que crece en la milpas llamado jaltomate los hay de color morado azul marino y verdes y su sabor es agridulce. Otras plantas comestibles son los huazontles, los rábanos.

Es muy hermoso y especial ver entre los meses de septiembre y noviembre, las flores de las distintas plantas silvestres que crecen en las milpas, en las orillas de los caminos y zanjas. Y no es menos importante la flor de cempasúchil o flor de muerto, que también en estas épocas presume de su belleza.

3.2.2 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONOMICA

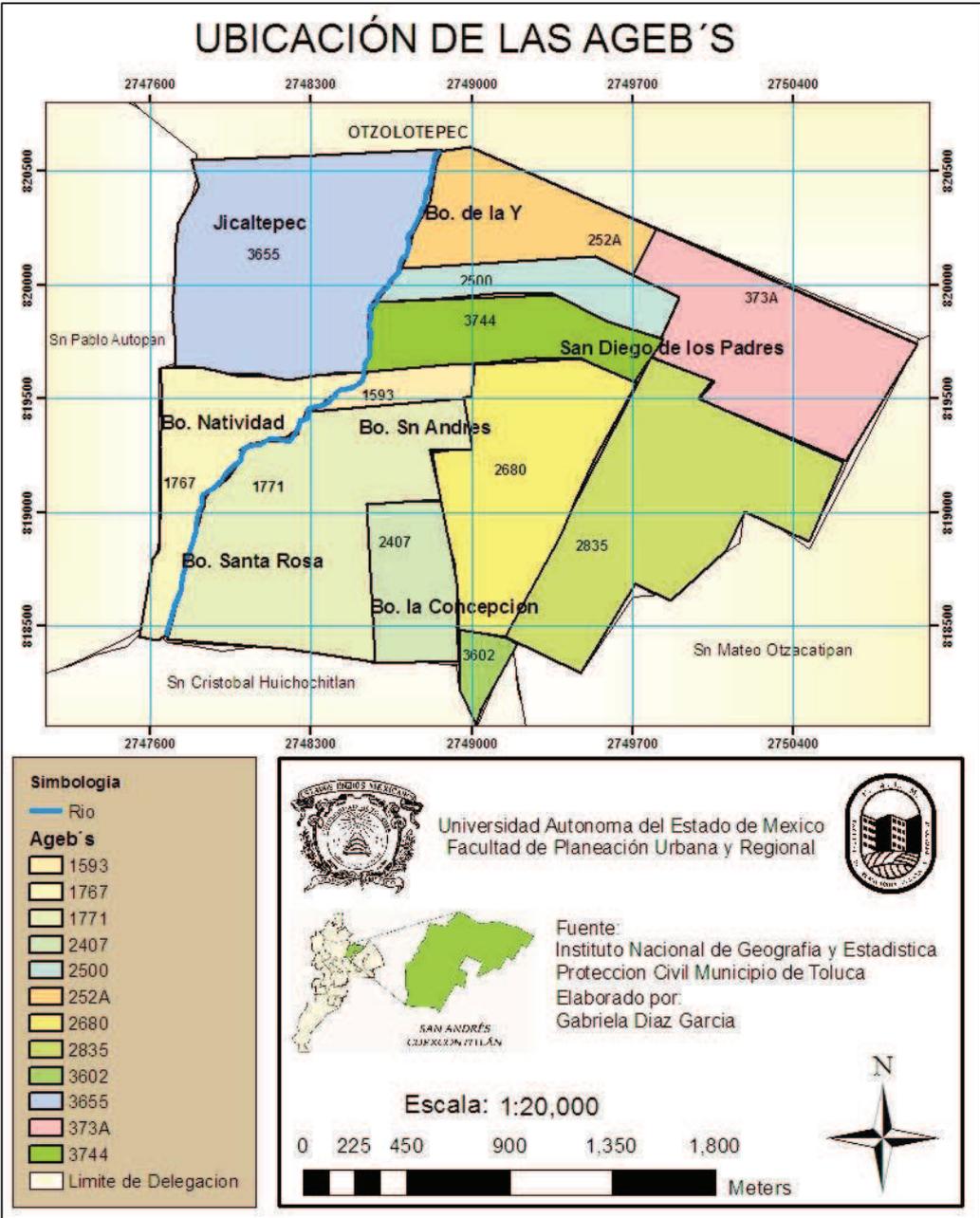
La descripción de la caracterización social de la Localidad se hizo en base a la descripción de las Áreas Geográficas Estadísticas Básicas, ya que las Ageb's son una parte primordial de la metodología del Dr. Baró que se aplicó en este estudio.

El uso de la AGEB minimiza el efecto conocido como problema de la unidad espacial modificable, en el cual, en la medida en que las unidades espaciales se agrupan para formar otras de mayor tamaño, las correlaciones entre las variables estudiadas tienden a aumentar debido al promedio de los datos que se realiza al pasar de una escala a otra (Openshaw 1984).

La información fue recabada de INEGI y COESPO, contando con 12 AGEB's, cabe mencionar el H. Ayuntamiento de Toluca y otras instituciones toman en cuenta como localidades a Xicaltepec Cuexcontitlán, San Diego de los Padres Cuex. Secc. 5A, San Diego de los Padres Secc. 5B, La Loma Cuexcontitlán y San Diego de los Padres Cuexcontitlán, generando confusión en la misma Localidad para obtener los datos, pero recabando información en la cabecera Delegacional

de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán se declaró que San Andrés Cuex. Es la Localidad administrativa y las demás son sus secciones, esto se debe a que las secciones carecen de un comisionado que apoye a su administración por tal motivo el Sr. Delegado administra estas secciones. La ubicación espacial de las AGEB's en la Localidad se puede ver en la figura (3.3)

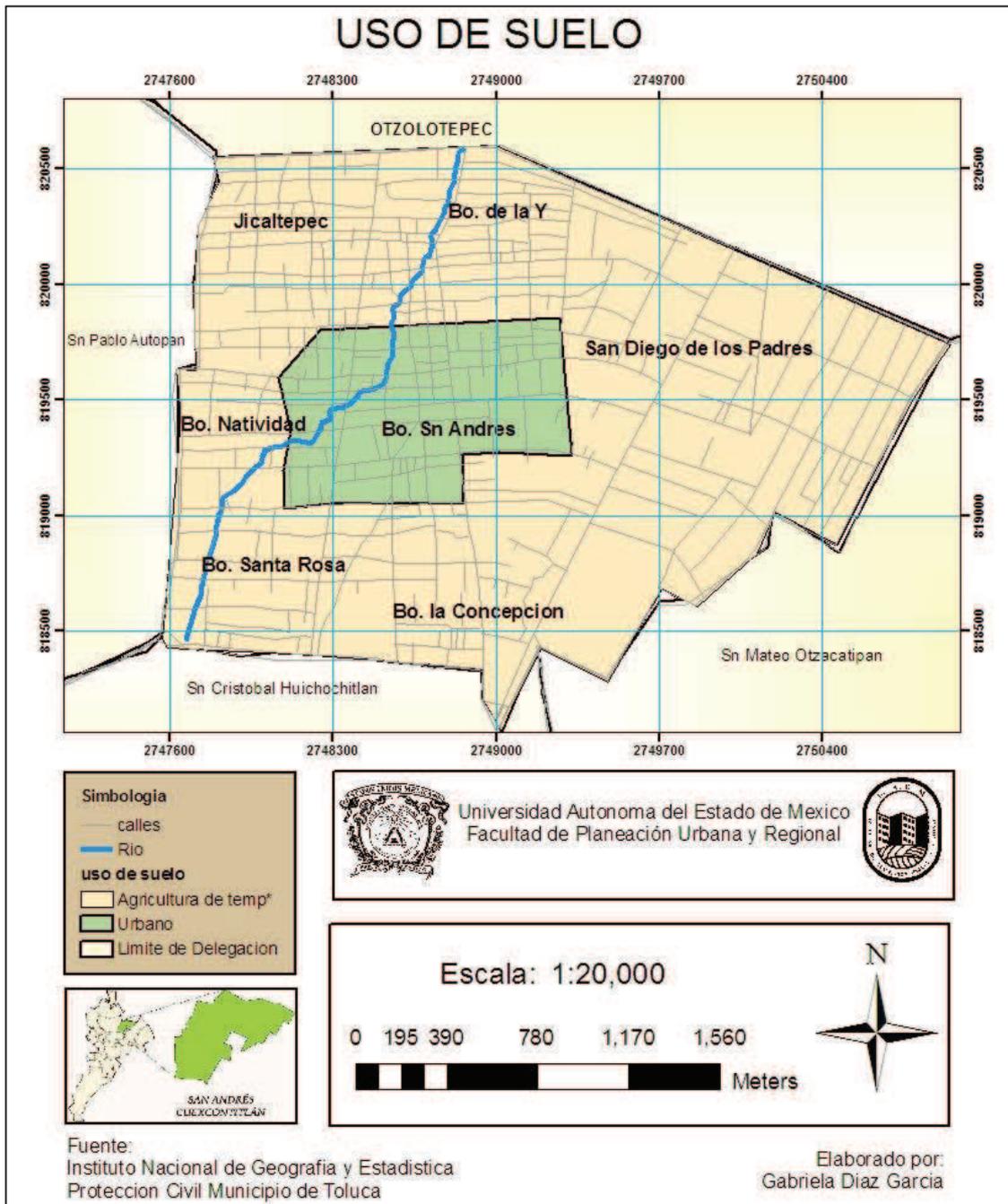
Figura 3.3: Presentando la localización de las AGEB's en la zona de estudio.



3.2.2.1 Usos de suelo

Los usos de suelo de la localidad son de vocación predominante agrícola por su fertilidad y alto contenido en materia orgánica. La superficie de la localidad es de 134,409.54m² y los usos que tiene son agricultura de temporal y urbano.

Figura 3.4: Uso de suelo de la localidad de San Andrés Cuexcontitlán.



3.2.2.2 Aspectos sociales

a) Población

La población total de la localidad para el año 2010 comprende 33,927 mil habitantes según información recabada en INEGI y COESPO por Ageb, siendo más mujeres que hombres con un Total de 17,070 mil mujeres y 16,857 mil hombres. El Ageb más habitado es el de la clave 1771 que le pertenece a Sn Andrés Cuexcontitlán Secc. 3 con un Total de 6165 habitantes, siendo la cabecera Delegacional. El Ageb con clave 1593 es el que tiene menor núm. de habitantes con un Total de 223 habitantes ver tabla 2.1

Tabla 3.1: Población total de hombres y mujeres ubicadas por AGEB

Secciones	clave AGEB	2010		
		Pob. Total	Hombres	Mujeres
Xicaltepec Cuexcontitlán	3655	4318	2109	2209
Sn Diego de los Padres Cuex. Secc. 5B	252A	3242	1612	1630
Sn Diego de los Padres Cuex. Secc. 5A	373A	1537	746	791
Sn Andrés Cuexcontitlán Secc. 3	1771	6165	3178	2987
San Diego de los Padres Cuex.	2500	3732	1817	1915
La Loma Cuexcontitlán	2680	1710	864	846
Sn Diego de los Padres Cuex.	3744	3093	1507	1586
Sn Andrés Cuex.	2835	2947	1490	1457
Sn Andrés Cuex.	1767	5479	2701	2778
Sn Andrés Cuex.	1593	223	122	101
Sn Andrés Cuex.	2407	1246	600	646
Sn Andrés Cuex.	3602	235	111	124
Total	12 AGEB	33,927	16,857	17,070

Fuente: elaboración propia con información de INEGI y COESPO 2010

La evolución de la población en la Localidad de San Andrés ha incrementado considerablemente, así que es necesario tomar en cuenta que es una localidad propensa a aumentar su población en pocos años. En el año de 1990 la localidad tenía un total de 14, 304 mil habitantes a comparación del municipio de Toluca con 327, 865 habitantes, en el año de 1995 el total de los habitantes aumento a 21, 176 mil habitantes en contraste con el municipio que para ese año constaba con un total 368, 384, para el año 2000 la población siguió aumentando con un total de 28, 148 mil habitantes y le municipio con total de 665, 617 habitante, en el año 2005 la población total era de 27, 354 mil habitantes a balance con el municipio de Toluca de un total de 747, 512 habitantes y para el 2010 la población total incremento considerablemente con 33,927 mil habitantes y en el municipio de Toluca consta de un total de 819, 561 habitantes ver tabla 3.2.

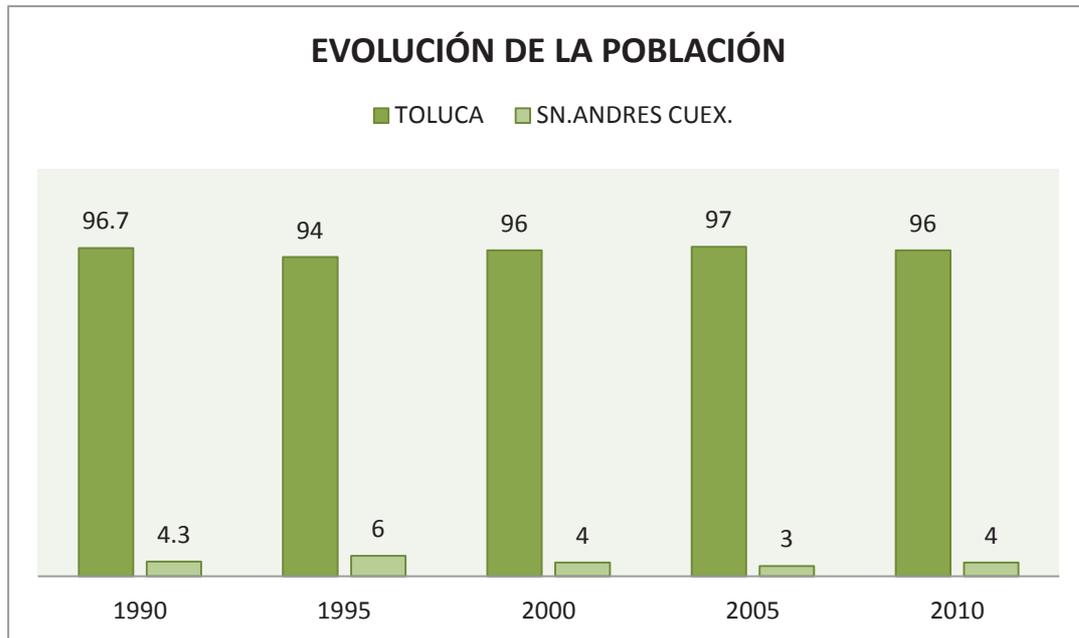
Tabla 3.2: Evolución de la población total de Mpio. Toluca VS Loc. de Sn Andrés

Entidad	Población total 1990	Población total 1995	Población total 2000	Población total 2005	Población total 2010
Toluca	327 865	368 384	665 617	747 512	819,561
Sn Andrés Cuex.	14,304	21,176	28,148	27,354	33,927

Fuente: elaboración propia con información de INEGI y COESPO 2010

Se presenta la gráfica 3.1 donde se visualizan las cifras presentadas anteriormente en la tabla 3.2 donde se pueden considerar el porcentaje del total de población de Toluca en comparación con la localidad de san Andrés Cuexcontitlán.

Gráfica 3.1: Evolución de la población



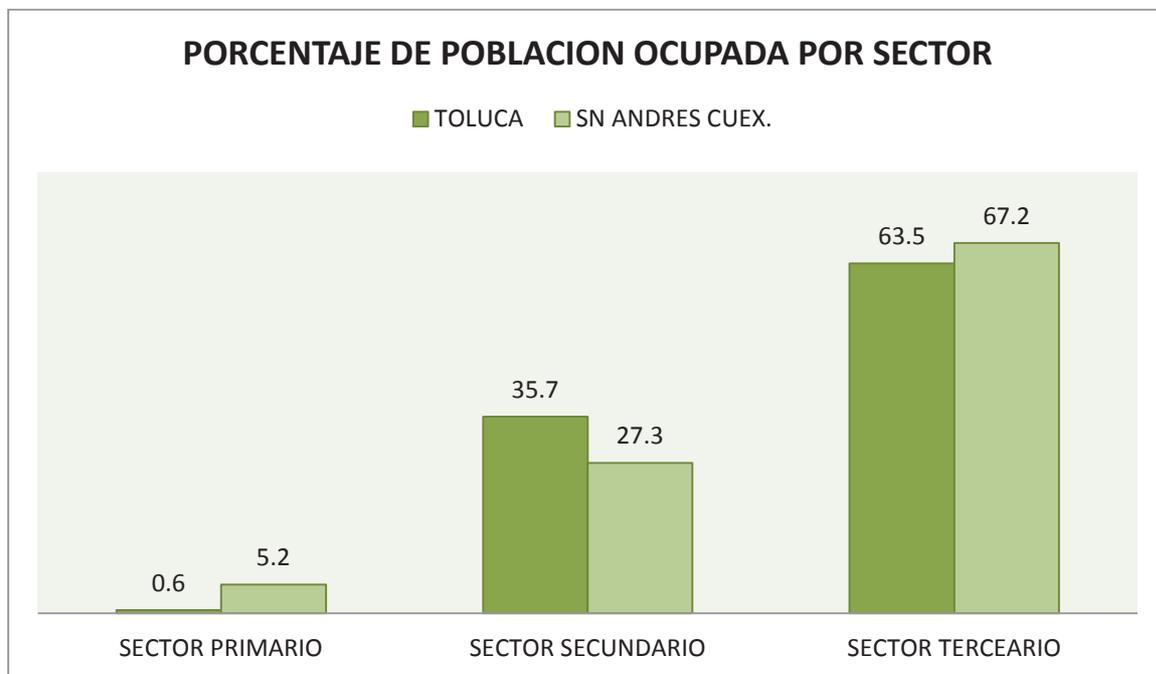
Fuente: elaboración propia con información de INEGI 2010

3.2.2.3 Aspectos económicos

Según información recabada con respecto a la estructura de la población ocupada por sector de actividad 2011.

