



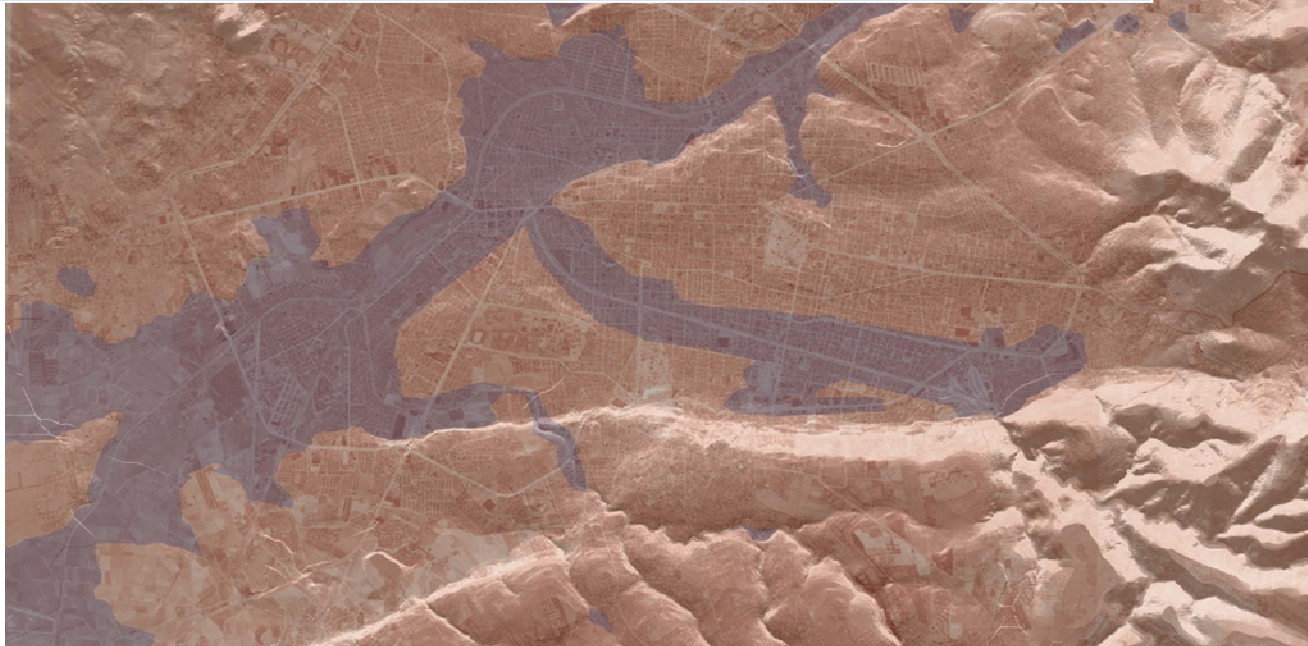
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

CIGA
CENTRO DE INVESTIGACIONES
EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

2009

VULNERABILIDAD DE LA CIUDAD DE MORELIA A INUNDACIONES



Néstor Corona Morales

Tutor: Luis Miguel Morales Manilla



CONACYT



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

El CIGA, por brindarme la oportunidad de cursar el posgrado en su programa de Manejo Integrado del Paisaje.

Al CONACYT, por haber brindado el apoyo de beca mediante la asignación de número de becario 240368/216323.

Al M. en C. Luis Miguel Morales Manilla por varias razones: Haber accedido a ser mi tutor, por los atinados consejos y la gran cantidad de reflexiones resultantes de las discusiones de la estructura y contenido de esta investigación, por haber compartido sus conocimientos más allá de lo requerido para este proyecto, por el apoyo de beca recibido en el primer semestre de la maestría, por el apoyo para la impresión del documento y finalmente por la confianza que deposito en mí en todo momento de este proceso de formación.

A mi esposa, Perla, por apoyarme incondicionalmente en todo momento, en todos los aspectos de mi vida. Sin duda alguna, la totalidad de palabras: amor, comprensión, solidaridad, integridad y amistad cobran significado a su lado.

A mi familia, por haberme inculcado los valores y la visión de la vida, en donde el esfuerzo, la dedicación y la confianza, son los ingredientes esenciales para lograr cualquier cosa que uno se preponga.

Al Ing. Sergio Ríos (Director de Planeación y evaluación de riesgos de Protección Civil Municipal de Morelia), por su gran disponibilidad para recorrer cada recoveco de la ciudad en busca de evidencias de inundaciones, por haberme facilitado las bases de datos de los incidentes ocurridos y por su gran conocimiento del tema. Además de las hamburguesas que me invitaba.

A los Sinodales: Roció Castillo, Jesús Rodríguez, Antonio Navarrete y Antonio Vieyra por los atinados comentarios, siempre con un enfoque constructivista para mejorar la calidad de esta investigación.

Al OOAPAS, particularmente al departamento de informática, por compilar y proporcionar la información de las estaciones meteorológicas de la ciudad de Morelia.

A Efrén por proporcionar una versión detallada de la cartografía de la ciudad de Morelia.

A J. Antonio Navarrete, por proporcionar una base cartográfica y ortofoto de la ciudad de Morelia.

A GTT Imagining, especialmente a Sedna Moter y Daniel Ramírez por patrocinar la imagen Quickbird a resolución de 1 metro con fecha de abril del 2006.

A Manuel Mendoza, por compartir su información de las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca de Cuitzeo y sus comentarios.

A Roció Aguirre, además de ser una excelente amiga, su vinculación con SUMA fue de gran utilidad en varios momentos de esta investigación, ya que facilito muchísimo la gestión y obtención de información.

Al Perivanian (Giovanni) por acceder a hacer los recorridos en campo en su vehículo, gracias a que tuvo novias en toda la ciudad, conocía a la perfección las zonas afectadas por inundaciones.

A Arthur, si no fuera tan perfeccionista, no me hubiera transmitido esa sensación de revisar y revisar la forma del documento y la cartografía. Ahora es una manía que me angustia pero el tiempo dará la medida perfecta.

Y a todos aquellos que de alguna forma colaboraron para que éste proyecto llegara a los términos deseados.

RESUMEN

En esta investigación se integraron los resultados de los estudios efectuados hasta la fecha en materia de inundaciones en la ciudad de Morelia. Dicha información fue analizada por separado y posteriormente integrada para definir un escenario completo de las dimensiones del fenómeno de las inundaciones y con ello definir un el área de influencia de la amenaza. Una vez establecidos lo perímetros de afectación se procedió a implementar el modelo SAVE (Spatial Analysis of the Vulnerability Environment), como guía metodológica para efectuar el análisis de las de tres condiciones que articulan la vulnerabilidad según el modelo conceptual de Turner et al (2003): Exposición, Sensibilidad y Resiliencia. En el proceso de implementación del modelo se fueron diseñando indicadores que describieran cada una de las condiciones antes mencionadas. El resultado es un modelo articulado que permite conocer el nivel de vulnerabilidad integral a inundaciones de los diversos sujetos de vulnerabilidad de la ciudad de Morelia, privilegiando a la población.

Palabras Clave: Vulnerabilidad, Modelo de Evaluación de la Vulnerabilidad, Inundaciones, Sistemas de Información Geográfica, Morelia. Mapeo de Índices de Vulnerabilidad, Sujetos de Vulnerabilidad, Sistema Urbano.

ABSTRACT

In the last 30 years, on the city of Morelia, have been several floods that impacted about 44 colonies and this population. In this research we have collected results of several studies on the issue of floods in the city of Morelia. That information has been analyzed and merged to generate a scenario of hazard for this phenomenon in the city. Once established the affectation perimeter, the SAVE (Spatial Approach for Vulnerability Evaluation), approach as applied, as an alternative for quantify and define levels of vulnerability of several subjects using the conceptual model of Turner et al (2003), who identify three conditions that to study in a vulnerability assessment: Exposure, Sensibility and Resilience. In the implementation of the model several indicators were designed that explain each one of these conditions. The outcome is an articulated model that allows integrally understanding the vulnerability levels of each vulnerability subject in the urban system, where the main the population.

Keywords: Vulnerability, Model for Evaluation of the Vulnerability, Floods, GIS, Morelia, Mapping Vulnerability Indexes, Subjects of Vulnerability, Urban System.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Hipótesis

Definiendo espacios susceptibles a inundaciones y caracterizando los elementos influenciados este fenómeno, entonces será posible evaluar sus condiciones de vulnerabilidad a inundaciones.

Objetivo general

Evaluar las condiciones de vulnerabilidad a inundaciones de la zona urbana de Morelia.

Objetivos específicos

- Definir la condición de susceptibilidad a inundaciones de la zona urbana de Morelia.
- Identificar los sujetos de vulnerabilidad en las áreas susceptibles a inundarse
- Evaluar las condiciones de exposición, sensibilidad y resiliencia a inundaciones en la zona urbana de Morelia
- Evaluar las condiciones de vulnerabilidad a inundaciones de la ciudad de Morelia.

Justificación

La recurrencia de eventos peligrosos asociados con fenómenos hídricos en la ciudad de Morelia obliga a realizar estudios que generen argumentos orientados a salvaguardar la integridad de todos los elementos urbanos. Esta es la principal razón para efectuar esta investigación.

Este documento sirve como estudio complementario a los esfuerzos por parte de investigadores y entidades municipales para entender la condición de riesgo por inundaciones a las que están expuestos varios sectores de la ciudad. Específicamente contribuye identificando las características de: la población, la infraestructura, las actividades económicas y los recursos naturales. Por lo tanto, representa una

herramienta para que los tomadores de decisiones evalúen las condiciones de vulnerabilidad e intervengan mediante políticas y acciones orientadas a reducir la condición de peligro y potenciales contingencias en cerca de 35,000 viviendas en las cuales residen poco más de 130,000 habitantes.

El desarrollo de esta investigación se orienta al diseño de un esquema de análisis de vulnerabilidad relativamente sencillo y replicable en otros contextos urbanos con similares condiciones de disponibilidad de información.