Para el municipio de Toluca se visualiza en el sector primario un .6% de actividad, para el sector secundario se observa un 35.5% de actividad y para el sector terciario la actividad que se refleja es de un 63.5%. Y en el caso de la localidad de San Andrés Cuexcontitlán en el sector primario se muestra un .5.2 % de actividad en el sector secundario se presenta un 35.7% de actividad y en la actividad terciaria se manifiesta un 67.2 % a continuación se presenta ala grafica 3.2

Grafica 3.2: Porcentaje de población ocupada por sector



Fuente: elaboración propia con información de INEGI 2011

La población ocupada por sector en la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán se labora en el sector Terciario, enfocado principalmente en el comercio, para ser más específicos en la elaboración de figuras de resina que se ha vuelto una de las principales actividades económica para los habitantes, donde hay cerca de 200 talleres que emplean, en promedio, de 5 a 20 personas diariamente, en su mayoría habitantes de la zona. Otra parte de la población se dedica a la

manufactura de osos de peluche, obreros en fábricas, Área de la construcción principalmente.

En el área del campo la actividad económica es mínima ya que los sitios sembrados son para consumo propio y no son utilizados como fuente de ingreso, a comparación de la actividad terciaria donde el comercio, servicio y transporte se presenta más movimiento.

a) Población ocupada por sector

Se recopiló información de la población ocupada por sector en la Localidad de estudio basado en la información que ofrece INEGI 2014, por medio de las Ageb's en donde se encuentra las zonas de inundación ver tabla 3.3.

Tabla 3.3: Distribución de la población según actividad económica.

Clave AGEB	PEA	PEI	% HOMBRES PEA	%HOMBRES PEI	% MUJERES PEA	% MUJERES PEI
3655	1,526	1,446	79%	21%	24.5%	75.5%
252A	1, 185	860	78.3	21.7	26.5	73.5
373A	539	532	75.7%	23.6%	26%	74%
1771	2,336	2,134	76.6%	22.7%	28.9%	72%
2500	1,316	1,236	78%	22%	24.8%	75.2%
2680	625	584	74.8%	25.2%	28%	72%
3744	1,087	1,072	78.3%	21.7%	23.7%	76.3%
2835	1,1298	915	79.1%	19.9%	31.6%	68.4%
1767	2,036	1,811	80%	20%	20%	80%
1593	84	72	72.6%	27.4%	31%	69%
2407	449	427	78.8%	21.2%	26.7%	73.3%
3602	80	86	67.9%	32.1%	28.1%	71.9%

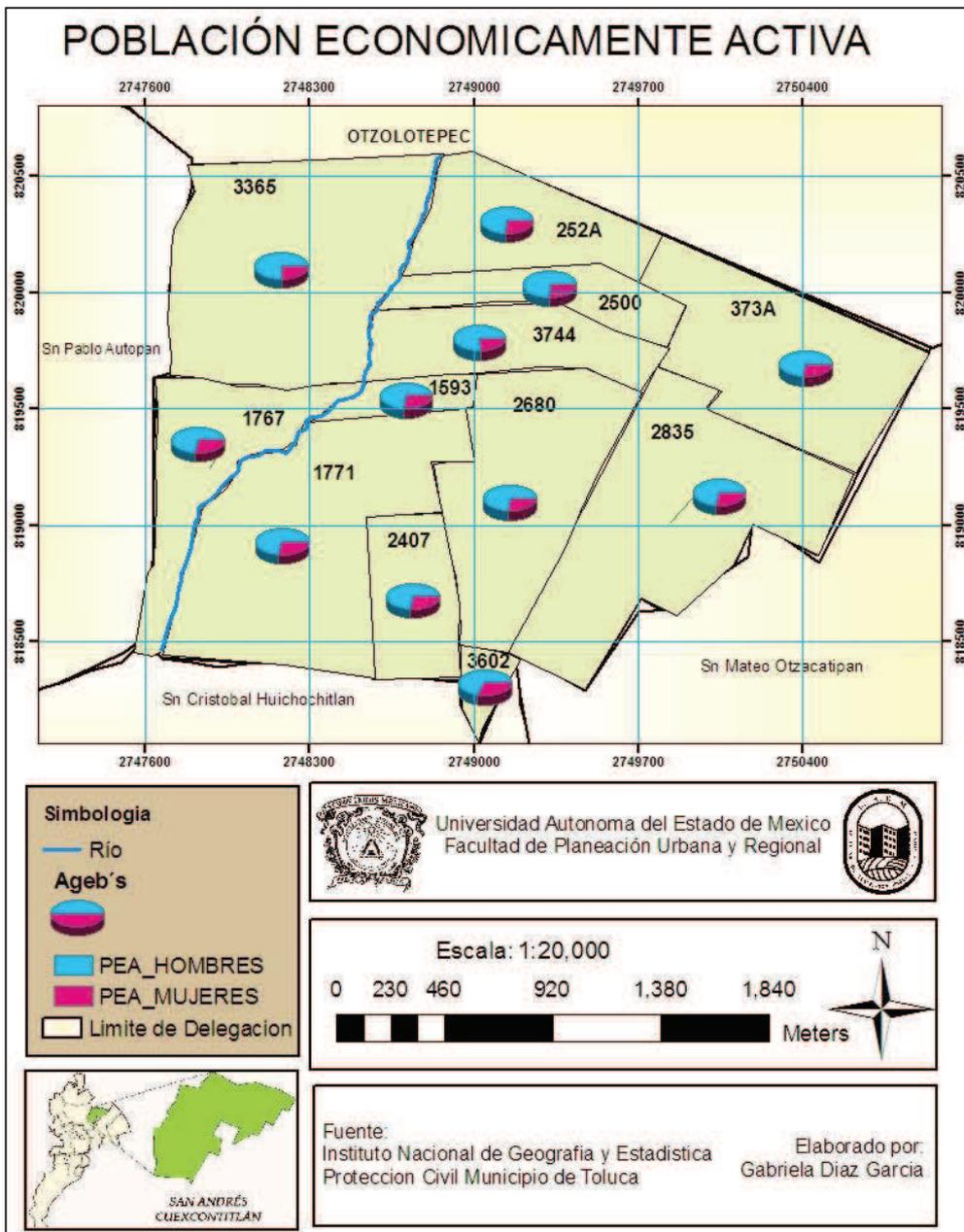
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI 2014

Con respecto a la tabla 3.3 la Población Económicamente Activa se puede observar que el Ageb con más actividad es 1771, mientras que el Ageb 3655 tiene un mayor número de Población Económicamente Inactiva, en el caso de las ageb's involucradas en el problema de inundación son 252A con 1,185 PEA y 860

PEI, el Ageb 373A con 539 PEA y 532 PEI, Ageb 1593 con 84 PEA y 86 PEI y el Ageb 3744 con 1,087 PEA y 1,072 PEI.

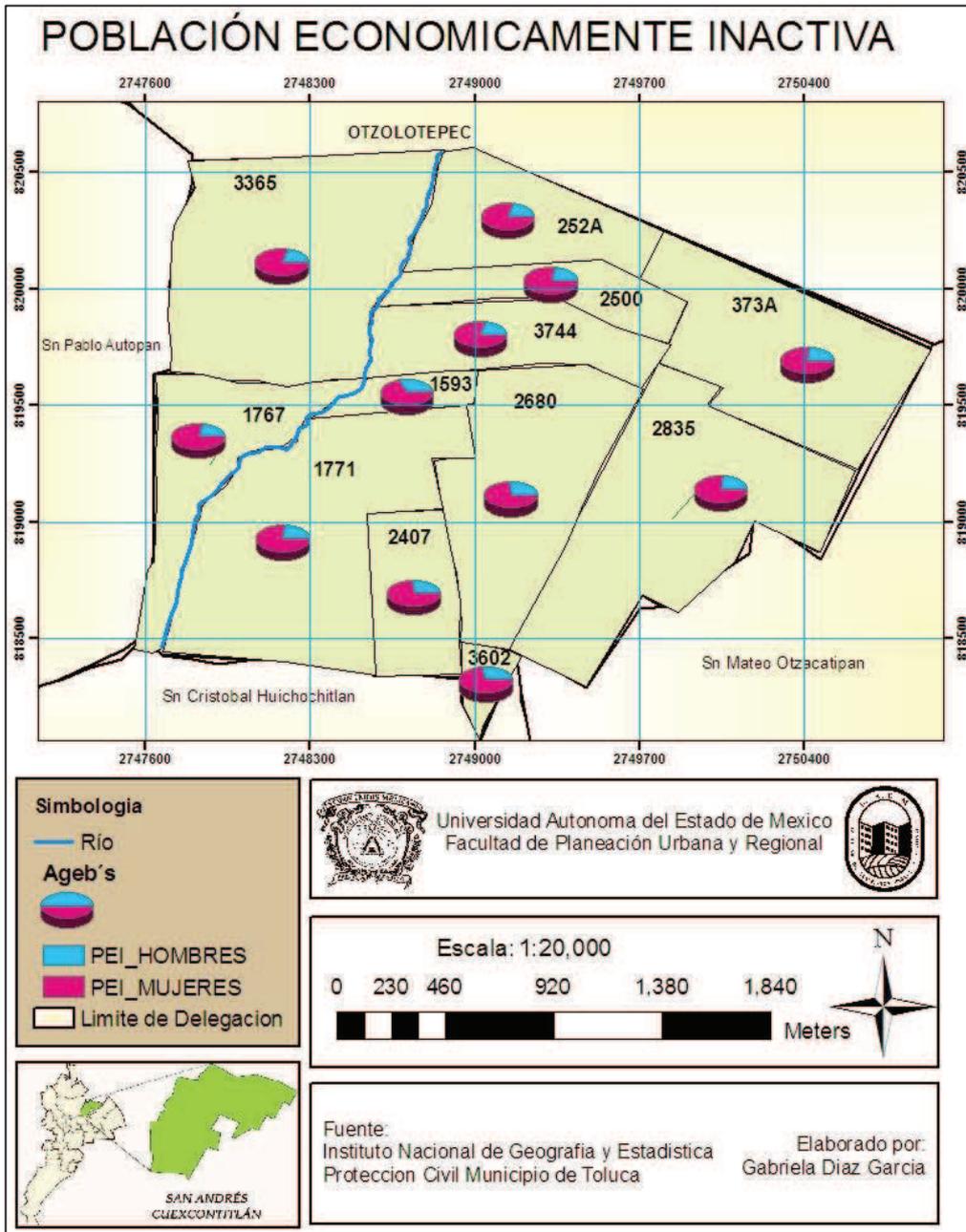
De la misma manera se obtuvo información mediante las Ageb's acerca de los porcentajes de Población Económicamente Activa tanto en los hombres como en las mujeres que se presentan en la figura 3.5.

Figura 3.5.: Mapa de Población Económicamente Activa



De la misma manera se obtuvo información mediante las Ageb's acerca de los porcentajes de Población Económicamente Inactiva tanto en los hombres como en las mujeres que se presentan en la figura 3.6.

Figura 3.6.: Mapa de Población Económicamente Inactiva



3.3 ANTECEDENTES

Por su ubicación geográfica la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán sufre problemas de inundación, el Río Verdiguel atraviesa por la mitad a la zona de estudio influyendo gradualmente a las zonas de inundación detectadas.

3.3.1 Causas

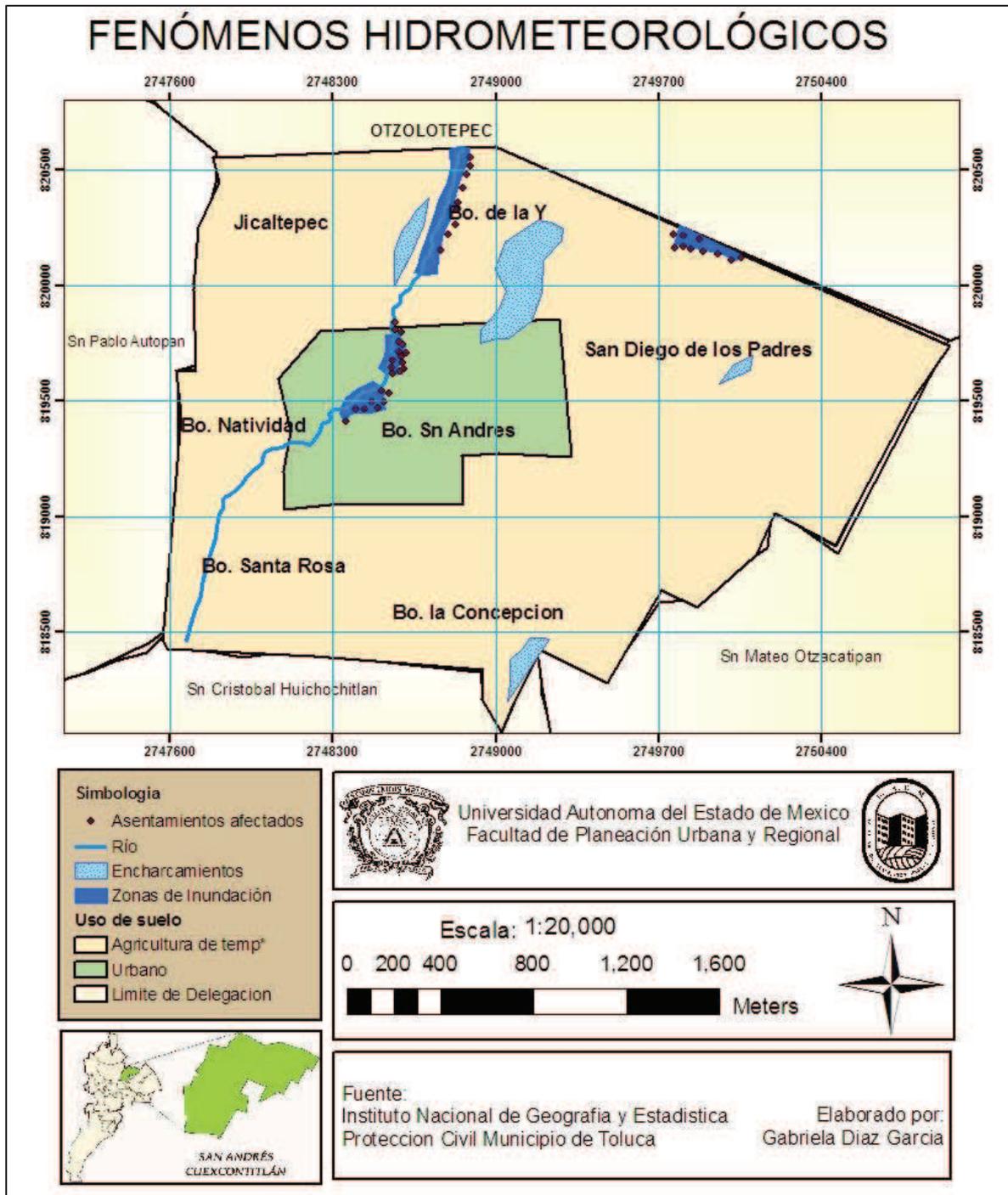
Para todos los casos en la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán, se conjugan las fuertes tormentas, falta de obras para contener aguas, desbordamiento de ríos y otros cuerpos de agua, la falta de azolve constante de la red de drenaje y la insuficiente capacidad de la misma.

En el río Lerma, y el río Verdiguel se vierten descargas de todo tipo sin previo tratamiento, así como residuos sólidos. En este caso, es preciso mencionar que a lo largo de los ríos se observan tiraderos clandestinos de residuos sólidos, animales muertos y proliferación de fauna nociva, lo que impide el cauce de los ríos y la degradación y pérdida de la flora y fauna de la zona. Las principales causas de inundación son:

- Ubicación Geográfica de la zona de estudio.
- Precipitación extraordinaria y desbordamiento del río a causa de basura acumulada.
- Desbordamiento del río por falta de capacidad del puente en épocas de lluvia.
- Acumulación de agua por precipitación extraordinaria.
- Mala ubicación de los asentamientos humanos.
- Falta de acciones preventivas.
- Falta de rectificación y limpieza de cauces naturales.

Estas son algunas de las principales causas del fenómeno de inundación que se presenta en la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán ver figura 3.7.

Figura 3.7: Principales causas de inundación en la localidad de San Andrés Cuexcontitlán.



3.3.2 Consecuencias

La importancia de embovedar los ríos en el municipio principalmente el río Verdiguél radica en que es ahí donde se ubican asentamientos humanos, por ello ciertos cuerpos de agua se consideran como una fuente de contaminación importante principalmente para la población, además de que su cauce ha provocado la fractura o agrietamiento en la estructura de las viviendas. La recuperación de los recursos hídricos del municipio será fundamental para la optimización del uso de suelo, principalmente para el uso agropecuario y forestal.

La siguiente tabla 3.4 menciona Reincidencia de Inundaciones en las Temporadas de Lluvias de la Cuenca del Río Lerma, en el municipio de Toluca en la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán, según el Atlas de Inundaciones no. 20 emitida por la CAEM.

Tabla 3.4: Reincidencia Cuenca del Río Lerma en San Andrés Cuexcontitlán

Clave	Colonia/Barrio	Evento	Población afectada por año					Reincidencia
			2009	2010	2011	2012	2013	
Tol-11	San Andrés Cuexcontitlán.	Inundación Rural y Urbana	30	100	63	420	150	11

Fuente: Tomado de CAEM [Atlas de Inundaciones](#) No. 20, Reincidencias.

La presencia de inundaciones en la localidad de San Andrés Cuexcontitlán altera la calidad de vida de la población al igual que sus zonas agrícolas, hace falta más monitoreo de la zona para prevenir a los habitantes afectados a enfrentar esta situación.

3.3.3 Costos

Según el Presupuesto de Egresos del Gobierno del Estado de México que emite cada año el Código Financiero del Estado de México y Municipios se tiene en cuenta un presupuesto de egresos en el apartado o denominación de Protección Civil. Mediante este apartado se localiza el fondo para la atención de Desastres y Siniestros Ambientales o Antropogénicos. Se presenta la Tabla 3.5, donde se describe el presupuesto de egreso que se destina desde el año 2011 al año 2014 para el Gobierno del Estado de México y sus Municipios en la categoría de Protección Civil del fondo para desastres.

Tabla 3.5: Presupuesto de Egresos total del Gobierno del Estado de México 2010-2014

DENOMINACION	RECURSO	PEGEM 2010	PEGEM 2011	PEGEM 2012	PEGEM 2013	PEGEM 2014
PROTECCION CIVIL	FONDO PARA LA ATENCIÓN DE DESASTRES Y SINIESTROS AMBIENTALES O ANTROPOGÉNICOS	75mdp.	150mdp.	200mdp.	200mdp.	200mdp.

Fuente: Elaboración Propia basado en LA H. "LVIII" LEGISLATURA DEL ESTADO DE MÉXICO.

El fondo fue creado por la LVI Legislatura, con el fin de prever recursos en casos de posibles contingencias como inundaciones, en temporada de lluvias, sismos, entre otras y desde entonces se ha mantenido, aunque la cantidad ha aumentado. El primer año en que se aplicó fue en 2010, con una bolsa de 75 millones; para 2011, se duplicó a 150 millones; en 2012, con 200 millones, al igual que en 2013, y la propuesta de las autoridades estatales es mantener esa misma cantidad para el año 2014.

Para el año 2013 el gobierno del estado de México dispuso de un fondo para desastres de 200 millones de pesos para ese año de los cuales eran destinados para enfrentar alguna contingencia derivada del periodo de lluvias. Según el secretario general de gobierno Efrén Rojas Dávila, informo que se mantuvo la alerta ante el curso que tome el periodo de lluvias. Dicho fondo puede usarse en caso de contingencia, con previa notificación y autorización de la Legislatura Local. El decreto de presupuesto de 2013 indica que se dispondrá de un fondo de contingencia por desastres naturales o antropogénicos los cuales en una primera instancia se destinaran a acciones de prevención (Montaño, 2013).

Capítulo IV

Procedimiento Metodológico para estimar
los Daños Económicos por Inundación

El presente capítulo describe la metodología de estudio, el cual se da una breve explicación, de cómo se construyeron las curvas de daños económicos potenciales por inundación en zonas agrícolas y habitacionales, al caso de estudio de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán para estimar la magnitud de las afectaciones en términos económicos.

Este apartado presenta especial atención a la propuesta metodológica de Baró et al. (2007), donde se especifican las diversas etapas que se llevan a cabo para evaluar los daños económicos y los datos necesarios que se utilizan para poder cuantificar los daños producidos por crecidas. Cabe destacar que la metodología aquí expuesta es de carácter preventiva de daños económicos se debe de realizar antes de que ocurra una inundación, para tomar las medidas apropiadas y evitar las pérdidas tanto como sea posible.

Según Baró et al. (2007), ejemplos sobre cálculos de daños económicos producidos por inundaciones se pueden encontrar en diferentes países del mundo como Estados Unidos (Olsen et al., 1998), Canadá (Boyle et al., 1998) Tailandia (Lekuthai y Vongvisessomajai, 2001), aplicándose en la mayoría de estos estudios las curvas de los daños. También se puede encontrar ejemplos en países Latinoamericanos como Argentina (Paoli y Calvo, 1988), Venezuela (López, 2002). En México se ha propuesto una metodología para determinar el impacto social de los riesgos hidrológicos (Santillán, et al, 1998), este impacto incluye los índices de impactos sobre las vidas, sobre los bienes materiales y sobre la conflictividad social, así como el índice de marginación social, pero no se dispone de una metodología específica al cálculo de daños económicos. Sin embargo, Baro et al. (2007) propuso una metodología que permite estimar los daños económicos producidos por inundación para el caso en la cuenca Lerma-Chapala, para obtener el grado de Doctor.

4.1 RECOPIACIÓN DE DATOS PARA ZONAS HABITACIONALES

Para poder determinar los daños económicos en zonas habitacionales de debe desarrollar de una base de datos para soportar el análisis de determinación de los tipos, severidad y localización de daños causados por una inundación. Esta base de datos incluye información sobre los siguientes aspectos:

La información sobre uso de suelo y actividades humanas debe incluir los siguientes aspectos en el caso de las zonas habitacionales (adaptado de Boyle et al. 1998):

- Zonas inundables
- Características socioeconómicas de la población que se asientan en zonas inundables
- Valor unitario de las construcciones
- Información sobre los bienes existentes en las viviendas
- Información correspondiente a la altura a la cual el agua puede entrar en las viviendas

4.1.1 Zonas inundables

Para delimitar las zonas inundables de una cuenca es necesario conocer las características hidráulicas de la Localidad en estudio, las cuales pueden obtenerse con el empleo de algún modelo de simulación hidrológico-hidráulico, modelos de elevación digital del terreno o información de protección civil consultando el atlas de riesgos para conocer la altura laminar del agua y la duración de la inundación.

Estas características incluyen los caudales del río para diferentes periodos de retorno y las alturas de lámina de agua alcanzadas. Con base en el valor de las alturas de estas láminas de agua y con la ayuda de un modelo de elevación digital del terreno es posible delimitar las zonas inundables.

Si no se dispone del modelo digital, se puede recopilar información en los organismos de protección civil del lugar o de otras dependencias gubernamentales, consultando el atlas de riesgos para conocer la altura laminar del agua y la duración de la inundación.

4.1.2 Características socioeconómicas de la población

Es necesario obtener información acerca de las características socioeconómicas de la población para poder determinar número de viviendas, tipo de bienes y tipo de AGEB (según su índice de marginación) afectados.

Esta búsqueda se puede realizar en INEGI mediante el Censo de población y vivienda 2010, CONAPO, COESPO y Reconocimiento de campo. La información

existente sobre viviendas se recopiló con ayuda del IRIS-SCINCE 05/2012, Sistema para la Consulta de Información Censal, es un sistema que permite relacionar los datos estadísticos con el espacio geográfico al que pertenecen. Para ello cuenta con información estadística que se puede consultar a nivel de entidad federal, municipal y localidad urbana (con 2500 o más habitantes y cabeceras municipales independientemente de su tamaño), y dentro de estas a nivel de AGEB.

Así mismo para tener conocimiento del tipo de AGEB según su índice de marginación se obtuvo a partir de consultas que se hizo a COESPO según la zona de estudio. Donde establece la siguiente escala ver tabla 4.1

Es importante el índice de marginación ya que al identificar el grado de marginación se puede determinar y aplicar la familia de curvas que elaboro el Dr. Baró el cual corresponda al caso. El índice de marginación incluye un conjunto de aspectos de la población, sus condiciones económicas, las características de las viviendas y la calidad de vida de la población.

Una vez definidas las áreas inundadas se procede a su caracterización para ello, el primer paso fue clasificar y seleccionar la información según su entorno.

Teniendo en cuenta las características y los criterios de la COESPO en cuanto al Índice de Marginación, se estableció una clasificación en el cual para cada AGEB según su IM contando el número de salarios mínimos (Tabla 4.1), lo cual permitió estimar cual sería el ingreso típico de una familia que habitase una AGEB dada; y de esta forma, conociendo los ingresos de la familia, se estableció que características tendrían los bienes existente en la vivienda.

Tabla 4.1 Equivalencia entre AGEB según su Índice de Marginación y salarios mínimos.

ÍNDICE DE MARGINACIÓN	SALARIOS MÍNIMOS
muy alto	0.0 – 1.0
alto	1.0 – 2.0
medio	2.0 – 5.0
bajo	5.0 – 8.0
muy bajo	➤ 8.0

Fuente: www.microrregiones.gob.mx

Conociendo las clases de viviendas que se ubicaron en las zonas inundables, y los bienes incluidos en estas, en función de los ingresos de las familias; el siguiente paso fue cuantificar el valor de los bienes.

4.1.3 Estimación de bienes/valor unitario de las construcciones

Esta información se obtiene de la Gaceta del Gobierno del Estado de México 2002, sobre las clases de viviendas de la zona de estudio en relación con su estructura básica donde se presentan los valores promedios unitarios (por m²) de construcción para cada una de esta clase de viviendas.

En la publicación de la gaceta se establecen los criterios de clasificación para el valor unitario de construcción según el uso. Se utilizó para el caso del uso habitacional, se definen las siguientes clases de viviendas (Tabla 4.2) en relación con estructura básica, Baro (2007).

Tabla 4.2: Criterios de clasificación para el valor unitario de construcción según uso Habitacional.

Clase	Estructura Básica
Clase A (HA) Precaria	Realizadas sin proyecto, con materiales de mala calidad, cimentación de piedra, muros de adobe o tabicón o tabique rojo, en algunos casos con pocos castillos, techos de madera (vigas o polines), perfiles metálicos estructurales o tubulares, cubierta de teja de barro o lámina galvanizada, de asbesto o traslucida.
Clase B (HB) Económica	Realizadas sin proyecto o parcialmente definidas, con materiales económicos y ejecución de baja calidad, cimentación de mampostería y/o zapatas corridas, muros de tabique o tabicón o block con castillos y cadenas de concreto, techos de concreto, ocasionalmente con vigas de madera con pendiente.
Clase C (HC) Interés Social	Realizadas con proyecto definido, con materiales de calidad económica, construcciones en serie, cimentación de zapatas corridas o losas de cimentación de concreto, muros de tabique o tabique vidriado, con castillos y cadenas de concreto prefabricadas, techos de concreto o prefabricadas.
Clase D (HD) Regular	Realizadas con proyecto definido, con materiales de media calidad, cimientos de mampostería o zapatas corridas de concreto, algunos muros de contención, muros de tabique o tabicón con castillos y cadenas, techos de concreto o bóveda catalana o terrado con vigas de madera, enladrillado o teja común vidriada.
Clase E (HE) Buena	Realizadas con proyecto definido funcional y de calidad, con materiales de buena calidad, cimientos de mampostería con dalas de desplantes y/o zapatas corridas o aisladas de concreto, muros de contención de piedra o de concreto, muros de adobe o tabique o tabicón o piedra o tabique extruido con castillos o columnas y cadenas de concreto, techos de loza maciza o aligeradas (nervada o reticular) o losa de claros de hasta 8 metros o bóveda catalana o terrado o viquería con tabla, capa a la compresión y malla.
Clase F (HF) Muy Buena	Realizadas con proyecto de calidad con detalles especiales, con materiales de buena calidad y de lujo, cimientos de mampostería con dalas de desplantes y/o zapatas aisladas con contratraveses de liga o zapatas corridas, muros de contención de piedra o de concreto con sistemas especiales, muros de adobe estabilizado o de tabique o tabicón o piedra labrada con castillos y columnas, y cadenas y tabes de concreto, con detalles de cantera, techos de losa especial (tridilosas con capa de compresión de concreto), con claros hasta de 10 metros, impermeabilizado de membrana de aluminio, enladrillado o teja de barro vidriada.
Clase G (HG) Lujo	Realizadas con proyecto de calidad con detalles especiales, con materiales de lujo, cimientos con zapatas aisladas con contratraveses de liga o zapatas corridas, muros de contención de piedra o de concreto, muros de adobe estabilizado o de tabique o

tabicón o block o piedra labrada con cadena de cerramiento, castillos y traveses de concreto armado, con detalles de cantera, techumbre de losa maciza, losa reticular o losa de acero o bóveda catalana o (tridilosas con capa de compresión de concreto o similares, estructuras horizontales prefabricadas), viguería con capa de compresión con malla, losas de diseño especial y con claros hasta de 10 metros o más. Impermeabilizante de membrana (plástico aluminio) enladrillado o teja de barro o teja vidriada, y pretilas aplanadas con acabados especiales.

Fuente: Tomado de la tesis de Maestría del Dr. Baro (2007)

Basado en la Tabla 4.2 de criterios de clasificación, se presenta en la Tabla 4.3 Valor unitario de suelo y construcción para uso Habitacional del 2014 (FRACCIÓN II) por metro cuadrado, se detallan los valores correspondientes al Municipio de Toluca, obtenido de IPOMEX actualizado el 10 de Febrero de 2014.

Tabla 4.3: Valor unitario de suelo y construcción para uso Habitacional del 2014 de IPOMEX

CODIGO	CLASE	CATEGORIA	VALOR UNITARIO (pesos por m ²)
HA1	PRECARIA	BAJO	\$948.00
HA2		MEDIO	\$1,372.00
HA3		ALTO	\$1,879.00
HB1	ECONOMICA	BAJO	\$2,755.00
HB2		MEDIO	\$3,344.00
HB3		ALTO	\$3,840.00
HC1	INTERES SOCIAL	BAJO	\$3,854.00
HC2		MEDIO	\$4,760.00
HC3		ALTO	\$5,265.00
HD1	REGULAR	BAJO	\$5,488.00
HD2		MEDIO	\$5,966.00
HD3		ALTO	\$7,130.00
HE1	BUENA	BAJO	\$7,940.00
HE2		MEDIO	\$8,907.00
HE3		ALTO	\$10,273.00
HF1	MUY BUENA	BAJO	\$10,833.00
HF2		MEDIO	\$12,365.00
HF3		ALTO	\$14,387.00
HG1	LUJO	BAJO	\$15,445.00
HG2		MEDIO	\$18,106.00
HF3		ALTO	\$20,486.00

<http://www.ipomex.org.mx/ipo/portal/toluca/valorSuelo/2014/0/0.web#goTo>

4.1.4 Elevación, correspondiente a la altura a la cual el agua puede entrar en las viviendas

Estas características hidráulicas se pueden obtener con el empleo de algún modelo de simulación-hidráulico y con base en encuestas de campo. También se pueden obtener por medio de cálculos. Estas características incluyen los caudales del río para diferentes periodos de retorno ($T=10, 20, 50$ y 100 años) y las elevaciones del agua en las zonas inundables.

4.1.5 Construcción de familias de curvas de daños potenciales por inundación en zonas habitacionales.

En el presente trabajo, para cada tipo de AGEB, se definió una familia de curvas de daños por inundación, es decir, las curvas de costo máximo, mínimo y más probable. Para las curvas de costo máximo y mínimo, se construyeron modelos matemáticos de tipo regresivo como función del IM del AGEB donde se ubica dicha vivienda para el tirante de agua alcanzado, cuyo empleo proporciona la estimación de los daños económicos ocasionados correspondientes.

Así, el método hasta ahora definido, permite determinar los posibles costos directos mínimo y máximo generados por inundación para cada tipo de AGEB en la zona de análisis. Lo anterior abre las puertas para proponer un modelo matemático de tipo probabilístico con base en una función beta y estimar el valor del costo de inundación más probable para cada tipo de AGEB. En efecto, asumiendo que el fenómeno “costo de una inundación” es una variable aleatoria con características similares al del modelo teórico probabilístico propuesto, es decir contar con dos límites que definen su existencia, es posible encontrar la expresión matemática adecuada para la estimación del costo más probable generado por una inundación.