ÍNDICE TEMÁTICO

INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEORICO-CONCEPTUAL.	2
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES DE LAS INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MORELIA.	8
2.1 ARTÍCULOS CIENTÍFICOS.	9
2.2 DOCUMENTOS OFICIALES.	15
2.3 OFICINAS DE GOBIERNO MUNICIPAL.	19
2.4 CONCLUSIONES.	21
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA.	23
3.1 DEFINICIÓN DE ÁREAS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES.	23
3.1.1 DOCUMENTACIÓN.	23
3.1.2 INTEGRACIÓN.	23
3.1.2.1 SISTEMATIZACIÓN.	24
3.1.2.2 INTEGRACIÓN ESPACIAL.	24
3.1.3 VALIDACIÓN.	24
3.1.3.1 CARTOGRAFÍA AUXILIAR.	25
3.1.3.2 VERIFICACIÓN EN CAMPO DURANTE Y DESPUÉS DE LAS LLUVIAS.	25
3.1.3.3 SONDEO A LA POBLACIÓN EN DÍAS SIN LLUVIA.	30
3.1.4 DEFINICIÓN DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD.	30
3.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A INUNDACIONES.	30
3.2.1 DEFINICIÓN FORMAL DE LOS SUJETOS DE VULNERABILIDAD.	33
3.2.2 DEFINICIÓN ESPACIAL DE LOS SUJETOS DE VULNERABILIDAD DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO.	36
3.2.3 DEFINICIÓN LOS REQUERIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD DE CADA SUJETO.	38
3.2.4 METODOLOGIAS PARA EVALUAR LOS COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD PARA CADA SUJETO.	41
3.2.4.1 EXPOSICION.	41
3.2.4.1.1 Exposición espacial.	41
3.2.4.1.2 Exposición temporal.	42
3.2.4.2 SENSIBILIDAD.	47
3.2.4.2.1 Población.	47
3.2.4.2.2 Infraestructura.	49
3.2.4.2.3 Actividades económicas.	56
3.2.4.2.4 Recursos naturales.	56
3.2.4.3 RESILIENCIA.	56

3.2.4.3.1 Población.	56
3.2.4.3.2 Infraestructura.	60
3.2.4.3.3 Actividades económicas.	60
3.2.4.3.4 Recursos naturales.	61
3.2.4.4 VULNERABILIDAD TOTAL.	61
3.2.4.4.1 Población.	61
3.2.4.4.2 Infraestructura.	64
3.2.4.4.3 Actividades económicas.	65
3.2.4.4.4 Recursos naturales.	65
CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	66
4.1 ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES.	66
4.1.1 INTEGRACIÓN DE ÁREAS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES.	66
4.1.2 INTEGRACIÓN DE COLONIAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES.	67
4.1.3 INTEGRACIÓN DE SUPERFICIES SUCEPTIBLES A INUNDACIONES CON EL ÍNDICE DE COLONIAS AFECTADAS.	70
4.1.4 VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN.	72
4.1.4.1 SONDEO EN CAMPO PARA CORROBORAR INFORMACIÓN.	72
4.1.5 DEFINICIÓN DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES.	75
4.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A INUNDACIONES.	81
4.2.1 VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN DE EXPOSICIÓN.	82
4.2.1.1 POBLACIÓN.	82
4.2.1.1.1 Exposición espacial.	83
4.2.1.1.2 Exposición temporal.	84
4.2.1.1.3 Exposición total de la población.	85
4.2.1.2 INFRAESTRUCTURA.	88
4.2.1.2.1 Vivienda.	88
4.2.1.2.2 Equipamiento urbano.	90
4.2.1.2.3 Vialidades.	92
4.2.1.3 RECURSOS NATURALES.	93
4.2.1.4 ACTIVIDADES ECONÓMICAS.	94
4.2.2 VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN DE SENSIBILIDAD.	96
4.2.2.1 POBLACIÓN EN ZONAS HABITACIONALES.	96
4.2.2.2 POBLACIÓN EN ZONAS ESCOLARES.	100
4.2.2.3 INFRAESTRUCTURA.	102
4.2.2.3.1 Vivienda.	102
4.2.2.3.2 Vialidades.	106
4.2.2.3.3 Equipamiento.	110
4.2.2.4 ACTIVIDADES ECONÓMICAS.	110
4.2.2.5 RECURSOS NATURALES.	110
4.2.3 VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN DE RESILIENCIA.	110

4.2.3.1 POBLACIÓN EN ZONAS HABITACIONALES.	110
4.2.4 VULNERABILIDAD TOTAL.	113
4.2.4.1 POBLACIÓN EN ZONAS HABITACIONALES.	113
4.2.4.1 POBLACIÓN ZONAS ESCOLARES.	116
4.2.4.2 INFRAESTRUCTURA.	118
4.2.4.2.1 Vivienda.	118
4.2.4.2.2 Vialidades.	118
4.2.4.2.3 Equipamiento urbano.	122
4.2.4.3 ACTIVIDADES ECONÓMICAS.	122
4.2.4.4 RECURSOS NATURALES.	122
CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	124
5.1 CONCLUSIONES.	124
5.2 RECOMENDACIONES.	127
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN.	129
ANEXOS.	

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Esquema conceptual de vulnerabilidad de Turner <i>et al.</i> 2003.	4
Figura 2. Carta de áreas inundables de la ciudad de Morelia.	12
Figura 3. Gráfico de Inundaciones históricas en Morelia (1955-2007).	13
Figura 4. Modelo de distribución de la lamina de agua a cada 25 cm.	16
Figura 5. Modelo hipsométrico y fallas geológicas de la ciudad de Morelia.	16
Figura 6. Plano D-3 VULNERABILIDAD Y RIESGOS. PDUCPM 2004.	18
Figura 7. Colonias con problemas de inundación.	19
Figura 8. Colonias según grado de afectación por inundaciones.	21
Figura 9. Esquema metodológico utilizado para definir las áreas susceptibles a inundaciones.	23
Figura 10. Red Hidrográfica e hidráulica, con límite de micro-cuencas.	27
Figura 11. Mapa de localización de las estaciones meteorológicas automatizadas e interpolación de la precipitación total en el periodo del 01 de junio al 04 de agosto del 2009.	29
Figura 12. Esquema SAVE de análisis de vulnerabilidad.	31
Figura 13. Esquema de la estructura de los sujetos de vulnerabilidad.	33
Figura 14. Esquema metodológico para asignación de datos a polígonos de uso habitacional.	37
Figura 15. Esquema de criterios para definir los niveles de exposición de los sujetos de vulnerabilidad.	39

Figura 16. Esquema de criterios para definir los niveles de sensibilidad de los sujetos de vulnerabilidad.	40
Figura 17. Esquema de criterios para definir los niveles de sensibilidad de los sujetos de vulnerabilidad.	41
Figura 18. Esquema del procedimiento para definir los niveles de exposición espacial de los sujetos de vulnerabilidad.	42
Figura 19. Gráfico de dispersión de los valores de población total respecto a la población que trabaja en el año 2000.	57
Figura 20. Diagrama de combinación de las variables de vulnerabilidad de la población en la vivienda.	62
Figura 21. Diagrama de combinación de las variables de vulnerabilidad de la población en zonas escolares.	63
Figura 22. Diagrama de combinación de las variables de vulnerabilidad de la vivienda.	64
Figura 23. Diagrama de combinación de las variables de vulnerabilidad total de las vialidades.	65
Figura 24. Plano de la integración espacial de áreas con alguna categoría de peligro de inundación.	67
Figura 25. Plano de la integración espacial de colonias con alguna categoría de peligro e índice de colonias con problemas de inundación.	70
Figura 26. Plano de integración espacial de áreas con alguna categoría de peligro e índice de colonias con problemas de inundación.	71
Figura 27. Algunos puntos inspeccionados.	74
Figura 28. Mapa de susceptibilidad a inundaciones.	81
Figura 29. Mapa de sujetos de vulnerabilidad.	82
Figura 30. Gráfico de la distribución de la población según el nivel de exposición espacial.	84
Figura 31. Gráfico de la distribución de la población según su nivel de exposición total.	86
Figura 32. Mapa de exposición total de la población en zonas habitacionales.	87
Figura 33. Mapa de exposición total de la población en zonas escolares.	88
Figura 34. Mapa de exposición total de la vivienda.	89
Figura 35. Gráfico de la distribución de la vivienda por nivel de exposición.	89
Figura 36. Mapa de exposición total del equipamiento.	90
Figura 37. Mapa de exposición total de las vialidades.	92
Figura 38. Gráfico de la longitud de las vialidades según grado de afectación.	93
Figura 39. Mapa de exposición total de los recursos naturales.	94
Figura 40. Mapa de exposición total de las actividades económicas.	96
Figura 41. Gráfico de la distribución de la población según su nivel de sensibilidad por condición de género.	97

Figura 42. Gráfico de la distribución de la población según su nivel de sensibilidad por condición de edad.	97
Figura 43. Gráfico de la distribución de la población según su nivel de sensibilidad por condición de densidad.	98
Figura 44. Gráfico de la distribución de la los grados de sensibilidad total en zonas habitacionales, agrupados por población y a nivel de manzana.	99
Figura 45. Mapa de exposición total de la población en las viviendas.	99
Figura 46. Mapa de sensibilidad total de la vivienda en zonas escolares.	102
Figura 47. Gráfico de la distribución de la vivienda por sensibilidad según clase de vivienda.	103
Figura 48. Gráfico de la cantidad de viviendas por rangos de edades de antigüedad de la vivienda.	103
Figura 49. Gráfico de la distribución de la vivienda por sensibilidad según viviendas con 1 cuarto	104
Figura 50. Gráfico de la distribución de la sensibilidad de la vivienda según cantidad de viviendas por manzana.	105
Figura 51. Gráfico de la distribución de la vivienda según su nivel se sensibilidad total.	105
Figura 52. Mapa de sensibilidad total de la vivienda.	106
Figura 53. Grafico de la distribución de la longitud de las valides según nivel se sensibilidad total.	109
Figura 54. Mapa de sensibilidad total a inundaciones del sistema vial.	109
Figura 55. Gráfico de la distribución de la población según nivel de resiliencia por condición económica.	111
Figura 56. Gráfico de la distribución de la población según nivel resiliencia por condición acceso a servicios de salud.	111
Figura 57. Gráfico de la distribución de la población según nivel de resiliencia total.	112
Figura 58. Mapa de resiliencia total de la población.	113
Figura 59. Gráfico de la distribución de la población en zonas habitacionales según su grado de vulnerabilidad a inundaciones.	114
Figura 60. Gráfico de la distribución de las viviendas según el nivel de Vulnerabilidad Total.	118

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Listado de colonias inundadas agrupadas por grado de afectación.	20
Cuadro 2. Claves, clases y pesos de las tipologías de vivienda.	51