Cabe mencionar que este método tiene como fundamento la técnica desarrollada, y ampliamente utilizada, en el campo de la gestión de proyectos pero en el modelado de la duración más probable de una actividad bajo el nombre de Método PERT (Program Evaluation and Review Technique). Esta técnica cuenta, a su vez, con dos principales orígenes desarrollados en los Estados Unidos de América en el año de 1957. El primero ha sido un desarrollo de la Armada para controlar los tiempos de ejecución de las diversas actividades integrantes de los proyectos espaciales, por la necesidad de terminar cada una de ellas dentro de los plazos disponibles. Fue utilizado originalmente por el control de tiempos del proyecto Polaris y actualmente se utiliza en todo programa espacial (Llamas et al., 2001).

Por otro lado, el segundo método denominado CPM (Critical Path Method), fue desarrollado por un centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont y Remington Rand, en búsqueda del control y la optimación de los costos de operación mediante la planeación adecuada de las actividades componentes del proyecto.

Ambos métodos aportaron los elementos de gestión necesarios para formar el actual método del camino crítico, utilizando el control de los tiempos de ejecución y los costos de operación, para buscar que el proyecto total sea ejecutado en el menor tiempo y al menor costo posible.

El uso del método PERT tiene una gran aceptación en la práctica, principalmente por la forma tan simple que tiene para calcular la duración de una actividad, con base en tres posibles duraciones: a) la más probable, b) la pesimista y c) la optimista. Ahora bien, para el caso que se desea modelar, es decir el costo de la inundación, se requerirá de tres posibles costos: a) el más probable, b) el máximo y c) el mínimo. El modelo probabilístico básico lo constituye una forma muy particular de la función de densidad de probabilidad beta:

$$f(x) = \frac{(x-a)^{p-1}(b-x)^{q-1}}{(b-a)^{p+q-1} \beta_{(p,q)}} \quad \text{sí } a < x < b \text{ y } p > 1, q > 1 \quad (1)$$

Que corresponde al primer caso de la familia de distribuciones beta tipo uno (Díaz-Delgado, 1988), caracterizado porque los valores de p y q deben ser ambos mayores que la unidad; en tal caso la función de densidad de probabilidad presenta una forma unimodal asimétrica y donde la esperanza matemática no coincide con la moda (o valor más probable), cortando esta función al eje de las abscisas en los puntos límites de existencia a y b.

El modelo propuesto se concreta aún más si se elige, al igual que en el método PERT, que los exponentes p y q sean $3+\sqrt{2}$ y $3-\sqrt{2}$ respectivamente, si la moda m de la distribución es mayor que el punto medio del intervalo de definición, o bien que sean $3-\sqrt{2}$ y $3+\sqrt{2}$ si m es menor al citado punto medio (Herrerías, 1988).

Esta es la razón por la cual la función no está totalmente identificada cuando sólo se conoce el intervalo de variación (a, b), ya que será necesario, con base en los datos disponibles para cada tipo de AGEB, estimar el coeficiente de asimetría Cs.

$$Cs = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{3/2}} \quad (2)$$

Por lo que las correspondientes características estocásticas de la variable “x” y el costo de inundación de cada tipo de AGEb, serán respectivamente para la media ($E[x]$) y la varianza ($V[x]$):

$$E[x] = \frac{pb + qa}{p + q} \quad (3)$$

$$V[x] = \frac{(b-a)^2 pq}{(p+q+1)(p+q)^2} \quad (4)$$

Como puede apreciarse, sólo en el numerador de la expresión de la esperanza matemática es necesario saber si $p=3+\sqrt{2}$ o $p=3-\sqrt{2}$. Ello quedará definido por el signo del coeficiente de asimetría Cs. Sin embargo teniendo en consideración que la ecuación (1) presenta la moda en el punto:

$$m = \frac{b(p-1) + a(q-1)}{p+q-2} \quad (5)$$

Se tiene en consecuencia que la expresión (3) puede reescribirse como:

$$E[x] = \frac{a + (p+q-2)m + b}{p+q} \quad (6)$$

Por lo que al considerar los valores de p y q:

$$p=3+\sqrt{2} \text{ y } q=3-\sqrt{2} \quad \text{o} \quad p=3-\sqrt{2} \text{ y } q=3+\sqrt{2},$$

Se obtienen, en ambos casos, las mismas expresiones para las estimaciones de la media y la varianza:

$$E[x] = \frac{a+b+4m}{6} \quad (7)$$

$$V[x] = \frac{(b-a)^2}{36} \quad (8)$$

Por tanto, el valor del coeficiente de asimetría puede generar tres casos: a) donde el $C_s < 0$; b) donde $C_s = 0$ y c) donde $C_s > 0$. El modelo propuesto sólo será válido para cuando $C_s \neq 0$. Cuando se esté en presencia de un $C_s = 0$ (función simétrica), el valor más probable será considerado como el valor promedio obtenido de la muestra de valores disponibles de costos para cada AGEB tipo.

Así pues, en caso de tener un $C_s < 0$, el valor más probable (m) será estimado por:

$$m = \frac{2(a+b) + \sqrt{2}(b-a)}{4} \quad (9)$$

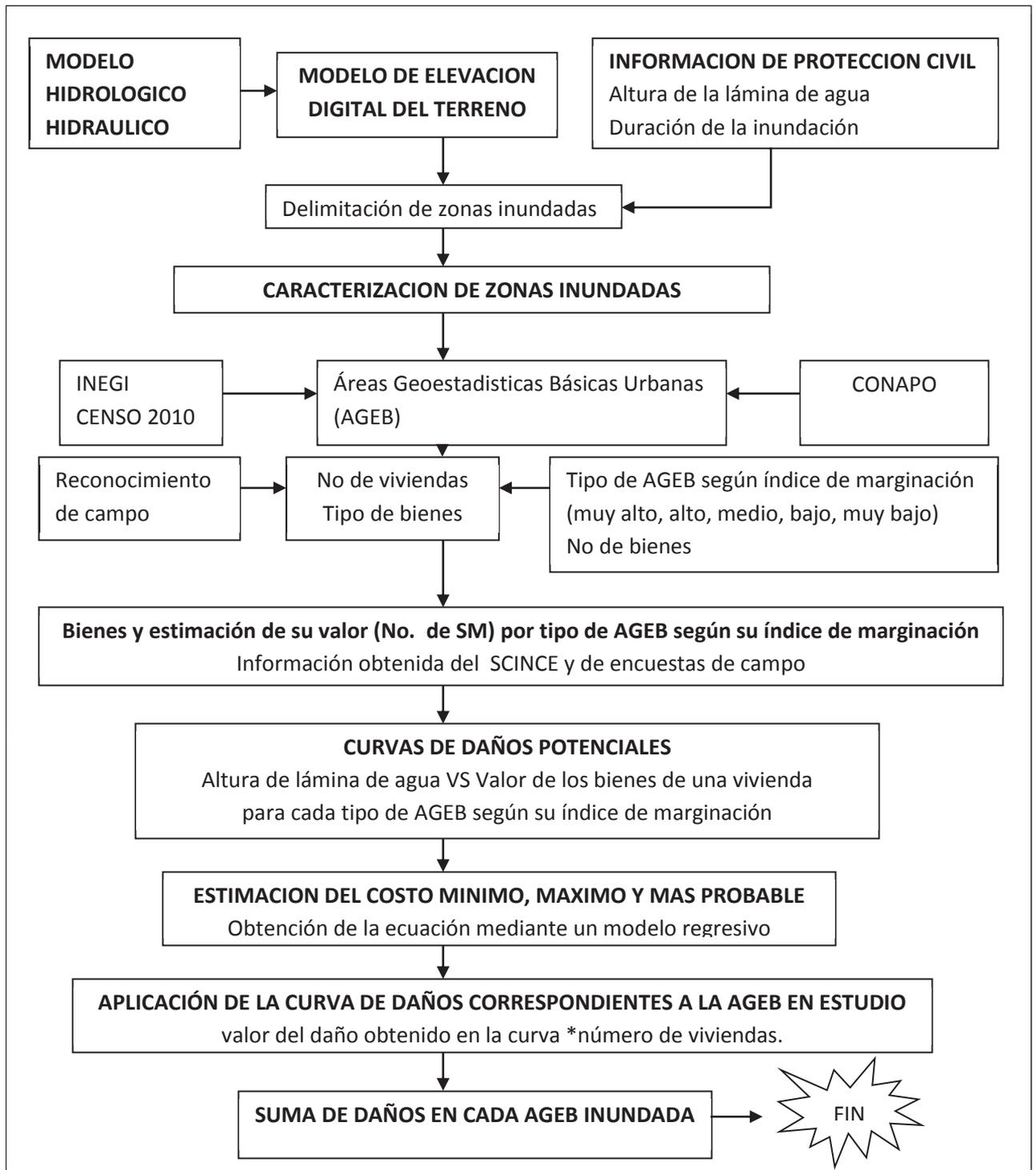
Este caso genera el valor más conservador del costo más probable y recomendado en caso de no contar con la estimación del C_s o con muy pocos valores de x para su estimación.

Análogamente, en caso de tener un $C_s > 0$, el valor más probable (m) será estimado por:

$$m = \frac{2(a+b) - \sqrt{2}(b-a)}{4} \quad (10)$$

Finalmente, al igual que en el caso del costos máximo y mínimo, se construyó el modelo matemático correspondiente a la estimación del costo más probable por inundación (Baro et al., 2012).

Esquema 4.1: Desarrollo conceptual de un método para el cálculo de daños potenciales causados por inundaciones en zonas habitacionales, Daños directos.



4.2. RECOPIACIÓN DE DATOS PARA ZONAS AGRÍCOLAS.

En el caso de las zonas agrícolas, la evaluación de los daños se suele realizar a partir del ingreso de los agricultores, el cual se ve afectado una vez producida la inundación. Por tanto, para conocer los costos económicos de una inundación en una zona agrícola hay que tener presente (Estrada, 1996)

- I. La disminución o pérdida de la cosecha: Cuando tiene lugar una inundación se puede producir una disminución de la producción o incluso perderse la cosecha de forma completa.

Hay que tener en cuenta que está pérdida parcial o total de la cosecha es muy influenciada por la duración de la inundación. Una duración corta, de 1 a 3 días, puede causar un retraso del desarrollo sin apenas afectar el rendimiento, mientras que en una duración prolongada, de 7 a 15 días, puede comprometer la cosecha.

Otro valor decisivo en el valor de los daños agrarios, es la época en la que se produce la inundación. Este aspecto se puede tener en cuenta considerando un factor de época o estacionalidad.

Hay que mencionar, además si la inundación provoca un acarreo de sedimentos muy elevado, ya que la deposición de estos sedimentos puede agravar el daño producido por la inundación sobre el cultivo.

Con base en estas consideraciones, para evaluar los daños en zonas agrícolas se deben de disponer, como mínimo de la siguiente información:

a) Tipos de cultivo

Las zonas de cultivo (riego y temporal) que existe en la zona de estudio se identificaron, con base en la información sobre vegetación, el mapa de uso del suelo del INEGI, el Inventario Forestal Nacional (SEMARNAT, 2014) y las vistas de campo para distinguir el tipo de cultivo que se da en la Localidad.

b) Estacionalidad de los cultivos

De los cultivos existentes, se estableció su ciclo agrícola para de esta forma definir en qué fase de su desarrollo se encuentra el cultivo cuando existe más probabilidad de que se produzca una inundación.

c) Productividad

La productividad de cada uno de los cultivos se calculó tomando la información disponible en el anuario estadístico que publica de cada estado en colaboración con el INEGI.

d) Ingresos de la población por la producción de su cosecha

Para el cálculo de los ingresos se tuvo en cuenta los datos que se presentan en los anuarios estadísticos, donde se especifica el valor de la producción.

4.2.1. Información sobre zonas agrícolas

A partir del atlas de riesgo (2003) del Municipio de Toluca se definieron las áreas inundables de la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán, para los diferentes periodos de retorno, en la zona agrícola (Esquema 4.2). Una vez definidas, se hizo un recorrido de campo para establecer cuáles son los cultivos predominantes en la localidad, durante la época de inundaciones (Mayo-Septiembre).

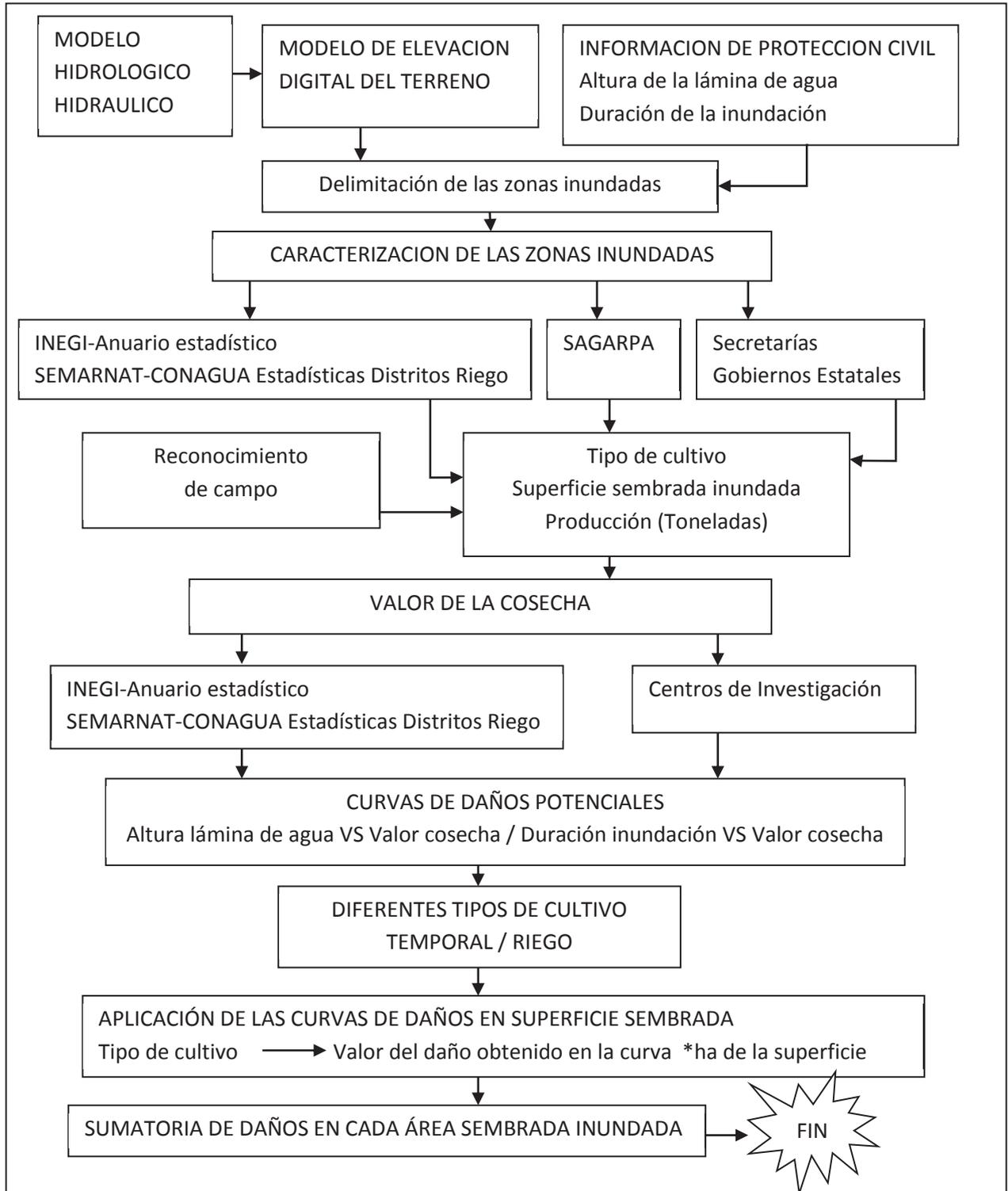
A partir de estos datos, se hizo una búsqueda sobre información agraria en el Anuario Estadístico del Estado de México (INEGI, 2012-2014). Esta información permitió conocer la superficie sembrada en hectáreas bajo riego y en temporal en el Distrito de Desarrollo Rural de Toluca, Distrito en el cual queda localizada la zona de estudio, y el volumen en toneladas que se produce para cada uno de los cultivos. Por otro lado se obtuvo información económica sobre estos cultivos en el Anuario Estadístico del Estado de México (INEGI, 2007) en concreto, sobre el valor de la producción para el ciclo agrícola. Este valor del cultivo, permitió establecer cuál es el valor de la producción por hectárea, tanto de riego como en temporal.

De igual manera se puede obtener información de SEMARNAT mediante su base de datos estadísticos BADESNIARN, (2012) contiene información estadística sobre temas relacionados con el ambiente, resultado de la colaboración con las distintas áreas de la Secretaría, de sus órganos desconcentrados y descentralizados; así como con otros organismos y dependencias que producen información estadística.

En seguida de obtener y valorar toda esta información se procede a la elaboración de dos tipos de curvas de daños potenciales para cada cultivo afectado, tanto en riego como temporal:

- Curva de altura de lámina de agua de la inundación VS Cultivo
- Curva de duración de la inundación VS Cultivo

Esquema 4.2: Desarrollo conceptual de una metodología para el cálculo de daños potenciales causados por inundaciones en zonas agrícolas. Daños directos



4.2.2. Construcción de familias de curvas de daños potenciales por inundación en zonas agrícolas.

En este caso, se definen las curvas de daños por la altura de lámina de agua para el siguiente cultivo dominante:

- Maíz de grano.