Cuadro 3. Listado de colonias con algún registro de inundaciones.	67
Cuadro 4. Relación de fechas en que se fue a campo en función de los datos de intensidad de la lluvia (mm/h) por estación meteorológica.	73
Cuadro 5. Categorías de peligro establecidas en los documentos revisados.	76
Cuadro 6. Datos de Protección Civil y Bomberos (PC).	76
Cuadro 7. Datos del Plan de Desarrollo de Centro de Población de Morelia (PDCPM).	77
Cuadro 8. Datos del Atlas de Riesgos Naturales.	78
Cuadro 9. Datos Condiciones Topográficas (CT).	79
Cuadro 10. Datos Modelo de inundaciones cada 25 cm.	79
Cuadro 11. Distribución de la Superficie de los sujetos de vulnerabilidad .	81
Cuadro 12. Niveles de exposición espacial de planteles educativos.	84
Cuadro 13. Niveles de exposición temporal población en escuelas.	85
Cuadro 14. Exposición total población en escuelas.	87
Cuadro 15. Tipos de equipamiento por grado de exposición a las inundaciones.	91
Cuadro 16. Superficie y cantidad de lotes según su grado de exposición.	93
Cuadro 17. Superficie y cantidad de áreas verdes según su grado de exposición.	94
Cuadro 18. Superficie y cantidad de industrias según su grado de exposición.	95
Cuadro 19. Superficie y cantidad de áreas agrícolas según su grado de exposición.	95
Cuadro 20. Distribución de los planteles por grado de sensibilidad.	100
Cuadro 21. Distribución de la población en planteles educativos según nivel de sensibilidad por condición de hacinamiento.	101
Cuadro 22. Distribución de la población en planteles educativos según nivel de sensibilidad total.	101
Cuadro 23. Clasificación y distribución de las vialidades por grado de sensibilidad por condición de jerarquía.	107
Cuadro 24. Flujos vehiculares en hora pico de las principales arterias de la ciudad.	108
Cuadro 25. Sensibilidad de las principales vialidades según su flujo vehicular.	108
Cuadro 26. Vulnerabilidad total de la población en planteles educativos.	116

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se definen las condiciones de vulnerabilidad frente a inundaciones de la zona urbana de Morelia, tomando como base los resultados de trabajos enfocados a la descripción del fenómeno físico de las inundaciones como; el atlas de peligros, los planes y programas de desarrollo urbano, investigaciones científicas y reportes de personal de protección civil y bomberos. Mediante la integración de la información y los datos emitidos en dichos estudios, se definió un escenario general de las zonas potencialmente susceptibles a inundarse.

En dichos espacios se evaluaron las condiciones de vulnerabilidad mediante la aplicación de un modelo de análisis espacial de vulnerabilidad, que la considera como el producto de tres características de los elementos: Exposición, sensibilidad y resiliencia.

La estructura de la investigación está dividida en 5 capítulos. En el capítulo 1 se presenta el marco teórico de referencia, en donde se exponen los conceptos aplicados en esta investigación y aquellos trabajos que alimentaron conceptualmente los lineamientos de este trabajo; en el capítulo 2, se presenta una descripción de las investigaciones realizadas en materia del peligro de las inundaciones en la ciudad de Morelia, el capítulo 3 presenta los detalles metodológicos para definir las áreas susceptibles a inundarse y la evaluación de vulnerabilidad; el capítulo 4, expone los resultados y la discusión de la aplicación del modelo; y por último en el capítulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO 1. MARCO TEORICO-CONCEPTUAL

Una definición que se alinea con una de las primeras acepciones de vulnerabilidad es la que la definen como “el grado al cual un sistema, subsistema, o componente del sistema está propenso a experimentar daño debido a su exposición a una amenaza, perturbación o estrés” (White, 1974). En esta misma línea de pensamiento se interpreta a la vulnerabilidad como el potencial de daños o pérdidas, que tiende a considerar al ser humano como uno de muchos elementos en riesgo en varios grados, dadas las amenazas con respecto a las características y una variedad de elementos con diferentes grados potenciales de daños o pérdidas (*i.e.* vulnerabilidad estructural de los edificios, puentes, sistemas de salud, etc).

Otro grupo de especialistas se enfocan en la dimensión social del concepto poniendo énfasis en las causas que originan esta vulnerabilidad social. Estas nociones provienen de la observación empírica de diferentes grupos humanos que han sufrido diferentes grados de daño; muertes, pérdidas y los procesos, diferentes grados de éxito o fallas en los procesos de restauración (Hewitt, 1996; Blaikie *et al.*, 1994; Lavell, 1994).

Los dos principales modelos que sustentan estas ideas son; Riesgo-Peligro y Presión-Liberación (Turner *et al.*, 2003). El enfoque de Riesgo y Amenazas entiende el impacto de las amenazas como una función entre el evento amenazador y una dosis de respuesta (Sensibilidad) de la entidad afectada (Burton *et al.*, 1978; Kates, 1985). Estos conceptos surgen de investigaciones orientadas al estudio de riesgos, amenazas, cambio climático y resiliencia. Las principales inconsistencias que presenta este modelo son: en varios estudios prácticos no se identificaban las rutas en las que el sistema en cuestión atenuaba o intensificaba los impactos de la amenaza (Kasperson *et al.*, 1998; Martine *et al.*, 2002; Mitchell, 1989; Palm, 1990). Las distinciones entre los subsistemas y sus componentes, reaccionan de forma diferenciada a los estímulos del peligro (Cutter, 1996) y el papel de la economía política, especialmente las estructuras sociales e instituciones, en formar la exposición y consecuencias diferenciadas (Hewitt, 1983; Blaikie *et al.*, 1994; Hewitt, 1996).

Por su lado Bleikie (1994) con el “Modelo de Presión-liberación”, identifica que los efectos de un desastre son el resultado de la interacción de dos componentes: Las amenazas naturales y la progresión de fuerzas dirigidas a formar el grado de vulnerabilidad de las personas a esa amenaza. El modelo diferencia tres tipos de fuerzas: 1) La vulnerabilidad se deriva de fuerzas socio-económicas o “problemas de raíz” (pobreza, guerra, gobierno); 2) La vulnerabilidad está sujeta a “Presiones dinámicas” que operan dentro de los “problemas de Raíz (Cambios demográficos, política, corrupción, grupos minoritarios), y 3) “Las amenazas locales”, que son por ejemplo las características de los edificios con débiles estructuras para soportar la amenaza o la carencia de lugares públicos preparados para la ocasión, la debilidad de este planteamiento es que no aborda al sistema como un complejo humano-ambiental, ya que excluye la vulnerabilidad de los subsistemas biofísicos, proporcionando pequeños detalles de la secuencia causal del peligro incluyendo escalas jerarquizadas de las interacciones y también tiende a subestimar la regeneración de los sistemas más allá de lo planteado por los modelos de Riesgo-Peligro (Turner *et al.*, 2003).

Una visión más amplia de la vulnerabilidad, surge bajo el análisis de los modelos antes planteados, la propuesta de Turner *et al.* (2003) de considerar la sinergia existente en el sistema humano-ambiental y su potencial a ser afectado a diversas escalas espacio-temporales (Figura 1). Del modelo teórico se tomaron las siguientes consideraciones:

- La interacción de múltiples perturbaciones y sus secuencias.
- La exposición va mas allá de la presencia de la perturbación (amenaza) se debe considerar la manera en que el sistema en su conjunto (humano-ambiental) experimenta el peligro.
- Las capacidades del sistema para hacer frente o responder (sensibilidad) a las perturbaciones.
- La capacidad de reestructuración del sistema después de la perturbación en base a las respuestas manifestadas (resiliencia)

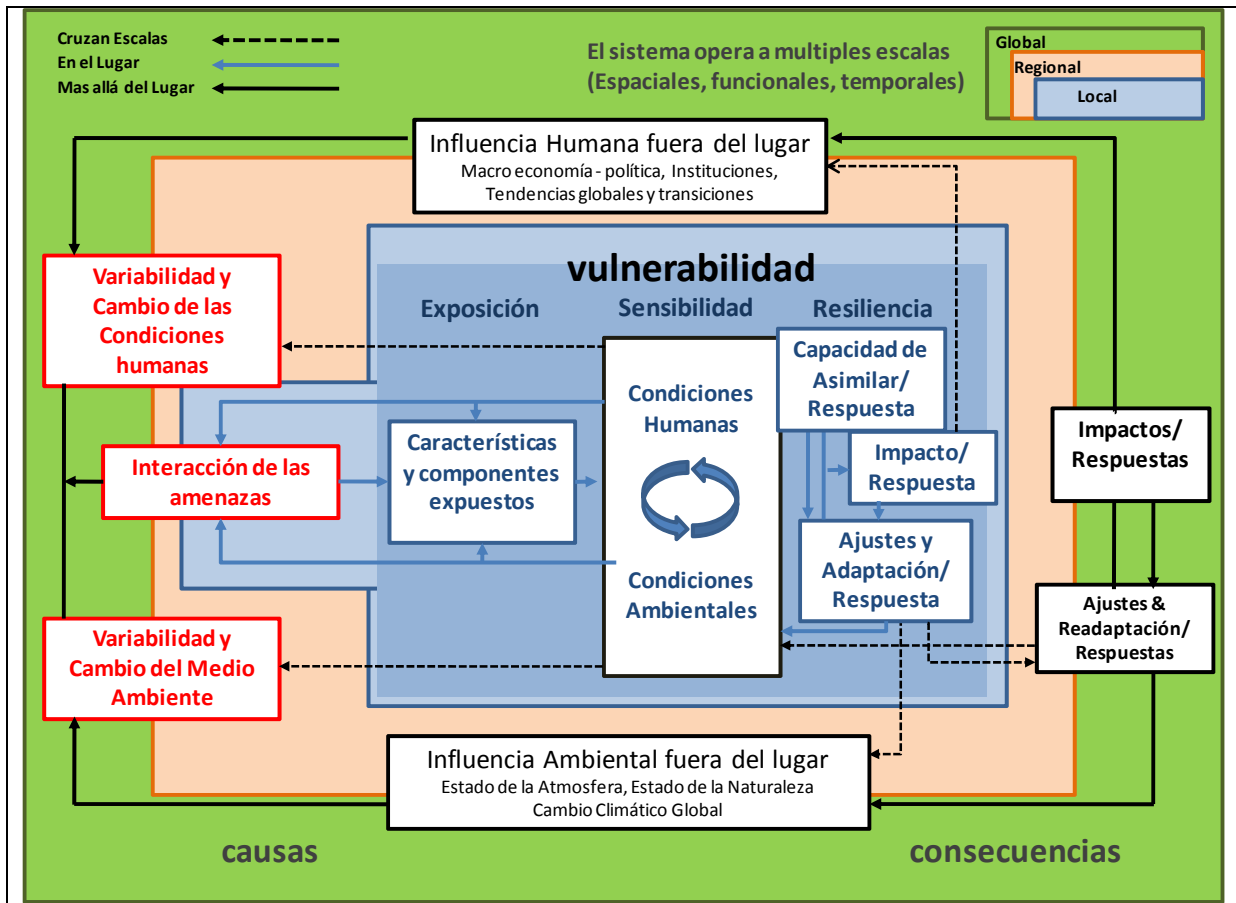


Figura 1. Esquema conceptual de vulnerabilidad tomado de Turner *et al.* 2003.

La utilidad derivada de estas consideraciones sirve de apoyo a los tomadores de decisiones cuando:

- Se complemente la visión de los efectos de las perturbaciones visualizando los escenarios que se quieren evitar.
- Se generen múltiples perfiles de vulnerabilidad, diferenciando los niveles de cada uno de los componentes del sistema humano-ambiental.
- Reconociendo la funcionalidad de los elementos en los procesos de construcción de propiedades vulnerables.
- Se considere el papel de las instituciones y su influencia en la sensibilidad y resiliencia del sistema humano-ambiental.
- Se identifiquen las causas estructurales que determinan la vulnerabilidad, comprobadas mediante esquemas de causa y efecto.
- Se desarrollen modelos y sistemas de medición apropiados.

Una de las alternativas para desarrollar dichos sistemas de medición es el modelo operacional de evaluación de la vulnerabilidad denominado SAVE (*Spatial Analysis of the Vulnerability Environmen*, Morales, 2007). Este modelo tiene 4 ejes de evaluación en función de los sujetos susceptibles al peligro de las inundaciones: Población, actividades económicas, infraestructura y recursos naturales.

Las definiciones de vulnerabilidad varían según la disciplina que emplee, y aun dentro de estudios específicos dentro del cuerpo teórico de los estudios de riesgos, uno de los factores que de manera adicional complica la definición del concepto es la condición de escala. A pesar de esto la constante entre estas definiciones es la noción de “Potencial disturbio o daño” (Wisner, 2001).

Otra línea define vulnerabilidad de acuerdo a experiencias documentadas de desastres. Estas tendencias se enfocan más en definir la vulnerabilidad de grupos sociales, y sobre todo, enfatizan en las causas que generan los patrones de vulnerabilidad. (Hewitt, 1996; Blaikie et al., 1994; Lavell, 1994; Aysan, 1993). El enfoque por sí mismo es de índole sociológico y afirma que la vulnerabilidad está dada en función de varios atributos de la sociedad (Económicos, estructurales, culturales, físicos, etc).

Aysan (1993), tipifica la vulnerabilidad en 8 tipos: Económica, social, ecológica, educacional, psicológica, política, cultural y física. Para definir cada uno de los tipos de vulnerabilidad en este marco de ideas, es preciso comprender los procesos que dan sentido a cada una de las situaciones que evidencian la condición “vulnerable” de la población y de sus bienes en el último caso.

Por su parte Lavell (1994) distingue 4 tipos de vulnerabilidad que en su totalidad están estrechamente relacionados y que son definidos por: El estado inicial, la resiliencia del sustento, la autoprotección, la protección social y el capital social.

Un tercer enfoque en el denominado “Situacional”, que más allá de enfocarse en los tipos de grupos sociales vulnerables, busca entender la naturaleza de la vida diaria de las personas, su situación actual. Reconoce que la vulnerabilidad social no es una

propiedad de un individuo o grupo de personas, esta es una condición que cambia en función del tipo de amenaza.

El enfoque de análisis "Situacional", identifica la complejidad del ser humano y también de los grupos sociales, distinguiendo la heterogeneidad de las masas, de las cosas y de los sistemas para definir la condición de "vulnerable". Cabe destacar que este enfoque surge como el resultado de numerosas experiencias empíricas.

Un cuarto enfoque, fomenta la aceptación de la condición de vulnerabilidad de grupos sociales o individuos, de forma que ellos mismos examinen el potencial de daños y pérdidas a los que están expuestos. De esta forma ellos deciden que riesgos pueden tolerar y cuáles no. Este enfoque es una herramienta que fortalece los estudios de vulnerabilidad ya que los testigos y protagonistas de las contingencias son los que definen su propia condición. Generalmente los estudios de vulnerabilidad y sus prácticas no han dado suficiente atención a las capacidades locales, esencialmente al capital social. Generalmente características como género, edad, condición de salud, condiciones étnicas, raciales, casta o religión, y condiciones socioeconómicas son el foco de atención de las herramientas prácticas destinadas a evaluar la vulnerabilidad (Wisner, 2001).

Los conceptos antes mencionados y los esquemas conceptuales de medición fueron revisados y consensuados por la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ISDR) en 2009, como una acción encaminada a establecer un marco terminológico estandarizado orientado a unificar el lenguaje técnico en investigaciones orientadas a los estudios de riesgo. En seguida se mencionan los conceptos propuestos por el ISDR, mismo que serán empleados en esta investigación:

Vulnerabilidad. Las características y circunstancias de una comunidad, sistema o sujeto de valor que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.

Exposición. Propiedad que presentan personas, propiedades, sistemas u otros elementos con respecto a sus condiciones de localización en zonas con algún nivel de peligro y que representan potenciales pérdidas o daños.

Sensibilidad. Grado de resistencia a los efectos de los peligros.

Resiliencia. Las capacidades del sistema de hacer frente o responder a las perturbaciones. La habilidad de un sistema, comunidad o sociedad, expuesto al peligros, de absorber, hacer frente y recuperarse de los efectos de una amenaza en un tiempo y manera eficientes, incluyendo las capacidades de preservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas (p. ej. acceso a bienes y servicios).

Susceptibilidad. Se define como la “propensión o tendencia de una zona a ser afectada físicamente por un peligro, determinada a través de un análisis comparativo de factores condicionantes y/o desencadenantes, cualitativos o cuantitativos, con las áreas que han sido afectadas en el pasado (Ayala-Carcedo, 2002). Este concepto excluye la noción de probabilidad tanto espacial o temporal, ya que solo hace alusión a aquellas superficies que con base a evidencias documentadas pueden volver a ser afectadas.

Sujeto de Vulnerabilidad. Se definen como aquellas entidades del medio socio-ambiental que pueden ser afectadas por una perturbación externa (Morales, 2007).

Como resultado de la revisión de posturas conceptuales de vulnerabilidad y dados los alcances de esta investigación, se optó por emplear el enfoque “situacional” ya que se alinea con las posibilidades del modelo de análisis espacial SAVE. Herramienta que permitirá establecer una diferenciación en cuanto a los niveles de vulnerabilidad en la zona propensa a inundaciones en la ciudad de Morelia.

CAPITULO 2. ANTECEDENTES DE LAS INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MORELIA

El cambio climático y los problemas de inundaciones derivados de esta, se están incrementando de forma paralela al crecimiento poblacional y económico en las ciudades, lo que ocasiona un incremento en las condiciones de vulnerabilidad y los costos de un desastre (Fokkens, 2005).

Entre 1991 al 2005 el 25% de los desastres ocurridos en el mundo se atribuyeron a las inundaciones. De ahí la importancia de estudiar este tipo de evento ya que la recurrencia de estos es muy elevada. En Norteamérica es el segundo tipo de peligro más recurrente. Lo que permite afirmar que las inundaciones se presentan como uno de los tipos de desastre que afecta con mayor frecuencia a nuestras sociedades. La mayoría de las veces están asociados a fenómenos mayores de carácter regional o incluso global y sus impactos en los asentamientos humanos han sido muy elevados. (ISDR/UN, 2007)

En zonas urbanas, la ocupación de las franjas de terreno inmediatas a los cauces de los ríos, la acumulación de desechos sólidos, la construcción de muros junto a cauces de ríos, la existencia de alcantarillas y puentes con dimensiones menores a la de sus avenidas máximas, la deforestación histórica, la urbanización de las cuencas por el crecimiento de las ciudades imperante en nuestros tiempos, junto con otros factores, han contribuido de forma decidida en aumentar la vulnerabilidad de nuestra sociedad a este tipo de fenómeno.

En el caso de la ciudad de Morelia, la expansión urbana ha hecho que áreas con condiciones caracterizadas como de alto grado de peligrosidad hidrológica e hidráulica fueran objeto de una indiscriminada urbanización, en particular extensas zonas sujetas a inundaciones (Arreygue-Rocha, 2004). La rectificación de los ríos Grande y Chiquito (Vargas, 1995), a finales de los años treinta, así como, la posterior construcción de la presa de Cointzio y la implementación del sistema de riego San Bartolo Queréndaro,

Impulsan el desarrollo agrícola y aumentan la capacidad de dotar de agua potable a mayor cantidad de habitantes. Situación que, entre otras, propicia el crecimiento urbano y el comienzo de un caótico y desmesurado crecimiento a principios de los setenta.

El tema de las inundaciones en la ciudad de Morelia ha sido trabajado desde distintas perspectivas y por diversas instituciones e investigadores. La información derivada de dichas investigaciones constituye el insumo básico para establecer el escenario de susceptibilidad a inundaciones. A efectos de presentar una revisión sistemática, se presentan los principales aportes en tres grandes apartados: Artículos científicos, documentos oficiales y reportes de protección civil.

2.1 ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Eventos excepcionales e inundaciones en la ciudad de Morelia, Michoacán (2004). (Arreygue-Rocha, 2004a)

Maneja un apartado denominado riesgo hidrogeológico que se enfoca en un análisis hidráulico del cauce del río chiquito. Presenta un comparativo del crecimiento urbano de la ciudad sobre cauces y sus márgenes y fallas geológicas, debido a que estas áreas tienen ventajas en cuanto a la accesibilidad y condiciones físicas que aparentemente son factibles para urbanizar.

Esto es sustentado con un comparativo de la expansión de la ciudad de Morelia respecto a la distribución de los ríos, canales y fallas geológicas, concluyendo que se ha presentado una indiscriminada urbanización, en particular extensas zonas sujetas a inundaciones como es el caso de las colonias El Realito, Prados Verdes, Ventura Puente, Molino de Parras, Camelinas, etc. (Arreygue-Rocha, 1998). Aunque no se maneja el componente de vulnerabilidad como tal, es evidente la condición de *exposición* de los terrenos urbanizados.