También se definen las curvas de daños por duración de la inundación, ya que la duración de la inundación es un factor decisivo en los cultivos.

Otros cultivos cíclicos de gran extensión en el área de estudio lo constituyen la calabaza, habas, frijoles: entre otros cultivos como huazontles y Flor de cempasúchil. Estos cultivos se extienden por áreas afectadas por inundaciones algunas son de uso comercial pero en su gran mayoría es para consumo propio de los habitantes de la zona. Cuando aparece el periodo de inundación, su ciclo agrícola esta en periodos de maduración del grano o afloramiento en el caso de la flor de cempasúchil. Así mismo se tendrá en cuenta si el cultivo es de temporal o de riego, ya que el rendimiento y el valor económico son diferentes.

4.3 DAÑOS TANGIBLES DIRECTOS

Para el cálculo de daños tangibles directos (pérdida producida por el contacto físico con el agua) conscientemente se utilizan las curvas de daños. Las cuales describen las relaciones de los dos principales factores de las inundaciones, como lo son la profundidad de la inundación, y la duración de esta, con los daños económicos que provocan la inundación.

En casi todos los estudios realizados se han comprobado que una misma altura de inundación puede causar diferentes daños para diferentes tipos de uso de suelo, y dentro de los diferentes tipos de usos de suelo también se puede realizar una subdivisión teniendo en cuenta ciertos criterios. Para el caso concreto de la zona de estudio, una primera división de las curvas ha sido la definición de curvas para las zonas habitacionales y para las zonas agrícolas (Baró; 2007). Dentro de las zonas habitacionales se ha llevado a cabo una subdivisión en función del valor de los bienes de una vivienda para cada tipo de AGEB según su índice de marginación y en el caso de las zonas agrícolas, se ha efectuado una subdivisión en función del tipo de cultivo.

4.4 DAÑOS TANGIBLES INDIRECTOS

Para el caso de los daños tangibles indirectos, que incluyen el coste adicional por desvíos alrededor del área inundada, las pérdidas derivadas de la interrupción de servicios y las pérdidas en negocios, salarios, costos de limpieza después de la inundación, los incrementos de costes en tareas de previsión y alarma, las evacuaciones, los alojamientos temporales en zonas de libre peligro.

Se calculan como un porcentaje fijo de los daños directos. Los porcentajes que han sido propuestos por Kates (1965) son los más utilizados, y son los que se emplearan en el presente estudio. Los valores de estos porcentajes para el caso de zonas habitacionales y agrícolas se presenta en la tabla (4.4).

Tabla 4.4: Porcentaje aplicado a los daños directos para el cálculo de daños indirectos en zonas habitacionales y agrícolas (Kates, 1965).

CONCEPTO	PORCENTAJE
Zonas habitacionales	15%
Zonas agrícolas	10%

4.5 CONSECUENTE APLICACIÓN DE CURVAS PARA EVALUACIÓN DE DAÑOS ECONOMICOS EN EL RÍO VERDIGEL, EN SAN ANDRES CUEXCONTITLAN.

En resumen para aplicar la curva de daños potenciales en zonas urbanas y agrícolas en la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán se llevaron a cabo los siguientes pasos.

- 1.- Mediante la información topográfica, el cual fue definido por las curvas de nivel obtenidas a cada 20mts, e información recolectada de visitas de campo en la zona de estudio, se determinaron las zonas de inundación para cada uno de los periodos de retorno definidos.
- 2.- Una vez determinadas las zonas de inundación para cada periodo de retorno se procedió a convertir estas zonas en un formato aceptado por el programa **ArcGis versión 9.3**. Usando este sistema de información geográfica se sobrepuso el mapa de usos de suelos (INEGI, 2014) y el mapa de la delimitación de las AGEB sobre el mapa de las zonas inundadas para cada periodo de retorno. Esta sobreposición permitió

determinar la superficie de cada uno de los usos de suelo que podría ser afectada por una inundación para un caudal con un periodo de retorno dado.

3.- Una vez conocidas las superficies afectadas y la altura de lámina de agua para cada uno de los usos de suelo se procedió a obtener dos mapas, uno con las áreas habitacionales afectadas por inundación, y otro con las áreas agrícolas **(Esquema 4.1 y 4.2)**.

4.- Mapa de las zonas habitacionales afectadas por inundación.

- En el mapa de ubicación de la zona de estudio, de las zonas habitacionales afectadas por inundación se sobrepuso el mapa de ageb's que se obtuvo de SCINCE Versión 05/2012, INEGI 2014. De esta manera, se definió las Ageb's que se identifican en zonas inundables.
- Para cada AGEB identificada se extrajeron del (SCINCE Versión 05/2012), INEGI 2014. Los indicadores censales correspondientes, que permitieron obtener información sobre el número de viviendas y los tipos de viviendas en cada Ageb afectada, así como sobre la naturaleza y números de bienes; además de información sobre temas socioeconómicos y de índice de marginación.
- A partir de la información obtenida a través de los indicadores censales, se estableció que la clase de vivienda era representativa de la AGEB, lo cual a su vez permitió definir que ecuación de las curvas de daños potenciales por inundación en zonas habitacionales se emplearía en cada AGEB.
- Sabiendo el número de vivienda afectada en cada AGEB por la inundación, que ecuación se iba a utilizar para el cálculo de daños directos, se necesita saber cuál es la lámina de agua que se aplica para una inundación dada. Esta lámina de agua se obtuvo de las secciones transversales del río que están localizados en las AGEB afectadas, o para dado caso las visitas de campo y de información obtenida del Atlas de riesgo de Toluca 2003.
- Con toda esta información se calcularon los daños directos tangibles en las zonas habitacionales afectadas por inundación.
- Para estos daños directos, se consideró el 15% para establecer el valor de los daños indirectos, de acuerdo con lo propuestos por Kates (1965).

5.- Mapa de las zonas agrícolas afectadas por inundación.

-
- Mediante el mapa de uso de suelo se identificó las zonas agrícolas afectadas, se estableció que clase de uso de suelo era representativo de las zonas inundables de temporal, lo cual permitió definir que ecuación de las curvas de daños potenciales por inundación en zonas agrícolas.
 - También se estableció cual era el cultivo representativo de las zonas inundables, el número de hectáreas cosechadas de ese cultivo y la producción de la cosecha, siendo el cultivo representativo, el maíz de grano por temporal, (se comprobó por recorridos de campo, e información obtenida de INEGI 2014).
 - Una vez estimadas las hectáreas afectadas en cada zona agrícola por la inundación, se eligió la ecuación establecida por la curva de ajustes para el cultivo en cuestión, siendo esta ecuación la que se utilizara para el cálculo de daños directos. El siguiente paso fue la obtención de la lámina de agua que se aplicaría para una inundación dada. Esta lámina de agua se obtuvo de las secciones transversales del río que están localizados en las AGEB afectadas, o para dado caso las visitas de campo y de información obtenida del Atlas de riesgo de Toluca 2003.
 - Con la información procesada, ya se puede llevar a cabo la estimación de los daños directos tangibles en las zonas agrícolas potencialmente afectadas por inundación.
 - Los daños indirectos fueron estimados como el 10% de los daños directos, como fue descrito en la sección de Marco Teórico y con base en la bibliografía correspondiente (Kates, 1965).

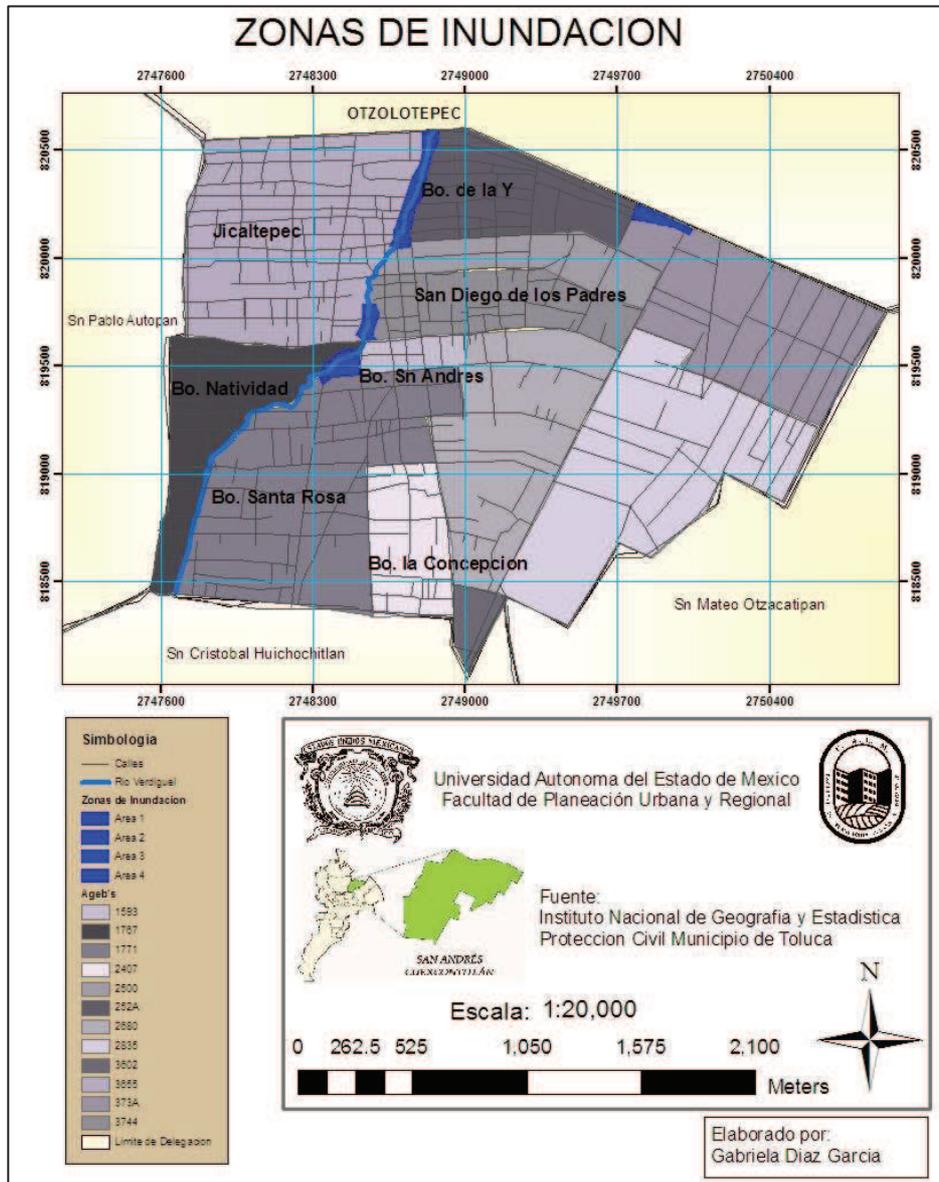
6.-Finalmente se efectuó la sumatoria de todos los daños para obtener el valor económico de estos en salarios mínimos para el 2014 así como en pesos. De esta forma, se cuantifico el valor de los daños económicos potenciales tangibles en zonas habitacionales y en zonas agrícolas, provocados por una inundación para los diferentes caudales y periodos de retorno estudiados.

Capítulo V

Aplicación de las ecuaciones para
evaluación de Daños Económicos en San
Andrés Cuexcontitlán.

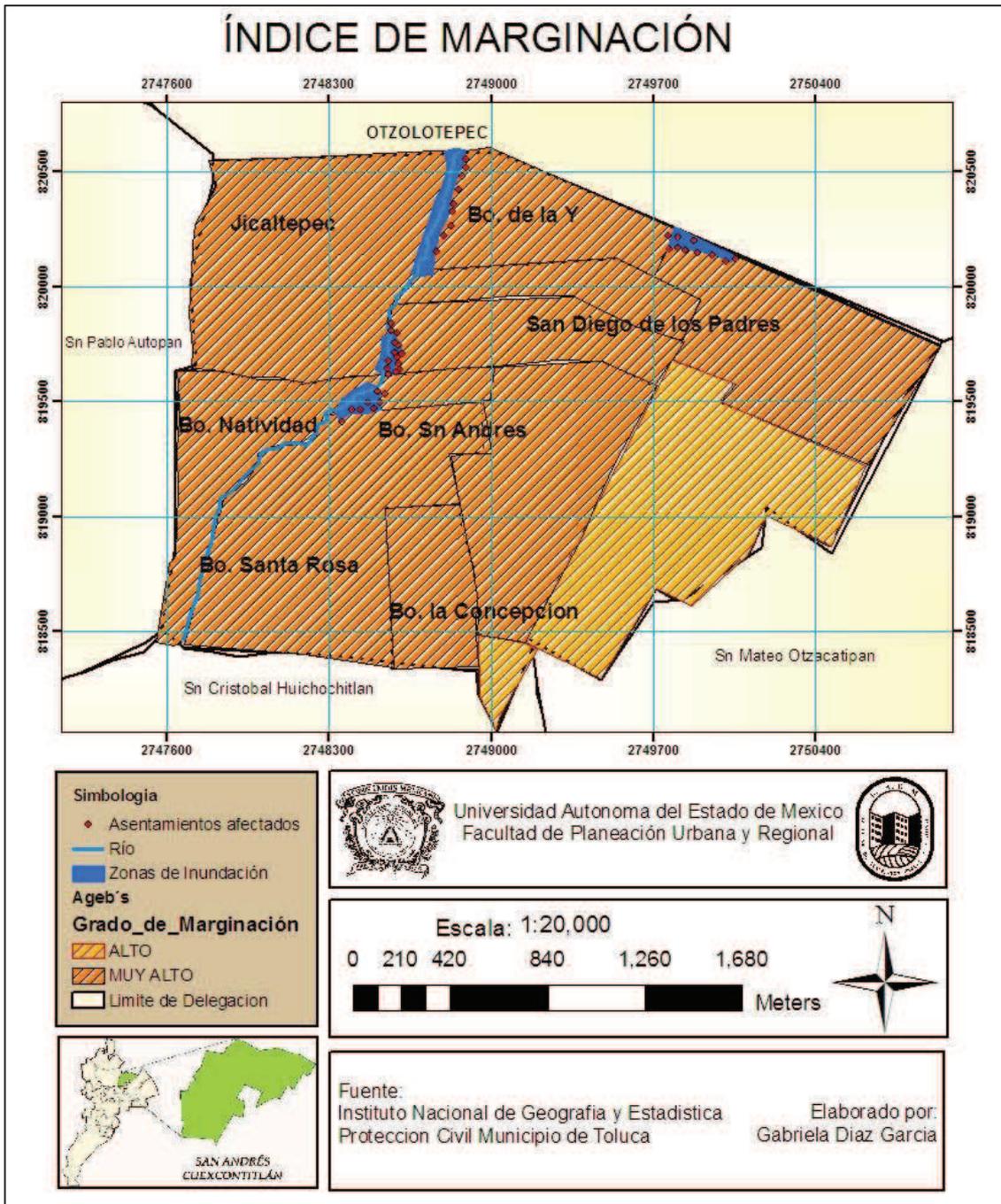
Una vez desarrollado el procedimiento metodológico para el cálculo de daños tangibles (directos e indirectos) en zonas agrícolas y habitacionales, y conociendo detalladamente la zona de estudio, en este capítulo se aplican las ecuaciones de daños potenciales en la localidad, de esta manera se podrán estimar los daños económicos totales que provoca una inundación en zonas con asentamientos humanos y tierras de cultivo. Al realizar la recopilación de la información para determinar las zonas de inundación. En la zona de estudio se ubican 4 zonas de inundación 3 son de tipo fluvial y el otro es de tipo Pluvial. Las AGEB's afectadas por estas inundaciones son las siguientes 252A, 373A, 1593, 3744. Ver figura 5.1

Figura 5.1: Ubicación de las zonas de inundación en la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán.