Otra sección del documento es denominada peligrosidad hidrológica, cuya cobertura es la cuenca del río Chiquito desde los parteaguas situados al sur de la ciudad de Morelia,

hasta su confluencia con el río Grande, considerando tanto la configuración hidrológica como la hidráulica en el interior de la ciudad. Se realizan cálculos de: flujo meteórico y flujo superficial, tomando en cuenta la información de cuatro estaciones meteorológicas: Morelia (1917-1996), Zona Militar (1975-1996), Jesús del Monte (1941-1996) y San Miguel del Monte (1964-1986). Generando información de: precipitación media anual de 974.22 mm., Temperatura media anual de 17.3°C y evapotranspiración de 638.1 mm, para concluir calculando que el gasto máximo anual de 11,739.72 m³. El valor de gasto máximo anual es propuesto como un insumo básico para determinar la cantidad de agua que aporta el río Chiquito al río Grande.

En la configuración de la red hidráulica menciona el importante papel que juega la construcción de puentes que fungen como obstáculo para el escurrimiento natural de las aguas superficiales. Esta arquitectura, en conjunción con fuertes precipitaciones que en ocasiones se presentan en la ciudad, ha traído consigo un incremento en los elementos de peligrosidad.

El análisis se enfoca en el modelado de las características morfológicas del canal del río Chiquito, se establece que su longitud aproximada es de 20 Km. Alimentado por una cuenca de 81.21 Km². El cauce del río fue rectificado en 1937 y las secciones fueron dimensionadas para un gasto máximo de proyecto de 125 m³/s.

Las características morfológicas de la sección urbana del cauce (Disminución de la pendiente respecto a las secciones de aguas arriba de la cuenca, principalmente), la hacen susceptible a ser depositaria de fuertes cantidades de sedimentos, y la posibilidad de desarrollar espesa cobertura vegetal. Estas condiciones coadyuvan a la reducción del área hidráulica a 70m³/s (registradas en 1985) y un aumento de la peligrosidad de inundaciones en las zonas inmediatamente adyacentes al curso del agua, estos datos son emitidos sin considerar las reducciones del área hidráulica distribuidas a lo largo del cauce en cada uno de los puentes.

En este apartado se presenta la “Carta de áreas inundables de la ciudad de Morelia” (Ver figura 2) que presenta una distribución irregular en los márgenes de los ríos: Grande, Chiquito y La Hoya, y una de las depresiones topográficas más importantes tipificada como área de Reserva Ecológica Urbana situada al norte de la ciudad en la salida a Salamanca (PDUCPM, 2004:IV;14).

Se concluye que los valores de $70\text{m}^3/\text{s}$ relativos al canal sin puentes tienen un periodo de retorno de 20 años, valores de gasto $50\text{ m}^3/\text{s}$ (que son suficientes para poner en crisis el sistema están caracterizados en periodos de retorno de 10 años, de acuerdo con el método de Weibull el gasto de $74.62\text{ m}^3/\text{s}$ (gasto máximo histórico) tiene un periodo de retorno de 60 años y el gasto de $50\text{ m}^3/\text{s}$ entre 4 y 5 años.

Los cálculos establecen que el puente Camelinas constituye la primer barrera para el flujo de agua corre por el río Chiquito, reduciendo la capacidad hidráulica hasta $47.7\text{ M}^3/\text{s}$, actuando como dique y consecuentemente desbordar el cauce en esa sección inundando las colonias aledañas.

El estudio concluye afirmando que, mientras no se controle el gasto de los ríos o por lo menos se mantenga la capacidad hidráulica con un constante mantenimiento y se sigan construyendo puentes cuyas características reduzcan el áreas de claro para flujo del agua, el fenómeno de las inundaciones se presentara con mayor frecuencia afectando a los moradores de las colonias adyacentes a los cauces.



Figura 2. Carta de áreas inundables de la ciudad de Morelia.
Fuente: Arreygue-Rocha, 2004a)

Inundaciones históricas y potenciales en la ciudad de Morelia relacionadas con el río chiquito (Arreygue-Rocha, 2004b)

Efectúa el análisis de las precipitaciones con respecto a los escurrimientos, se señala que julio es el mes con mayores precipitaciones, sin embargo los escurrimientos en el mes de septiembre son más intensos, es decir, que en el periodo de enero a mayo se tiene poca infiltración, pero en los meses de junio y julio aumenta por la presencia de las lluvias, y en los meses de agosto a noviembre se tiene un fuerte escurrimiento lo cual se debe a que el suelo está completamente saturado, por lo que no permite más infiltración, provocando que toda el agua que llueve en este periodo tienda al escurrimiento superficial. El gasto anual del Río Chiquito es de 144.6 mm.

Evaluación de las constantes inundaciones en la ciudad de Morelia, Michoacán, México (Arreygue-Rocha, 2007)

Amplía el área de estudio y el espectro temporal a cuatro subcuencas que alimentan el río grande, la subcuenca del río Chiquito (SE), La de Cointzio (S), Itzicuaros (SE) y la Zona Urbana (sección de río Grande que Atraviesa la Ciudad). Esta superficie es cubierta con 8 estaciones meteorológicas que aportan datos de más de 40 años.

Lo interesante es que integra los valores de gasto y capacidad de las secciones de los cauces con varios escenarios para encontrar los valores de capacidad de las secciones de los canales de los ríos Grande y Chiquito. El análisis de este modelo permite identificar las secciones del cauce que provocan remansos y/o desbordamientos. Se incluye un gráfico en el que se representan los eventos de inundación por año, desde 1950 hasta el 2007 (Ver Figura 3), en donde se señala que es a partir de 1970 que se comienzan a incrementar los eventos de inundaciones en la ciudad, pero es en los últimos 10 años cuando los escenarios más severos se han presentado. Esto se debe al acelerado y mal planeado crecimiento urbano y las modificaciones en las cuencas hidrográficas. Que van de la mano con la estructuración de la red hidráulica de la ciudad como respuesta a las presiones de la constante reconfiguración de la mancha urbana.

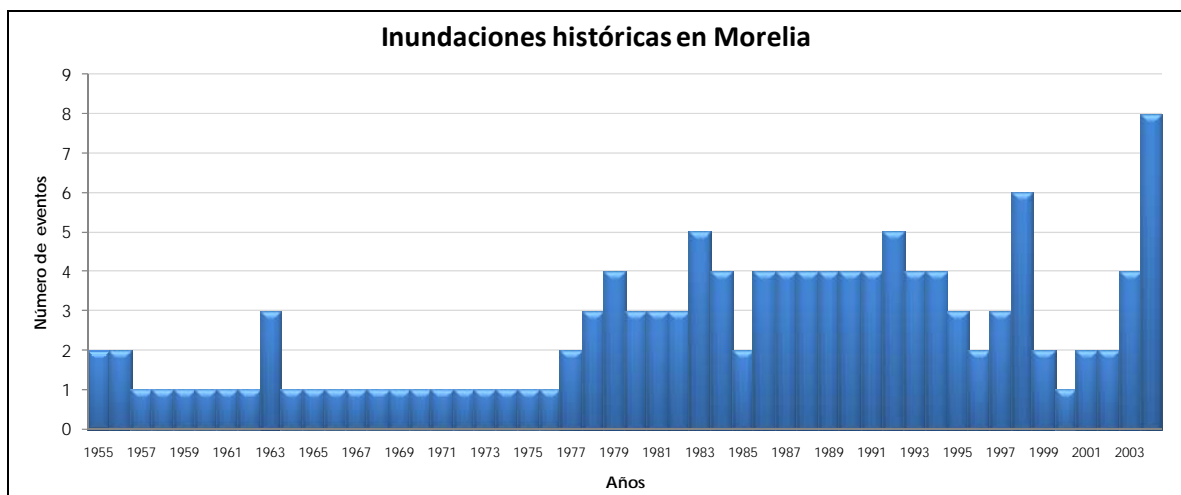


Figura 3. Gráfico de Inundaciones históricas en Morelia (1955-2007).

Fuente: Datos de inundaciones graficados por mes y por año, según una recopilación hemerográfica del diario "La Voz de Michoacán" disponible desde 1950, (año en que se funda el periódico).

Aunque el gráfico sólo muestra la cantidad de eventos, sin mencionar la severidad de estos o los impactos a la población, es un buen referente para indicar que la problemática va en ascenso.

Producto de un análisis de los datos de las estaciones meteorológicas, se afirma que la precipitación media anual varía entre 700 y 900 mm, presentándose las mayores precipitaciones en los meses de julio a septiembre, causadas por la invasión de masas de aire cálido y húmedo provenientes de las costas de Michoacán. En los meses de invierno se presenta un periodo de secas con precipitaciones asociadas a fenómenos extraordinarios o a las masas de aire frío provenientes del norte, el régimen de lluvias es predominantemente continental. En el análisis de los datos de precipitación de 40 años se observa que las precipitaciones mayores a 1000 mm tienen un periodo de recurrencia de 10 años.

Para el análisis de las capacidades hidráulicas de los ríos Grande y Chiquito se efectuó un modelado en el software *Hec-Ras*, considerando los segmentos del cauce que están dentro de la mancha urbana. Para el análisis del río Grande se ingresaron tres valores de gasto de proyecto; 50, 75 y 90 m³/s. con el último gasto se comprobó que la mayoría de los puentes no tiene el claro necesario para soportar estas cargas, produciendo inundaciones en las colonias aledañas a estos.

Para los periodos de retorno en caudales se aplicaron los métodos de *valores extremos* de Gumbel y de Weibull utilizando los gastos máximos históricos registrados en cada estación de monitoreo. Los resultados obtenidos para el río Grande es que para un gasto de 70 m³/s, la recurrencia sería entre 25 y 30 años, para un gasto de 80 m³/s la recurrencia sería entre 70 y 75 años. En el caso del río Chiquito para un gasto de 50 m³/s, la recurrencia será entre 5 y 7 años, para un gasto de 60 m³/s, se presentaría cada 12 años y para un gasto de 75 m³/s, se tendrá cada 30 años aproximadamente. Cabe recalcar que este último gasto analizado tendría que ser sin ninguna obra estructural que interfiera la escorrentía en el río.

2.2 DOCUMENTOS OFICIALES

Como documentos oficiales solo existen dos referentes: el Atlas de Riesgos de Morelia (ARM) y el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia (PDUCPM)

Respecto al ARN, la información derivada fue publicada en la Web en un sistema denominado Sistema de Integral de Información de Riesgos (SIIR por sus siglas), se publicó en el mes de Junio de 2005 en un proyecto denominado en ese entonces “Sistema de Información de Riesgos del Estado de Michoacán”. Esta iniciativa la presentan conjuntamente el Gobierno del Estado, La Dirección General de Protección Civil y El Centro Estatal de Tecnologías de Información y Comunicaciones Michoacán. En ese momento el informe ya contempla no solo el modelo conceptual, sino que ya se presentan algunos productos terminados; la Integración cartográfica del estado, la captura y clasificación de los elementos de peligro, la captura y clasificación de infraestructura y el diseño de 122 fichas de elementos. En este informe ya se presentan las áreas de potencial inundación que posteriormente serían publicadas en el Atlas de Riesgos de Morelia, por lo tanto la coincidencia espacial y por ende geométrica de los polígonos “inundables” es total.

Uno de los productos del ARM es un modelo de inundaciones en función de las cotas altimétricas tomando como línea base la cota de 1855 msnm. Se calculó a cada 25 cm hasta llegar a la cota 1885 (Ver Figura 4). Con este modelo se estima la distribución de la lámina del agua en los bordes del río Grande. Esta estimación y los valores altimétricos solo tienen validez para las llanuras de inundación del cauce antes mencionado, debido a que los valores altimétricos sobre los que se extiende el río Chiquito son superiores. Esto es evidente al hacer un análisis hipsométrico, estableciendo los rangos con valores de 30 metros partiendo de la cota 1855 a 1885, para resaltar el piso altimétrico del cauce en cuestión y diferenciarlo del correspondiente al Río Chiquito, la interface altimétrica entre estas es ocasionada por la Falla “Central Camionera”-Con orientación NE-SW- .

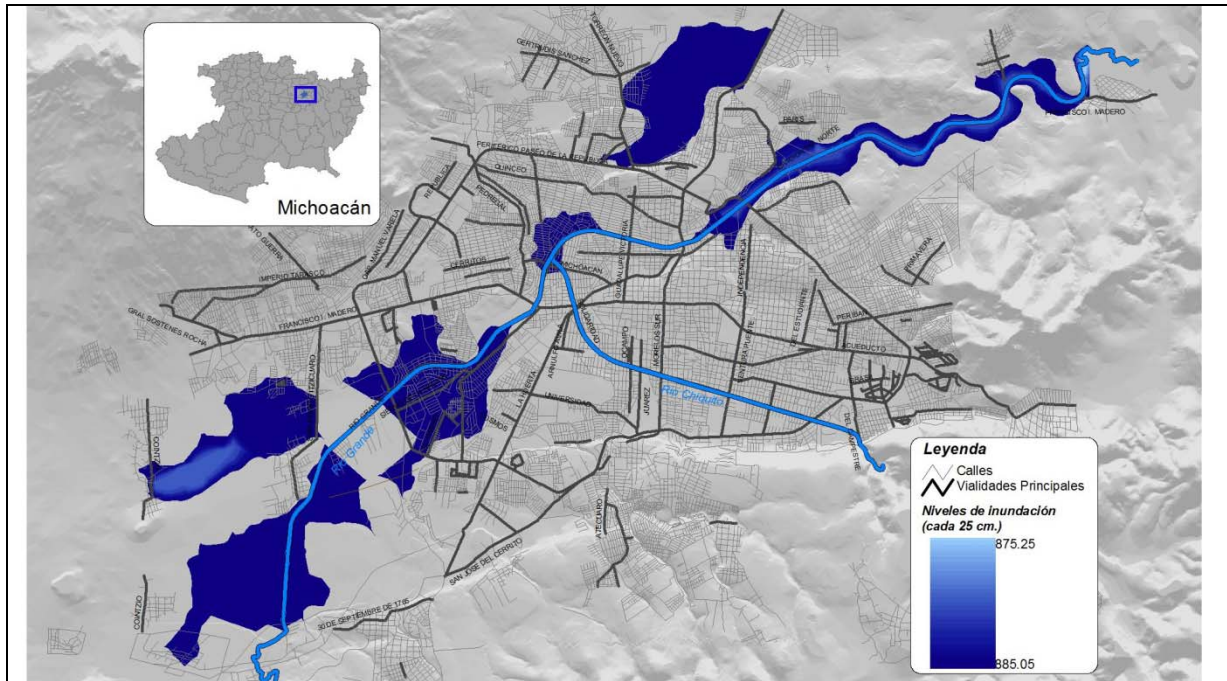


Figura 4. Modelo de distribución de la lámina de agua a cada 25 cm.
Fuente: Atlas de Riesgos de Morelia.

Estas condiciones altimétricas son controladas por la actividad geológica del valle de Morelia, en la figura 5 se representa el mapa Hipsométrico con las fallas geológicas.

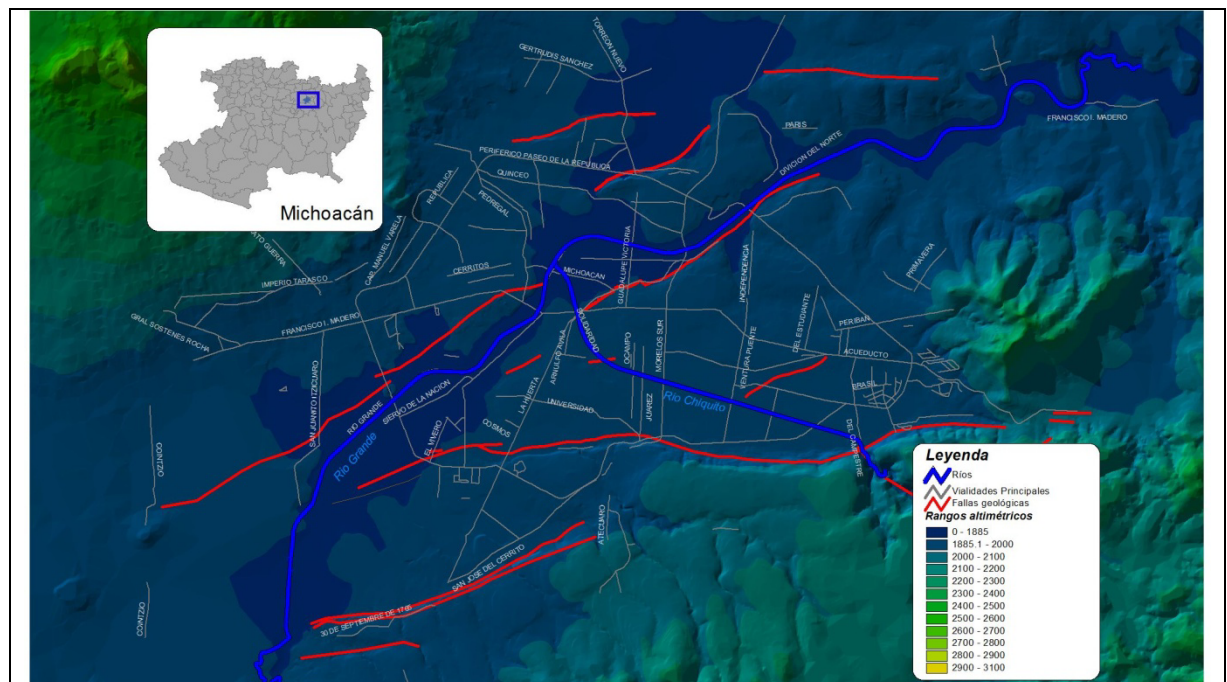


Figura 5. Modelo hipsométrico y fallas geológicas de la ciudad de Morelia.
Fuente: Elaboración propia con base en curvas de nivel con equidistancia a 5 metros y Atlas de Riesgos de Morelia.

Respecto al PDUCP, en su carácter legal de instrumento legítimo para la planeación del desarrollo de la ciudad, contempla la utilización del territorio de acuerdo a la vocación de las unidades de suelo en función de una misión y una visión con miras al desarrollo urbano sustentable (PDUCPM, 2004).

En el apartado de diagnóstico presenta una relación de las causas y sitios de la ciudad propensos a sufrir inundaciones, donde tipifica las inundaciones en el plano D-3 VULNERABILIDAD Y RIESGOS (Figura 6). Las categorías que maneja son:

- **Perímetro Inundable.** Definido por las condiciones topográficas del lugar y por su cercanía a ríos y canales. Las secciones aledañas al río Grande corresponde casi en su totalidad a las planteadas en el modelo de riesgos por inundaciones, calculado a 25 cm. publicado en el Atlas de Riesgos de Morelia.
- **Predios baldíos sujetos a inundaciones.** Terrenos que en algún momento fueron reportados como áreas inundadas y por consiguiente existe un registro de haber sido invadidos por una lámina de agua. A esta escala de detalle es el único documento que integra estas unidades prediales.
- **Zonas de alto riesgo para inundación.** Los polígonos correspondientes a estas áreas, son aquellos que resultaron afectados en la tormenta severa registrada el 16 de Noviembre del 2003.

Respecto a las causas de las inundaciones refiere que las condiciones topográficas e hidrográficas, así como la falta de una red adecuada de drenaje y alcantarillado pluvial propician problemas de inundaciones en la época de lluvias, que afectan colonias ubicadas principalmente en las márgenes de los ríos y canales. Son tipificadas por sus causas en los siguientes tipos de inundaciones (PDUCPM, 2004):

- **Por desbordamiento de ríos y canales:** Zona de oficinas de la Procuraduría General de Justicia del Estado y las Instalaciones de Policía y Tránsito, colonia Carlos Ma. Bustamante, colonia Torremolinos, parte posterior de la estación del ferrocarril, parte poniente de colonia General P. Ma. Anaya, zona denominada Los Olivos, colonia industrial y en la ribera de las colonias Félix Ireta, Ventura Puente, Estrella, Electricistas y Nueva Chapultepec, colonia Medallistas Olímpicos, Gertrudis Sánchez, entre otras:

- **Por depresiones Topográficas:** colonias Barrio Alto, La Soledad, El Realito 2da Etapa, Popular Progreso, La Joya, Lomas de Tecnológico, Jardines del Quinceo, colonia General P. Anaya, Manantiales, Instalaciones de Policía y Tránsito e Ignacio Zaragoza.
- **Por insuficiencia de drenaje pluvial:** Colonias: Obrera, Independencia, Vasco de Quiroga, 5 de Diciembre, Terrazas Campestre, Chapultepec Sur, Nueva Chapultepec, Electricistas, del Empleado, Estrella, C.F.E, Félix Ireta, Centro Comercial Camelinas, Ventura Puente, Juárez, fraccionamiento Virreyes, Industrial y Prados Verdes.