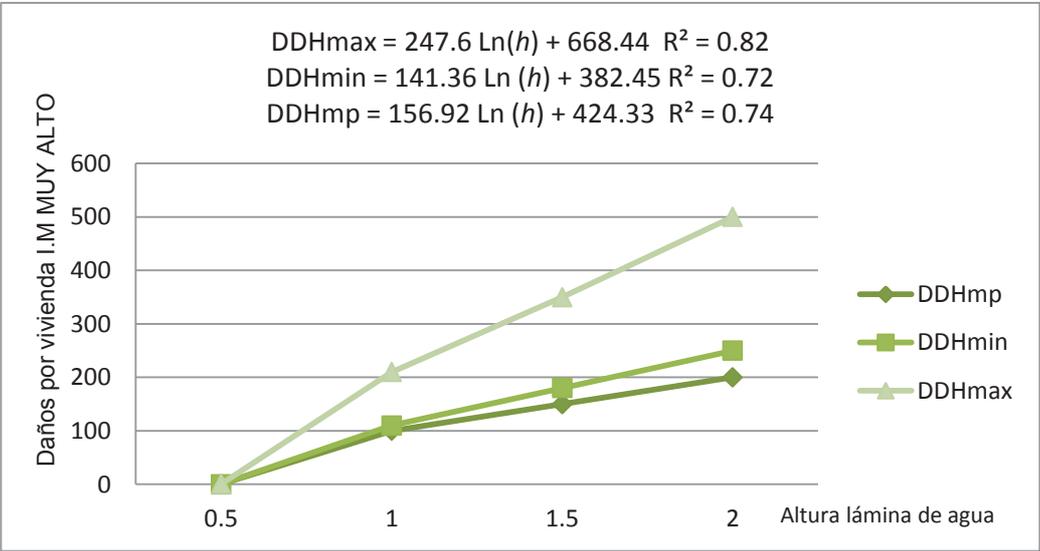
Es importante el índice de marginación ya que al identificar el grado de marginación se puede determinar y aplicar la familia de curvas que elaboro el Dr. Baró el cual corresponda al caso. El índice de marginación que tiene la zona de estudio es de categoría de Alto a Muy Alto ver figura 5.2.

Figura 5.2 Mapa de índice de marginación

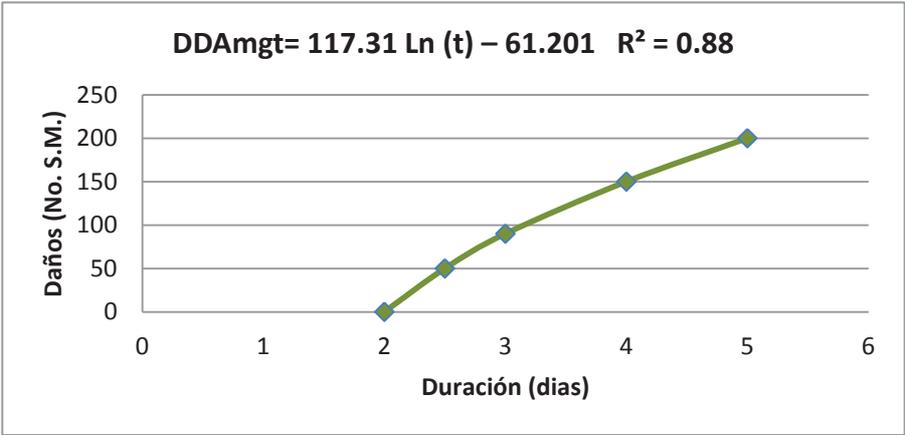


Las familia de curvas que se usó para este estudio son las siguientes (figura 5.1 y figura 5.2) ya que la familia de curvas de Baró et. al. Esta diseñada por cada tipo de Índice de Marginación y para el caso de estudio el índice de marginación que se tiene es de categoría Muy Alto según las 4 AGEB afectadas, esto para las zonas habitacionales y para el caso de las zonas agrícolas se manejó la curva de daños potenciales por inundación en cultivos de maíz de grano temporal grafica 5.2

Grafica 5.1: Curva de daños potenciales por inundación en zonas habitacionales. AGEB con un IM muy alto



Grafica 5.2: Curva de daños potenciales por inundación en cultivos de maíz de grano temporal.



5.1. DAÑOS TANGIBLES DIRECTOS E INDIRECTOS

Para el cálculo de los daños tangibles directos (pérdidas producidas por el contacto físico con el agua) se utilizan las ecuaciones de daños potenciales, las cuales describen la relación de los dos principales factores de las inundaciones: altura de lámina de agua y la duración.

En el caso de los daños tangibles indirectos, que incluyen el costo adicional por desvío alrededor del área inundada, las pérdidas derivadas de la interrupción de servicios y las pérdidas en negocios, salarios, costos de limpieza después de la inundación, los costos en tareas de previsión y alarma, las evacuaciones, los alojamientos temporales, etc., se calculan con un porcentaje fijo de los daños directos. Los porcentajes que han sido propuestos por Kates (1965) son los más utilizados, y son los que se emplearán en el presente estudio. Los valores de estos porcentajes para el caso de las zonas habitacionales y agrícolas se presentan en la tabla.

Tabla 5.1: Porcentajes aplicados a los daños directos para el cálculo de daños indirectos en zonas habitacionales y agrícolas.

CONCEPTO	PORCENTAJE
Zonas Habitacionales	15 %
Zonas Agrícolas	10%

Fuente: Tomado de Kates (1965).

5.2 ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS TANGIBLES DIRECTOS E INDIRECTOS

Lo primero que se realizó en el capítulo 3 fue definir la zona inundable en la localidad de Sn Andrés Cuexcontitlán empleando como base del atlas de riesgo 2003 emitido por Protección Civil 2003 para el municipio de Toluca, las visitas de campo, encuestas que se realizaron y cartografía que se generó para estimar los daños por inundación en la zona de estudio. La localidad tiene una superficie inundable es de **15, 175, 000 m²**.

Una vez definida la zona de inundación de la localidad se determinó la superficie de afectación que corresponde a las zonas agrícolas y habitacionales correspondientes (ver tabla 5.2)

Tabla 5.2: Superficie afectada en zona habitacional y agrícola

Zona inundable	Superficie (Km2)	%
Zona Agrícola	5.075	33.5%
Zona Habitacional	10.100	66.5%
Total	15.175	100 %

Fuente: elaboración propia con base en el Atlas de Riesgo emitido por Protección Civil

En la tabla anterior se puede mostrar que el uso de suelo más afectado es el agrícola y para el uso de suelo habitacional se encuentra en un mínimo, destacando las vialidades y casas habitación apegadas a ellas.

5.2.1 Daños tangibles para zonas habitacionales

Después de haber identificado las zonas de inundación, se procede a realizar la caracterización de la zona, para lo cual se clasifica y selecciona información según su naturaleza, y a partir del sistema de consulta de Información Censal (SCINCE) que es proporcionada por INEGI, se establecen las AGEB que informa sobre número de viviendas, sus características, etc. Los números de identificación de las AGEB afectadas en las zonas inundables y que corresponde a la localidad de San Andrés Cuexcontitlán la cual se muestra en la tabla 5.3.

Tabla 5.3: Identificación de la Ageb's localizada en la zona inundable.

Unidad Geográfica	Municipio	Localidad	AGEB's	Área total de las AGEB's km2	Número total de viviendas en las AGEB's	Área inundada Km2	Número de viviendas afectadas
15060	Toluca	Sn Andrés Cuex.	252A	134.409	720	15.175	9
			373A		344		11
			1593		49		8
			3744		645		16
Total							44

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2014

En las AGEB's se agrupan varios indicadores, pero solo se hicieron uso de algunos como el de Población y vivienda, también se recopiló información acerca de los Grado de Marginación Urbana las cuales según COESPO se clasificaron como se muestra la tabla 5.4 para el Municipio de Toluca en función de la información recopilada del Centro de Información y Documentación (COESPO, 2005), para la localidad tiene un grado de marginación de bajo a muy bajo.

Tabla 5.4: Municipio de Toluca según grado de marginación urbana

AGEB Urbana	Municipio	Localidad	AGEB's	Grado de Marginación
234	Toluca	Sn Andrés Cuex.	1771	MUY ALTO
			2500	MUY ALTO
			252 ^a	MUY ALTO
			3655	MUY ALTO
			373A	MUY ALTO
			2680	MUY ALTO
			3744	MUY ALTO
			2835	ALTO
			1767	MUY ALTO
			1593	MUY ALTO
			2407	MUY ALTO
			3602	ALTO

Fuente: Consejo Nacional de Población, 2005.

Por lo anterior, las ecuaciones aplicables para determinar los daños económicos en zonas habitacionales corresponden a las ecuaciones máximas, mínimas y más probables, de daños potenciales para cada vivienda (Ver tabla 5.5).

Tabla 5.5: Ecuaciones obtenidas de las curvas de daños potenciales directos en zonas habitacionales localizadas en una AGEB con IM muy Alto.

INDICE DE MARGINACION	ECUACION	R ²
Muy alto	DDHmax = 247.63 Ln (h) + 668.44	0.82
	DDHmin = 141.36 Ln (h) + 382.45	0.72
	DDHmp = 156.92 Ln (h) + 424.33	0.74

Fuente: Tomado de Baró et al. (2010).

Dónde:

R²: Coeficiente de determinación

DDH: daños directos habitacionales para cada vivienda correspondiente, medidos en número de salarios mínimos diarios o \$M.N. (pesos).

DDHmax: Daños directos en zona habitacional. Costo máximo.

DDHmin: Daños directos en zona habitacional. Costo mínimo.

DDHmp: Daños directos en zona habitacional. Costo más probable.

h: altura de lámina de agua alcanzada medida en metros (m),

Para el empleo de estas ecuaciones en la zona habitacional inundada dentro de los límites del AGEB, es de gran importancia tener el conocimiento de la altura máxima de lámina de agua alcanzada por la inundación y su índice de marginación.

Para obtener el valor de la altura de lámina de agua se desarrollaron visitas de campo a la zona de estudio y a través de entrevistas, se determinó la altura de la lámina de agua alcanzada; es decir, los valores de los datos obtenidos en las averiguaciones se promediaron para cada una de las zonas afectadas, siendo éste el valor que se utilizó para establecer los daños económicos por medio de las ecuaciones de daños potenciales para las viviendas.

El siguiente paso fue multiplicar el valor del daño obtenido para una vivienda dada y para una altura de lámina de agua determinada por el número total de viviendas afectadas en la localidad, valor que se tomó de la tabla 5.5, obteniéndose así los daños directos totales en zonas habitacionales para la localidad de Sn Andrés Cuexcontitlán para cada Ageb ya que la zona de estudio sufre de inundación con la afectación de 4 AGEB's. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.6, donde se presenta la altura de lámina de agua alcanzada para la localidad, el valor del daño ocasionado en una vivienda y los daños directos e indirectos totales alcanzados para la localidad en número de salarios mínimos diarios 2014.

La zona de estudio corresponde al salario mínimo general del área geográfica B, la cual representa un salario mínimo de \$63.77 pesos diarios, salarios vigentes a partir del 1° de enero del 2014 (CONASAMI, 2014).

Tabla 5.6: Daños económicos potenciales directos e indirectos en zonas habitacionales. Caso de San Andrés Cuexcontitlán. (Salarios mínimos diarios 2014) Costos Máximos.

Localidad	AGEB's	IM	Altura de lámina de agua (m)	Daños directos por vivienda (S.M./Núm. de Viviendas)	Daños indirectos (15%)(S.M.)	Daños potenciales Totales (DD+DI)
Sn Andrés Cuex.	252A	Muy Alto	.60	490,970.62 \$	73,645.59 \$	564,616.21 \$
	373A	Muy Alto	.60	600,075.21 \$	90,011.28 \$	690,086.49 \$
	1593	Muy Alto	.60	436,418.33 \$	65,462.75 \$	501,881.08 \$
	3744	Muy Alto	.60	872,836.66 \$	130,925.49 \$	1,003,762.15 \$
Total				2,400,300.82 \$	360,045.11 \$	2,760,345.93 \$

Fuente: Elaboración propia con base a Baró et al. (2010).

Cada uno de los valores correspondientes al daño directo de una vivienda se multiplicó por el número total de viviendas afectadas en la localidad asentándose al AGEB's en el cual pertenece (tabla 5.6), para de esta forma, obtener los daños indirectos y así poder conseguir los daños potenciales totales directos para el caso de las zonas habitacionales. Estos daños Totales fueron de **2, 760,345.93 pesos** son los Costos Máximos.

Para la estimación de los daños indirectos se consideró el factor de ponderación del 15% con respecto a los directos (Kates, 1965). Los resultados se presentan en la tabla, donde se puede comprobar que los daños indirectos fueron de **360,045.11 pesos** 2014.

En caso de los Costos Mínimos se aplicó la ecuación correspondiente, se obtuvieron los siguientes resultados que se presentan en la tabla 5.7 donde los Daños Directos fueron de **2, 400,300.82 pesos** en el caso de los Daños Indirectos se generó **360,045.11 pesos** y para el caso de los Daños Potenciales Totales se obtuvo un total de **2,760,345.93 pesos**

Tabla 5.7: Daños económicos potenciales directos e indirectos en zonas habitacionales. Caso de Sn Andrés Cuex. (Salarios mínimos diarios 2014) Costos Mínimos.

Localidad	AGEB's	IM	Altura de lámina de agua (m)	Daños directos por vivienda (S.M./Núm. de Viviendas)	Daños indirectos (15%)(S.M.)	Daños potenciales Totales (DD+DI)
Sn Andrés Cuex.	252A	Muy Alto	.60	280,794.15 \$	42,119.12 \$	322,913.27 \$
	373A	Muy Alto	.60	343,192.85 \$	51,478.92 \$	394,671.77 \$
	1593	Muy Alto	.60	249,594.80 \$	37,439.22 \$	287,034.02 \$
	3744	Muy Alto	.60	343,192.85 \$	51,478.92 \$	394,671.77 \$
Total				1,216,774.65 \$	182,516.18 \$	1,399,290.83 \$

Fuente: Elaboración propia con base a Baró et al. (2010).

La siguiente ecuación que se aplicó fue la de los Costos más Probables donde se obtuvieron los siguientes resultados, el Daño Directo fue de **1, 523,237.88 pesos**, en el caso de los Daños Indirectos se obtuvo un costo de **228,485.67 pesos** y para los Daños Potenciales Totales se generó **1, 751,723.55 pesos** para el año 2014, ver tabla 5.8

Tabla 5.8: Daños económicos potenciales directos e indirectos en zonas habitacionales. Caso de Sn Andrés Cuex. (Salarios mínimos diarios 2014) Costos más Probables.

Localidad	AGEB's	IM	Altura de lámina de agua (m)	Daños directos por vivienda (S.M./Núm. de Viviendas)	Daños indirectos (15%)(S.M.)	Daños potenciales Totales (DD+DI)
Sn Andrés Cuex.	252A	Muy Alto	.60	311,571.38 \$	46,735.70 \$	358,307.08 \$
	373A	Muy Alto	.60	380,809.47 \$	57,121.42 \$	437,930.89 \$
	1593	Muy Alto	.60	276,952.34 \$	41,542.85 \$	318,495.19 \$
	3744	Muy Alto	.60	553,904.69 \$	83,085.70 \$	636,990.39 \$
Total				1,523,237.88 \$	228,485.67 \$	1,751,723.55 \$

Fuente: Elaboración propia con base a Baró et al. (2010).

Para obtener mejores resultados es recomendable utilizar los resultados de los costos más probables ya que su margen de error es mínimo.

5.2.2. Daños tangibles para zonas agrícolas

El Anuario Estadístico del Estado de México (INEGI), SAGARPA y SEDAGRO proporcionan información económica relevante sobre cultivos bajo temporal y de riego, en cuanto a superficie sembrada en hectáreas, volumen de producción en toneladas, valor de la producción en toneladas para el ciclo agrícola 2010, etc.

Una vez definida la zona de afectación agrícola (Tabla 5.2) se estableció que el cultivo predominante específicamente en el área inundable es el maíz de grano y el tipo de cultivo es bajo temporal (Ver fotografía 5.2).

Se trata de un cultivo tradicional y arraigado de fácil desarrollo y de producción anual cuyo ciclo agrícola comprende desde marzo-abril hasta noviembre. La superficie agrícola afectada por la inundación del 02 de Septiembre de 2010 en época de lluvias es de .5075 ha.



Fotografía 3. Inundación en zonas agrícolas. Maíz de grano cultivo bajo temporal. San Andrés Cuexcontitlán, Municipio de Toluca 02/09/2010 (Foto de Gabriela Díaz).

En estas zonas agrícolas se consideró que el cultivo, en este caso maíz de grano bajo temporal, tendría una altura de planta mayor a 30 cm, y una duración de 2 días dado que esta combinación de duración y altura de cultivo suele coincidir con la época de posibles inundaciones. Para este caso, la ecuación aplicable corresponde a la curva de daños potenciales directos para el caso del maíz de grano bajo el cultivo de temporal (Ver tabla 5.9).

Es importante destacar que las ecuaciones para el cálculo de daños directos en zonas agrícolas sólo serían aplicables cuando la planta tuviese una altura superior a 30 cm, ya que puede resistir más de 6 días bajo los efectos de la humedad y sólo se verá afectada. De lo contrario, si fuera menor a 30 cm, no se aplicarían y se supondría una afectación del 100% en los cultivos (pérdida total).

Tabla 5.9. Ecuación aplicable al cálculo de daños directos en zonas agrícolas.

Uso de suelo	Ecuación	R ²
Maíz grano temporal	$DDAmgt = 117.31 \ln(t) - 61.201$	0.88

Fuente: Tomado de Baró et al. (2012).

Dónde:

t: duración de la inundación medido en días,

DDAmgt: daños directos agrícolas para el cultivo de maíz de grano bajo temporal, medidos en número de salarios mínimos diarios o \$M.N. (pesos).

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5.10 Así pues, se obtiene que los daños directos en el cultivo de maíz de grano bajo temporal tienen un valor de 329, 50 salarios mínimos diarios₂₀₁₄/ha. La zona de estudio corresponde al salario mínimo general del área geográfica B, la cual representa un salario mínimo de \$63.77 pesos diarios, salarios vigentes a partir del 1° de enero del 2014 (CONASAMI, 2014).

Tabla 5.10. Daños económicos potenciales directos e indirectos en zonas agrícolas por hectárea y por total de la zona inundada. Caso de San Andrés Cuexcontitlán con el cultivo de maíz de grano bajo temporal.

Cultivo	Superficie inundada ha	Daños directos por hectárea (S.M./ha)	Daños indirectos Totales (10%)(S.M.)	Daños directos totales (S.M.)
Maíz grano de temporal	.5075	28,999.34 \$	2,899.93 \$	31,899.27 \$

Fuente: Elaboración propia con base a Baró et al. (2012).

Si estos daños económicos por hectárea se multiplican por el número de hectáreas cultivadas potencialmente afectadas se obtienen los daños totales directos en zonas agrícolas (Tabla 5.10). Estos daños son de **31, 899.27** pesos 2014, para la localidad de Sn Andrés Cuexcontitlán. Para el caso de los daños económicos potenciales indirectos, se utiliza el factor de ponderación propuesto por Kates (1965) del 10% sobre el valor de los directos (Tabla 5.10). Los resultados manifiestan que estos daños indirectos son de 2, 899.93 pesos 2014.

5.2.3. Daños totales

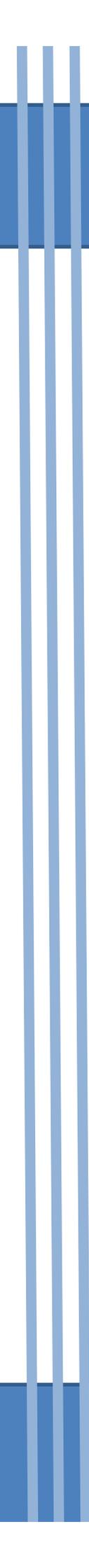
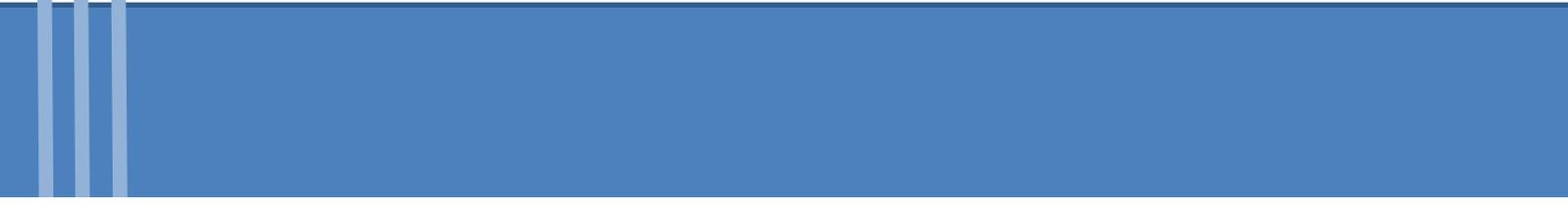
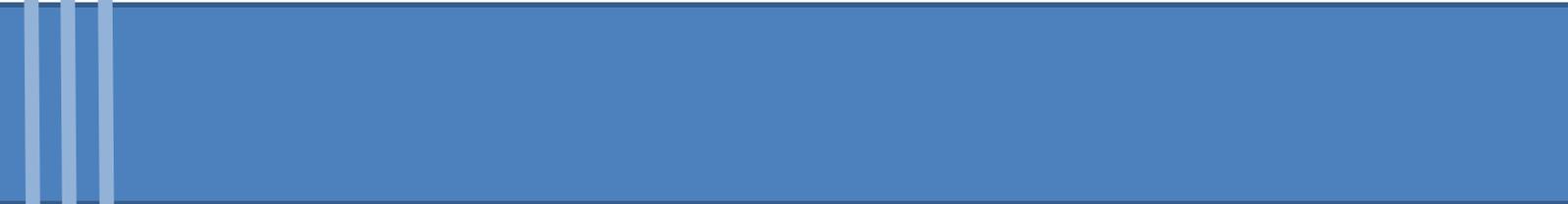
Con los valores obtenidos de las tablas 5.8 y 5.10, se hace la suma total de los daños, de forma que se puedan cifrar los daños totales tangibles directos e indirectos para la localidad de San Andrés Cuexcontitlán. (Ver tabla 5.9).

Tabla 5.11. Daños económicos potenciales en zonas habitacionales y agrícolas. Caso de la localidad de San Andrés Cuexcontitlán (S.M.2014: salarios mínimos diarios2014).

Uso del suelo	Daños directos (Pesos 2014)	Daños indirectos (Pesos 2014)	Daños totales (Pesos 2014)
Habitacional	1,523,237.88 \$	228,485.67 \$	1,751,723.55 \$
Agrícola	28,999.34 \$	2,899.93 \$	31,899.27 \$
TOTAL	1,552,237.22 \$	231,385.60 \$	1,783,622.82 \$

Fuente: Elaboración propia con base a Baró et al. (2007).

Con los resultados anteriores se puede comprobar que el 98% de los daños económicos totales corresponden a las zonas habitacionales y sólo el 2% a las zonas agrícolas (Ver tabla 5.11). Cabe destacar que aunque la superficie inundada de las zonas habitacionales es de mayor extensión que las agrícolas, los daños ocasionados a las zonas habitacionales son mayores debido a los daños producidos en las viviendas y al número de bienes que existen en ellas; los daños a los cultivos de maíz bajo temporal son menores debido a su bajo rendimiento agrícola. Estos daños ya están convertidos en pesos 2014, teniendo en cuenta que se trabajó con salarios mínimos 2014. Hay que tener presente que un salario mínimo vigente a partir del 1 de enero de 2014 equivalente a \$ 66.77 pesos diarios según la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI). De esta forma se pudo obtener el monto total de los daños económicos valorados en pesos 2014.



Conclusiones/Recomendaciones

Conclusiones

Mediante las visitas de campo y la identificación de las AGEB se determinó la afectación de cuatro AGEB que son 252A, 373A, 1593 y 3744. La evaluación de las condiciones socioeconómicas en la Localidad de San Andrés Cuexcontitlán, municipio de Toluca, indica que la población que habita esta localidad es de bajos recursos, con un grado de marginación de Alto a Muy Alto por lo tanto, sus viviendas y bienes son de baja calidad y las afectaciones por inundación son muy importantes desde el punto de vista social y de calidad de vida a la que todos tenemos derecho. Por lo tanto, aunque los daños económicos aparentemente no resultan ser tan elevados, sí lo son para los propietarios de la localidad.

La aplicación de las ecuaciones de las curvas de daños potenciales en función de las AGEB's a las que conforman la localidad permitió evaluar el daño económico directo ocasionado en ambas viviendas a una determinada altura de lámina de agua alcanzada. Para el caso de los daños tangibles directos de las zonas agrícolas, la aplicación de la ecuación de la curva de daños potenciales en el cultivo de maíz de grano de temporal permitió evaluar los daños económicos, se estimaron considerando la duración de la crecida y la altura de la planta. Para poder aplicar las curvas de daños en zonas agrícolas la planta debe tener una altura superior a 30cm, de lo contrario se consideraría una pérdida total del cultivo sea cual sea la duración de la inundación.

Una vez aplicada las ecuaciones de las curvas de daños económicos en San Andrés Cuexcontitlán tanto en zonas agrícolas como habitacionales, se obtuvieron los siguientes resultados: el daño total económico producido en el área inundable es de \$1, 783,622.82 pesos de los cuales \$1, 751,723.55 pesos corresponden a los daños tangibles en zonas habitacionales, y \$ 31,899.27 pesos a los daños tangibles en zonas agrícolas. Esto indica que las medidas estructurales y no estructurales deberían estar enfocadas en prevenir los daños en zonas habitacionales en términos de **costo-beneficio**.

Las autoridades del municipio de Toluca, y particularmente la localidad de San Andrés Cuexcontitlán, pueden contar con varios elementos y datos económicos sobre las pérdidas que se producen en sus tierras de cultivo y viviendas por efecto de las inundaciones que les permite realizar un análisis económico y tomar decisiones racionales y viables antes de que acontezca otra inundación.

Sin duda, el análisis de los daños económicos causados por las inundaciones constituye una herramienta importante y una necesidad común en la planificación, pues permite evaluar la efectividad de los proyectos diseñados para mitigar los efectos de estas inundaciones, además determina la viabilidad económica de los proyectos diseñados al control de las inundaciones, pues basta comparar los beneficios que se producen, es decir, los daños evitados con los costos de las medidas de control y mitigación.

Se hace mención de la legislación para reducir la vulnerabilidad en torno al fenómeno de inundación basado en el capítulo 2, tomando en cuenta el marco jurídico aplicando las medidas de acción que propone el gobierno.

En el capítulo dos se mencionan algunas leyes de gobierno que aportan apoyo económico a los habitantes que se ven afectados con el fenómeno de inundación. El uso de la legislación es una alternativa que puede servir para obtener beneficios económicos en caso de presentar la problemática.

Se generó cartografía para tener una identificación más clara de las zonas susceptibles a inundación para que se pueda hacer uso posteriormente con el fin de reducir costos en protección por inundación.

Recomendaciones

Se espera que los tomadores de decisiones consideren la aplicación de esta metodología para hacer un análisis de costo-beneficio, pues contribuye a tener una idea más realista de los daños que en términos económicos provoca una inundación, lo cual es importante también para la asignación de recursos orientados a la prevención, control y recuperación de áreas afectadas por inundación.

Es pertinente señalar que las curvas de daños potenciales aplicadas en este trabajo tienen como base de cálculo los salarios mínimos de 2014, por lo cual debe considerarse que en la medida que los salarios mínimos se rezaguen respecto a los costos de edificación de la vivienda o de los bienes domésticos que existen en ellas, los costos deben actualizarse a la inflación, para evitar que los daños de la inundación sean subestimados y que, por lo tanto, no se realicen las medidas de prevención pertinentes.

Considerar la aplicación de este procedimiento metodológico antes de proponer medidas de prevención y control respecto a inundaciones, pues proporciona información económica verídica que se evitaría (en zonas agrícolas y habitacionales) ante la toma de decisiones. De esta manera se podrá medir la efectividad en cuanto a operatividad, viabilidad y rentabilidad económica de las medidas de prevención (estructural o no estructural) que se propongan.

De igual manera considerar la aplicación de este procedimiento metodológico antes de proponer cualquier obra pública o de desarrollo habitacional en zonas con riesgo de inundación que se presentaron en los mapas elaborados como medida preventiva.

Establecer sistemas de previsión y de alerta para que la población se ponga a salvo, como una primera medida de carácter no estructural y económicamente rentable (en comparación con los costos de las medidas estructurales), eficaz y de rápida aplicación por el soporte técnico que lleva para su instalación y fácil adquisición en el mercado.

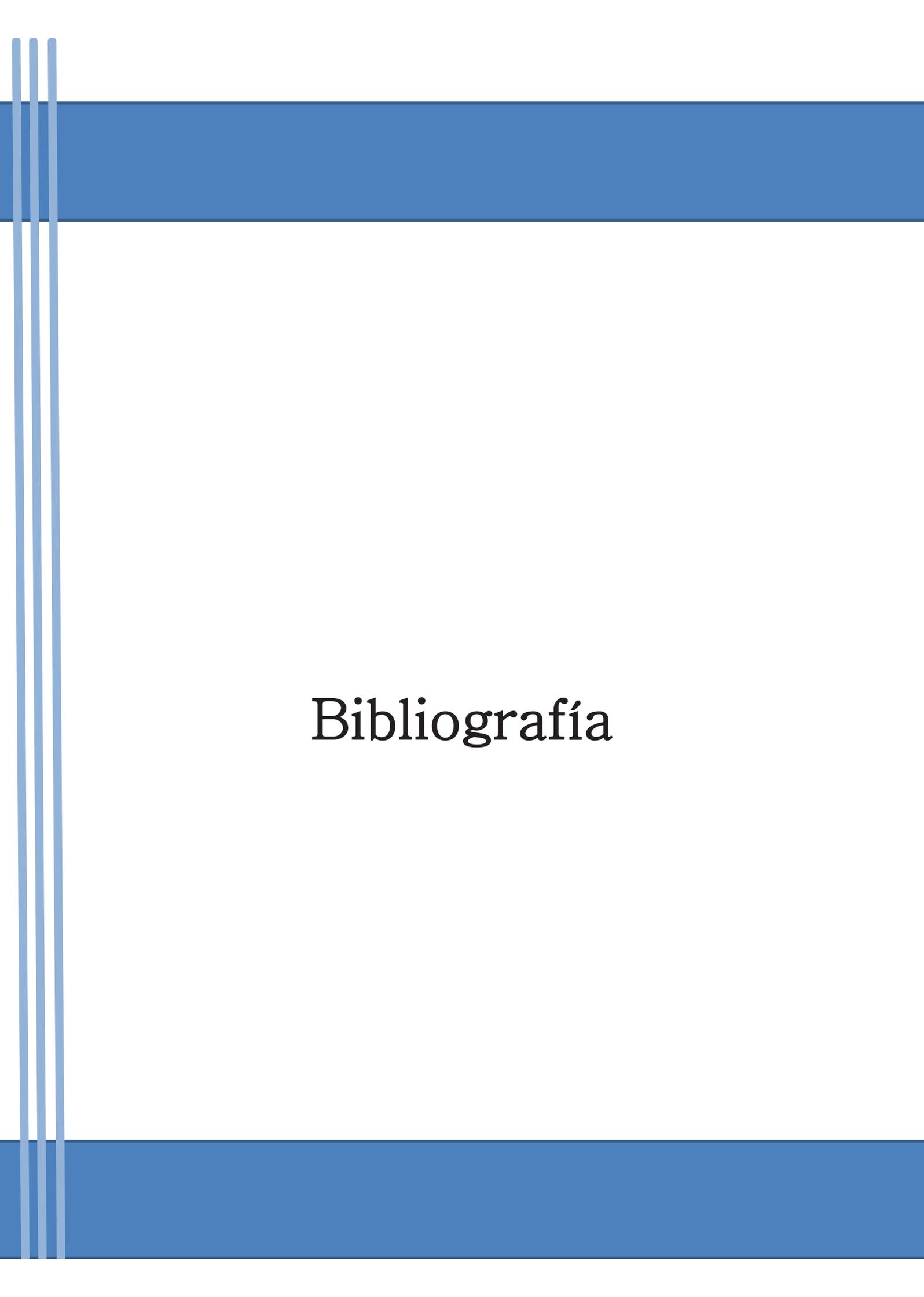
Con referencia al Marco Legal presentado establecer la corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos al fenómeno de inundación; **(se deben**

comprometer y cooperar las personas afectadas a participar en las acciones que implemente el gobierno para mejorar la calidad de vida de los afectados).

Aportar elementos de juicio como el presente estudio a las autoridades para una acertada asignación de los recursos para atender los desastres a considerar.

Se puede diseñar algún tipo de incentivos fiscales para empresas y desarrolladores inmobiliarios que cumplan con la realización de estudios de prevención como este en materia de inundación dentro de sus edificaciones.

Estimular a la población en general de la localidad a formar un grupo para impartir mediante el Centro Nacional de Prevención de Desastres cursos o talleres en caso de inundación ¿Qué hacer? Como medida de prevención para conocer y aplicar las principales medidas de prevención y autoprotección.



Bibliografía

A. Lopardo Raúl et al. (2000). “*Algunas reflexiones sobre crecidas e inundaciones*”. Ingeniería del agua. Vol. 7. N° 1 Marzo. Instituto nacional del agua y el ambiente. República Argentina.

Anzures Valencia Edgar. (2009). “*Aplicación de curvas de daños económicos por inundación en zonas agrícolas y habitacionales caso de estudio: Santo domingo de Guzmán, municipio de Ixtlahuaca, Estado de México*”. Toluca. México. Agosto. Pág. 1-7

Aparicio, J, Martínez-Austría, PF, Güitron, A. & Ramirez A.I. (2009), “*Floods in Tabasco, México: a diagnosis and proposal for courses of action*”. Journal of Flood Risk Management. Vol. 2, pp. 132-138.

Ayala, L., Ayala, J.C. y Cisneros, R. (1986) *Metodología para el estudio y evaluación económica de proyectos de defensa fluvial*. Aplicación der rio Cachaporal entre Rancagua y Doñihue. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago de Chile.

Ballina Rivas Iriana et al. (2009). “*Análisis de indicadores socioeconómicos para la valoración de daños indirectos provocados por inundación en zonas habitacionales y agrícolas de la Subcuenca rio Tejalpa curso alto del rio Lerma*”. Toluca. México. Mayo. Pág. 1-8 y 75-76.