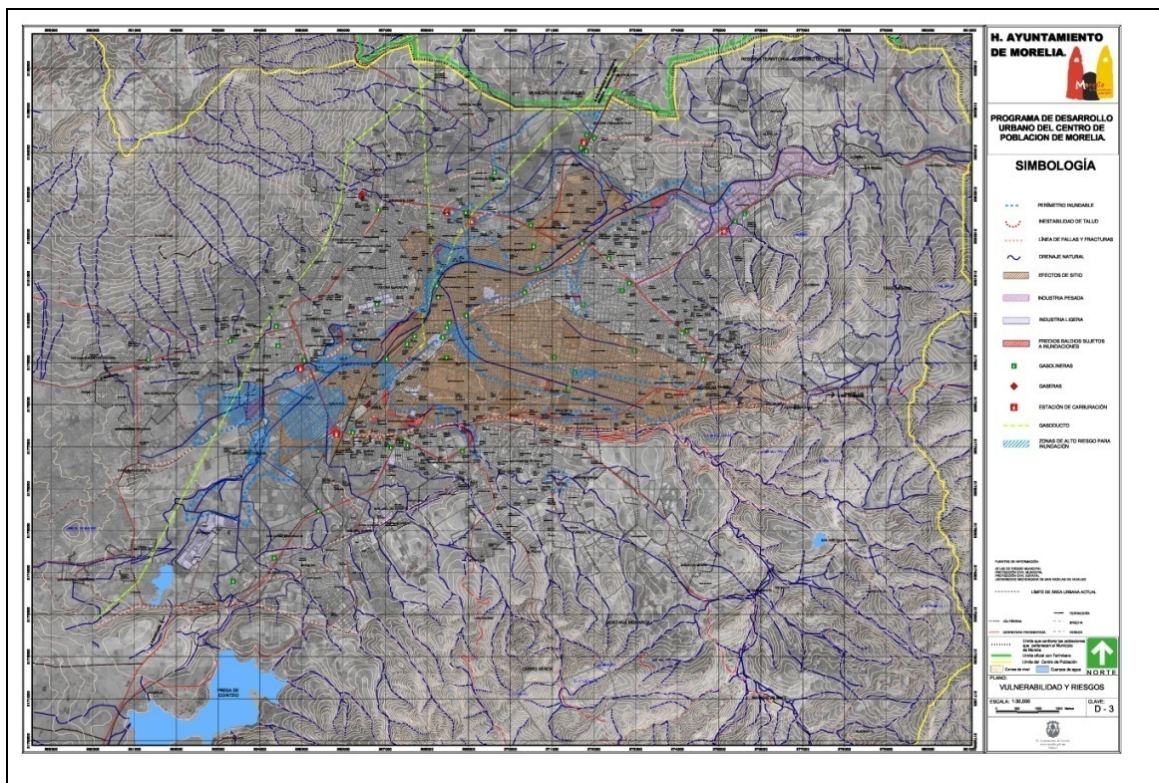


Figura 6. Plano D-3 VULNERABILIDAD Y RIESGOS.

Fuente: PDUCPM 2004.

Este listado de colonias con el atributo de las causas asociadas a la inundación fueron graficadas en el plano de colonias de la ciudad de Morelia¹, con la finalidad de hacer

¹ El plano de colonias que se utilizó fue el proporcionado por el Instituto Federal Electoral (IFE), ajustado con el Plano Oficial de colonias edición 2006 proporcionado por el H. Ayuntamiento Municipal de Morelia. Las características geométricas del Plano del IFE, presenta una estructura topológica bien definida, a fines de análisis cartográfico esta condición es de gran importancia para el funcionamiento de geoprocetos en donde se traslapa la información de varias capas de datos. Por lo tanto la coincidencia

una comparación con el resto de las fuentes de información consultadas. Cabe hacer mención, que no en todos los casos la colonia es afectada en el total de su superficie, análisis posteriores permitirán definir con mayor detalle esta situación (Ver Figura 7). Como se puede apreciar, en este mapa no hay correspondencia en su totalidad con la superficie que establece el perímetro inundable del plano D-3 (Figura 6). Una de las causas puede estar en la omisión que se hace en el primer grupo colonias, inundadas por desbordamientos en ríos y canales, específicamente en la parte final, y las colonias que faltan estén en el grupo de “entre otras”.

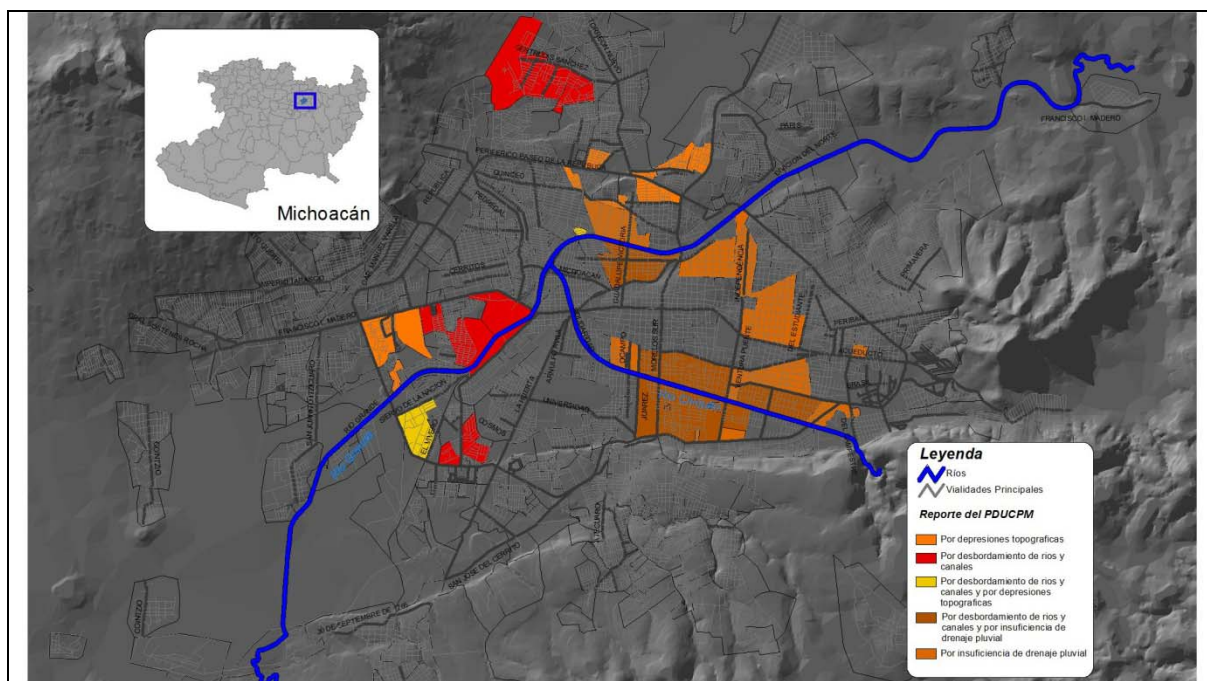


Figura 7. Colonias con problemas de inundación.

Fuente: Elaboración propia en base a información del PDUCPM, falta incluir colonias que no fueron identificadas en la cartografía disponible en el estudio (PDUCPM, 2004).

2.3 OFICINAS DE GOBIERNO MUNICIPAL

Protección Civil del Municipio de Morelia

La Dirección Municipal de Protección Civil y Bomberos del Municipio de Morelia, constituye otra de las fuentes de información a revisar para la definición de las áreas susceptibles a inundaciones. En primera instancia se estableció contacto con el Jefe de Planeación y Evaluación de Riesgos con el fin de conocer sus experiencias a lo largo

de este con el plano oficial del ayuntamiento presenta ligeras discrepancias, pero a efectos del análisis general al que serán sometidos y la revisión en campo mitigarán este error.

de su labor en el puesto. Se realizaron una serie de visitas a las oficinas para conocer las condiciones en las que opera la institución e intercambiar las bases de datos referentes al tema de inundaciones. De acuerdo a los casos atendidos en temporal de lluvias, la oficina de protección civil construyó un listado de las colonias afectadas, según el grado de afectación. No se tienen claros los parámetros mediante los cuales se hace una diferenciación a dichos grados de afectación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Listado de colonias inundadas agrupadas por grado de afectación

AFECTACIONES ALTAS	AFECTACIONES MEDIAS A ALTAS
Agustín Arriaga Rivera	Ampliación Torreón Nuevo
Álamos I y II	Del Empleado
Ampliación de Arboledas del Río Grande	Jardines de Santiaguito (Fovisste, Indeco)
Ampliación Gertrudis Sánchez	Las Margaritas (Ampliación las Margaritas)
Arboledas del Río Grande	AFECTACIONES MEDIAS
Benito Juárez	Camelinas
Campestre Los Manantiales	Chapultepec Sur
Canchas de Policía y Tránsito	Doctor Miguel Silva
Carlos Salazar	Electricistas
Ejidal Tres Puentes	Hacienda Tinijaro
Guadalupe Victoria Norte	Jardines del Quinceo
Ignacio Zaragoza	Prados Verdes
Jaime Nunó	Morelos
Jaujilla	Prados Verdes
La Soledad II	Ventura Puente
Las Higueras	Molino de Parras
Lirios	Nueva Chapultepec
Los Sauces	La Industrial
Medallistas Olímpicos	AFECTACIONES MEDIAS A BAJAS
Pastor	Felicitas del Río
Primo Tapia Poniente	Félix Ireta (Estrella, Condominio Planetario, Conjunto Habitacional Félix Ireta)
Sentimientos de La Nación (OFICINAS DE PYT)	
Solidaridad	
Tres de Agosto	
Tres Puentes	
Unión Tabiqueros	
Villas del Real Norte	

Fuente: Elaboración propia con base en reportes de Protección Civil de Morelia, datos acumulados del 2003 a junio del 2007.

En la figura 8 se presenta la distribución espacial de estas colonias en el cuadro 1. En Se incluyen las colonias afectadas por diferentes tipos de inundaciones.