Baro. J.E. (2004) *Estimación de las curvas de daños económicos potenciales por inundaciones en zonas agrícolas y habitacionales, caso de estudio: Subcuenca del rio Tejalpa-curso alto del rio Lerma*. Tesis de Maestría. México, D.F. Facultad de Filosofía y Letras, Posgrado en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 200pp.

Baro Suarez José Emilio et al. (2005). “*Cálculo de daños económicos potenciales por inundación en zonas habitacionales: un estudio de caso en el curso alto del rio Lerma, Estado de México*”. Quivera. México. Pág. 75-95.

Baro Suarez José Emilio et al. (2007). “*Curvas de daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas de México. Parte 2: Caso de estudio en la cuenca alta del rio Lerma*”. Ingeniería Hidráulica en México. Toluca, México. Vol. XXII; núm. 1. Periodo: Enero-Marzo. Núm. Pág. 71-83.

Baro Suarez José Emilio et al. (2007). “*Curvas de daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas de México. Parte 1: propuesta metodológica*”. Ingeniería Hidráulica en México. Toluca, México. Vol. XXII; núm. 1. Periodo: Enero-Marzo. Núm. Pág. 91-102.

Baro Suarez José Emilio et al. (2007). “*Curvas de daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas de México. Parte 2: propuesta metodológica*”. Ingeniería Hidráulica en México. Toluca, México. Vol. XXII; núm. 1. Periodo: Enero-Marzo. Núm. Pág. 7-83.

Baro Suarez José Emilio et al. (2012). *Metodología para la valoración económica de daños potenciales tangibles directos por inundación*. 1era Edición. Toluca, estado de México.

Boyle, S, (1998): “*Developing geographic information system for land use impact assessment in flooding conditions*”. Journal Water Resources planning and Management, vol. 124. Pp., 89-98.

Bremen y Lara. (2001): “*Proyecto de atlas de riesgo de inundación en la ciudad de Monterrey*”. Reporte ITESM. México, Monterrey. Pp6.

Cámara de diputados LXI Legislatura. (2011). *Ley General de Aguas Nacionales*. En línea disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/leyesBiblio/16.pdf>

Cámara de diputados LXI Legislatura. (2014). *Ley General de Cambio Climático*. En línea disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf

Cámara de diputados LXI Legislatura. (2001). *Ley de Desarrollo Rural Sustentable*. En línea disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235.pdf.

Cámara de diputados LXI Legislatura. (2011). *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)*. En línea disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/leyesBiblio/pdf>.

Cámara de diputados LXI Legislatura. (2014). *Ley General de Protección Civil*. En línea disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC_030614.pdf.

CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres (2009), “*Características e impactos socioeconómicos de los principales desastres en la República Mexicana en el año 2007*”. Serie: Impacto socioeconómico de los desastres en México SEGOB-CENAPRED.

CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres (2009), *Inundaciones*. 1ra. Edición. Agosto.

CENAPRED. Centro nacional de prevención de desastres. 2001. México.

CNA. Comisión Nacional del Agua. (2001): "*Fichas temáticas sobre el sector Hidráulico: Obras de protección contra inundaciones*". Prevención de emergencias. México.

C.N.E. Comisión nacional de prevención de riesgos y atención de emergencias, (2000). México.

CRED, Centro de investigaciones sobre Epidemiología de catástrofes, (2002) *Desastres Naturales: calculando los costos, contando las víctimas*. CRED Escuela de Salud Pública de la Universidad de Lovaina La Nueva, Bruselas, Bélgica. www.eird.org Fecha de consulta: 25/06/2003

CRED. Centro para la investigación de la epidemiología de los desastres Naturales, (2000): *Enfermedades causadas por el agua*. México.

CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. (2011). *Manual para el control de inundaciones*. México D.F. Pág. 91.

CONAPO. Consejo Nacional de Población. (2014). *Índice de Marginación Urbana* (2005). México. www.microrregiones.gob.mx. 26/03/2014.

CONASAMI. Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (2014). *Tabla de Salarios Mínimos Generales por Área Geográfica 2014*. <http://www.conasami.gob.mx>. Fecha de consulta: 01/06/2014.

Contreras, D. Wilfrido, et al (1989) *Situación Actual y Perspectiva de los Recursos forestales, suelo y agua de la Región de Valle de Toluca*. UEAM. Facultad de Planeación Urbana y Regional. Toluca, México.

Cruickshank, V.C. (1974). *Modelo para el tránsito de avenidas en causas con llanuras de inundación*. Plan Nacional Hidráulico. Gobierno de la Federación. México.

Díaz- Delgado, C. BÁ, KM.; Esteller, MV. Y García-Aragón, J.A. (1998) *Sistemas de información geográfica para el análisis Geografico-Hidrologico del Curso alto del rio Lerma*, SIGCARL. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible para Word Wide Web: <http://www.uaem.mx/ceninv/cira>. Fecha de consulta 2/02/2002.

Domínguez R., et al, (1999). *Inundaciones*, seria fascículos, no. 3 segunda edición, CENAPRED, México.

ECGL Engineering Computer Graphics Laboratory (1997) Watershed Modeling System 5.0 User's Manual. USA.

Eslava Morales Héctor et al. (2006): "Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, fenómenos Hidrometeorológicos". Atlas Nacional de Riesgos. México. Primera Edición.

Espinosa G. L. (2004). "Recomendaciones para control y alivio de inundaciones en la región denominada Cono sur en el estado de Yucatán". Ingeniería vol.8. Edición 2. Pág. 67-79.

Estrada, F. (1996) *Análisis económico del control de crecidas*. Apuntes del Curso de Planificación Hidráulica y Medio Ambiente, CEDEX, Ministerio de Obras Publicas y Medio Ambiente. Madrid.

Estrela, T. (1996) *Inundaciones: impactos y estrategias de respuesta*. Apuntes del Curso de Planificación Hidrológica y Medio Ambiente, CEDEX, Ministerio de Obras Publicas y Medio Ambiente. Madrid.

Flores A.E. (2003). "Delegación San Andrés Cuexcontitlán (Atlas de riesgo)". Editor Protección Civil. Toluca, México.

FONDEN. Fondo de Desastres Naturales. (2005). México.

Herrerías, R. (1988). *Modelos Probabilísticos alternativos para el método PERT. Aplicación al análisis de inversiones*. II Reunión Anual de ASEPELT-España, Universidad de Valladolid, Publicado en las Actas de estudios de economía Aplicada, pág. 89-112. Servicio de publicaciones de la Universidad de Valladolid, Valladolid, España.

Hirabayashi, Y., Kanae, S. (2007), First estimate of the future global population at risk of flooding, *Hydrological Research Letters* 3:6-9

INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. (2007). México.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. (2014). *Anuario Estadístico del Estado de México (2012-2013)*. México.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. (2014). Censo de Población y Vivienda 2010. *Sistema para la consulta de información censal (SCINCE Versión 05/2012)*.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. (2014). *Carta Topográfica, Edafológica y de Uso de suelo de Municipio de Toluca*. México. Formato digital. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas>. Fecha de consulta: 1/06/2014.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. (2010). México http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/ageb_urb2010.aspx?c=28111

INESLE. Instituto de Estudios Legislativos. (2012). *Guía Técnica Legislativa. Presupuesto de Egresos del Gobierno del Estado de México para el Ejercicio Fiscal 2012*. Año 1. Núm. 3. Marzo-Abril 2012.

IPODEX. Información Pública de Oficio Mexiquense (2014). *Valores unitarios de Suelo y construcciones*. Fracción II. Toluca, Estado de México. <http://www.toluca.gob.mx/ipomex>. Fecha de consulta: 20/08/2014.

James, L.D. and Lee, R.R. (1971). *"Economics of Water Resources Planning"*. McGraw-Hill. New York.

Jiménez. E.M. et al. (2004). *"Inundaciones Serie Fascículos"*. CENAPRED. 1º Edición. Impreso en México.

Kates, R.W. (1965) *"Industrial Flood Losses: Damage estimation in the Lehigh Valley"*. University of Chicago, Department of Geography Research Paper No. 98 the University of Chicago Press, Chicago.

Lavell, Allan (1991). *"Prevention and Mitigation of Disasters in Central America: Social and Political Vulnerability to Disasters at the Local Level"*. Ponencia presentada en la conferencia sobre Desastres, Vulnerabilidad y Respuesta, organizada por el Grupo de Investigación sobre Áreas en Vías de Desarrollo del Instituto de Geógrafos Británicos y la Real Sociedad Geográfica. Realizada el 3 y 4 de mayo en Londres, Inglaterra.

Lekuthai, A, and Vohgvisessomajai, S. (2001) Intangible flood damage quantification. *Water resources Management* 15:343-362.

Ley del Cambio Climático del Estado de México (2014). En línea disponible en: www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/ley/vig/leyvig202.pdf.

Ley del agua para el Estado de México (2014). En línea disponible en: www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/ley/vig/leyvig002.pdf.

Ley de asistencia Social del Estado de México (2014). En línea disponible en: www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/ley/vig/leyvig004.PDF.

Lopardo R.A y Seoane R. (2000) *Algunas reflexiones sobre crecidas e inundaciones*. Ingeniería del Agua. Vol. 7 núm. 1, 2000 pp. 11-22.

López C. B. et al. (2008). “*Análisis costo beneficio de las obras para el control de inundaciones de la ciudad de Morelia*”. XX Congreso Nacional de Hidráulica. Morelos, México. Octubre 2008.

López, S. (2002) *Las crecidas torrenciales como factor de riesgo: propuesta metodológica de evaluación para la ciudad de San Cristóbal, Venezuela. Memorias del I Seminario Taller Binacional sobre control y manejo de inundaciones*. San Cristóbal (Edo Tachira, Venezuela) 8 pp.

Llamas, J., et al. (2001). *Informações matemáticas aplicadas à gestão de Recursos Hídricos*. SRH/BA-SRH/MMA-UFBA, Salvador – Bahía Brasil. pág. 139-184.

Montaño Ma. Teresa (2013). “*Sin usar, fondo de 200 mdp para desastres*”. El Universal. Pág. C-6. En línea disponible en: <http://www.codhem.org.mx/sintesis/pdf>.

Nascimento, N., Machado, M., Batista, M. and. A. de Paula, E. Silva (2007). “*The assessmant of damage caused by floods in the Brazilian context*”. Urban Water Journal, 483, pp. 195-210.

Olsen, J.R., Belig, P.A., Lambert, J.H., Haimes, Y.C. (1998) *Input-output economic evaluation of system of levees*. Journal of Water Resources Planning and Management. Vol. 124, num. 5, pp. 237-245.

ONU Organización de las Naciones Unidas (1999) *input-output economic evaluaation of system of leves*. Journal of Water Resources Planning and Management. Vol. 124, núm. 5, pp. 237-245.

Openshaw, Stan. 1977. *Geografía teórica y cuantitativa: concepto y métodos*. Universidad de Oviedo.

Openshaw, Stan. 1984. *The Modifiable Areal Unit Problem*. Norwich: Geo Books.

OPS. Organización Panamericana de la Salud. (2006). *Hospitales seguros ante inundaciones*. Título II. Inundaciones (Desastres) - prevención y control. Washington, D.C. Pág. 6.

Paoli, C y Calvo, L.M. (1988). *Determinación de daños y las relaciones hidrológicas en inundaciones urbanas. Caso de la ciudad de Buenos Aires*. XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Oaxaca, México. Pág.535-544.

PDMT. Programa de Desarrollo Metropolitano de Toluca.

Plan Municipal de Toluca (2014). En línea disponible en: www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/bdo/bdo108.pdf.

Renyi, L y Nan, L. (2002) Flood area and damage estimation in Zhejiand, China. *Journal of Enviromental Management*. Vol. 66, pp1-8.

Salas S.Ma.A. (1999). *“Obras de protección contra inundaciones”*. 1° edición. México. CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

Sánchez Leonor et al. (2009). *“Se desbordo el rio Verdiguél y el canal San Isidro”* El sol de Toluca. Toluca, Estado de México, 10 de Septiembre.

Santillán, O.D. Torregrosa, M.L., Ramírez, A.I., Dehays, J., Aparicio, J. (1998) *Determinación de zonas de riesgo hidrológico, de acurdo con el impacto social y severidad de las inundaciones*. Memorias de XVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Oaxaca, México, pp. 425-433.

SEMARNAT. (2014) Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Inventario Forestal Nacional*. Anuario (1994). Capítulo IX. Formato digital: www.semarnat.gob.mx/temas/forestalsuelos/ANUARIO_1994.pdf. Fecha de Consulta: 03/03/2014.

SEMARNAT. (2014) Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Base de datos Estadísticos BADESNIARN* (2012). <http://www.semarnat.gob.mx>. Fecha de Consulta: 03/14/2014.

SRH. (1970). Secretaria de Recursos Hidráulicos. Subsecretaria de planeación. Boletín Hidrológico No. 50 Cuenca del rio Lerma hasta la presa Solís. *El lago de Pátzcuaro, del rio Grande de Morelia hasta el lago de Cuitzeo y de la laguna Yurira*. Gobierno de México. México.

UNDP. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2004). *Un Informe Mundial, La Reducción de Riesgos de Desastres, Un desafío Para el Desarrollo*. New York, NY. EE.UU.

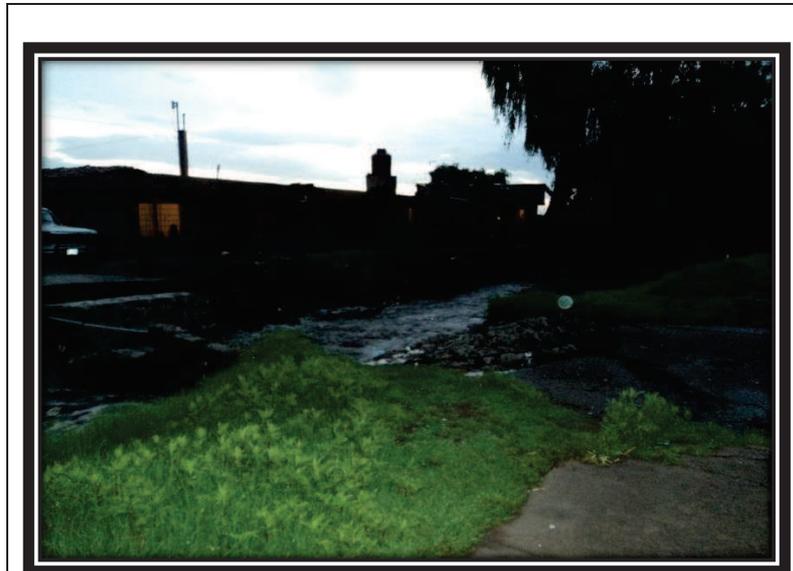
USACE US Army Corps of Engineers (1998) Hec Ras User´s manual. Version 2.1. Hidrologic Engineering Center. USA.

Zepeda Ramos Oscar et al. (2001). *“Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México”*. Atlas Nacional de Riesgo de la República Mexicana. México. Primera Edición. Pág. 104-159.

WMO-UNESCO. (1974). *“Glosario Hidrológico Internacional”*, WMO/OMM/BMO, No. 385, Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Suiza.

ANEXOS

ANEXO FOTOGRAFICO



Fotografía 4. Caída de un puente por desbordarse el rio Verdiguél. Inundación en zonas Habitacionales. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2010 (Foto de Gabriela Díaz).



Fotografía 5. Derrumbe por desbordarse el rio Verdiguél. Inundación en zonas Habitacionales. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2011 (Foto de Gabriela Díaz).



Fotografía 6. Inundación de la calle Benito Juárez por el río Verdiguel. Inundación en zonas Habitacionales. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2010 (Foto de Gabriela Díaz).



Fotografía 7. Inundación en Zonas Agrícolas. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2013 (Foto de Gabriela Díaz).



Fotografía 8. Inundación en Zonas Habitacional. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/09/2014 (Foto de Gabriela Díaz).



Fotografía 9. Inundación en Zonas Habitacionales. Sn Andrés Cuex., Municipio de Toluca 02/08/2014 (Foto de Gabriela Díaz).



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO

FACULTAD DE PLANEACION URBANA Y REGIONAL

ANEXO 2



Toluca, México Julio de 2013

FORMATO DE ENTREVISTA

Datos del Entrevistado

Nombre: _____

Dirección: _____

Ocupación: _____ Edad: _____ Sexo: _____

1.- ¿Ha presenciado el fenómeno de inundación en su localidad?

Si () No ()

2.- ¿Ha presenciado el fenómeno de inundación en su vivienda?

Si () No ()

3.- ¿Cuántas veces al año se inunda su vivienda?

4.- ¿Qué bienes han sido afectados por las inundaciones?

5.- ¿Cuál fue la altura de lámina de agua alcanzada por la inundación?

De .50m – 1.00m () de 1.00m – 1.50m () de 1.50m – 2.00m ()

6.- ¿Cuál fue el uso de suelo más afectado?

Habitacional () Agrícola ()

7.- Su Cultivo es bajo:

Riego () Temporal ()

8.- ¿Sabe qué hacer en caso de inundaciones?

Si () No ()

Fuente: Elaboración propia con base a el Formato de entrevista de Anzures (2009).