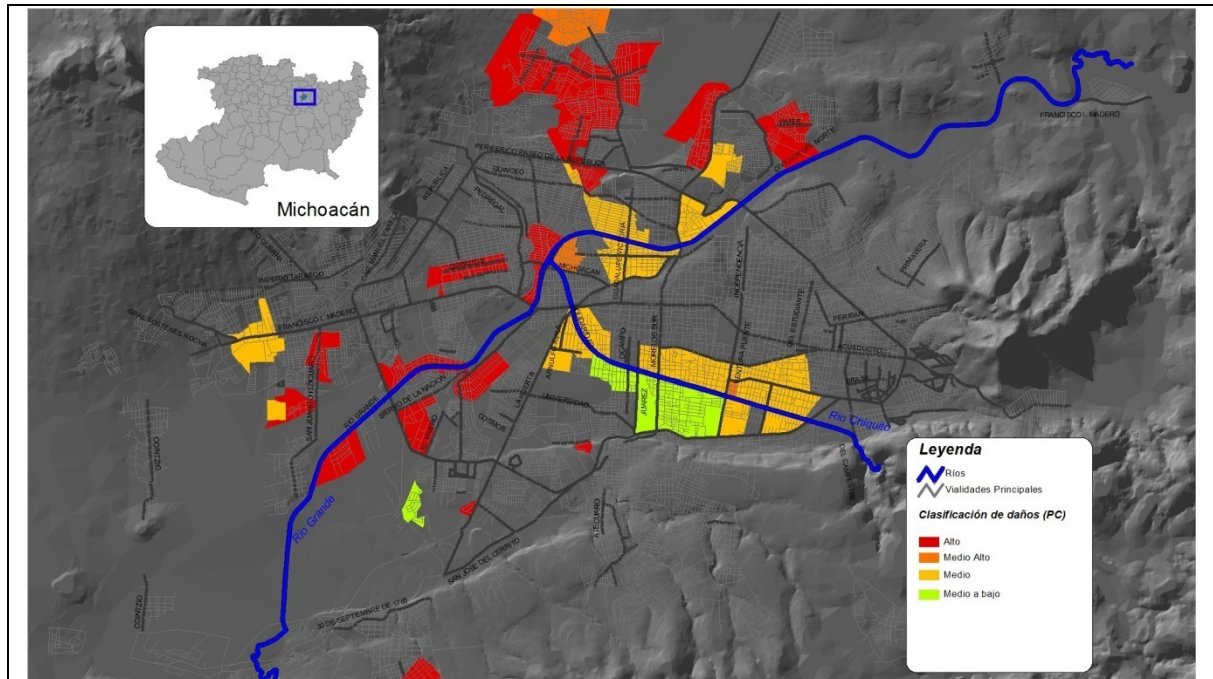


Figura 8. Colonias según grado de afectación por inundaciones.

Fuente: Elaboración propia con base en informes de Protección Civil, 2008.

2.4 CONCLUSIONES

La revisión del PDUCP permitió documentar la postura “oficial” respecto al problema de las inundaciones en la ciudad de Morelia. Por otro lado se obtuvieron los trazos de las zonas inundables en las distintas categorías que establece el diagnóstico de Vulnerabilidad y Riesgos. De los insumos más importantes es la delimitación de las áreas de *Riesgo Alto* a Inundaciones, debido a que esta delimitación corresponde con una de las inundaciones con mayores afectaciones presentadas en la urbe. Por lo tanto responden a una zonificación real que se estableció al momento de brindar el apoyo a las familias afectadas durante y después de las inundaciones.

Además de los archivos cartográficos y los datos técnicos presentados en los documentos revisados. En notas periodísticas se identificaron dos de los momentos más críticos que han afectado a la ciudad; la inundación del 16 de septiembre 2003 (Rincón, 2008) y la del 4 de septiembre del 2005.

En septiembre 16 del 2003, en la ciudad de Morelia se registraron 75mm de lluvia, más que el promedio histórico registrado hasta esa fecha. Como consecuencias provocó severas inundaciones en la ciudad durante los días 15,16 y 17. Cabe señalar que el mayor valor registrado de la precipitación para el mes de julio en estos últimos cinco años, corresponde al valor histórico promedio registrado hasta la fecha. Esto quiere decir que la magnitud de la precipitación en la estación Cointzio, aumentó en los últimos cinco años y que su variación temporal se refleja más en los meses de mayo, agosto y septiembre.

El 4 de septiembre de 2005, más de diez mil damnificados, mil viviendas afectadas, vehículos varados y pérdidas por varios millones de pesos, fue el saldo que dejó el desbordamiento de los ríos Grande y Chiquito de Morelia cuando el nivel del agua subió hasta cuatro metros e inundó calles y avenidas en 35 colonias de la capital michoacana. Incluso el Ejército Mexicano aplicó el Plan DN-III para desastres naturales. Bastaron 90 minutos para que gran parte de la ciudad se viera afectada por las severas inundaciones²

Hasta este momento el año de 2005 ha sido el año con la temporada de lluvias excepcionales más fuertes, provocando daños en las viviendas, infraestructura y en la vialidad, lo que trae como consecuencia el perjuicio a la ciudadanía en general, debido a la suspensión de servicios provocados por las fuertes lluvias (Arreygue-Rocha, 2007).

Para ambos casos el escenario en el que se presenten precipitaciones iguales o mayores a 75 mm, en periodos de tiempo inferiores a 2 horas, con lluvias consecutivas cuando menos en 10 días anteriores, dentro del temporal de lluvias y con volúmenes acumulados que se retengan en la presa y que la llenen por lo menos al 80% de su capacidad serán considerados como condiciones potencialmente generadoras del peligro de inundaciones.

² Disponible en: (<http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=77813>)

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

3.1 DEFINICIÓN DE ÁREAS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES

Uno de los objetivos de esta investigación es recabar la información necesaria para establecer un escenario de susceptibilidad a inundaciones, por lo tanto la metodología consiste en 4 fases: 1) documentación; 2) integración; 3) validación, y 4) definición de áreas susceptibles. El esquema seguido para definir esta condición del territorio de la ciudad de Morelia se presenta en la figura 9.

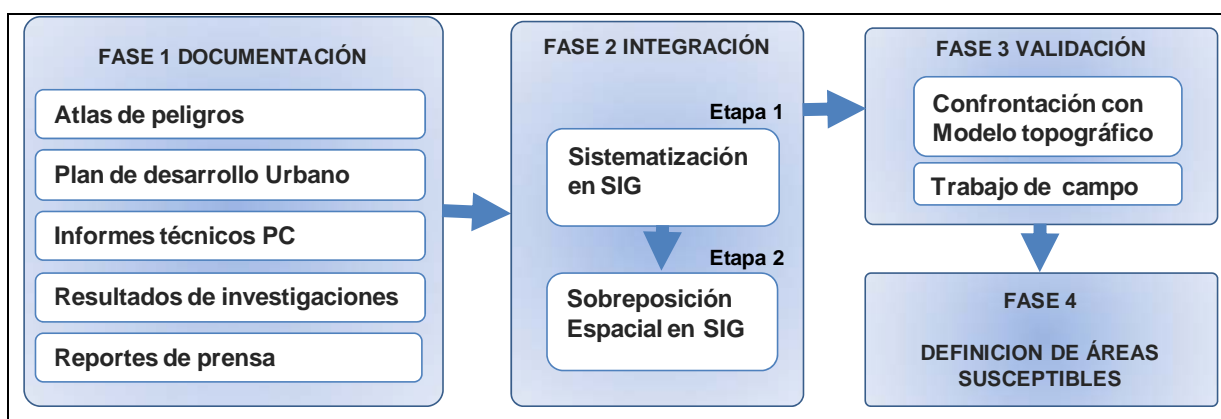


Figura 9. Esquema metodológico utilizado para definir las áreas susceptibles a inundaciones.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.1 DOCUMENTACIÓN

Consiste en recabar la información referente a las inundaciones en la ciudad de Morelia. Esta información está tomada de los resultados de los estudios y documentos presentados en el capítulo 2.

3.1.2 INTEGRACIÓN

La heterogeneidad de los formatos de la información recabada requirió dos actividades para poder crear el escenario completo de la susceptibilidad a inundaciones, debido a que la información está dada en formatos de: reporte técnico, fichas en hojas de cálculo, mapas con digitales con distintas referencias cartográficas, mapas impresos y

documentos descriptivos. Además, puesto que parte del análisis integral de esta investigación está basado en el análisis espacial, por lo tanto la representación espacial del fenómeno en un mapa de susceptibilidad exige en primera instancia la sistematización de los datos en plataforma SIG y que permite efectuar la integración espacial de los datos.

3.1.2.1 SISTEMATIZACIÓN

Esta actividad consistió en definir una cartografía base sobre la cual asignaran los atributos espaciales que definen las inundaciones en la ciudad de Morelia, para esto se utilizó el software *ArcGis* para tratar la información en ambiente SIG.

3.1.2.2 INTEGRACIÓN ESPACIAL

Los datos recabados hacen alusión a dos tipos de entidades espaciales: superficies de límites irregulares y perímetros de colonias. Por lo tanto una actividad para la integración de información previa cualquier procedimiento de análisis espacial fue asignar los atributos de cada fuente consultada a cada entidad, integrar la información, por tipo de entidad y posteriormente hacer la integración total.

Para la integración de los polígonos de las zonas con alguna categoría de inundación según las fuentes consultadas se utilizó la del software *ArcView 3.1* mediante el geoproceto *Union themes*. De esta forma se integran de manera complementaria todos los argumentos que señalan la distribución de las inundaciones en el territorio urbano de Morelia.

3.1.3 VALIDACIÓN

La validación consistió en afinar los límites de la extensión de los polígonos de inundación y verificar si los espacios señalados en la literatura como inundables presentaban este problema, esta segunda actividad se efectuó mediante trabajo de campo realizado en el marco de dos estrategias: 1) durante después de una tormenta

(para comprobar que el fenómeno se presenta), y 2) en días sin lluvia, efectuando un sondeo a los residentes de las zonas marcadas con una categoría de inundación.

3.1.3.1 CARTOGRAFÍA AUXILIAR

Con la finalidad de corroborar la delimitación de áreas susceptibles a inundaciones de acuerdo a las distintas fuentes citadas, se digitalizaron las zonas susceptibles a inundaciones por condiciones topográficas.

Para dicha labor se emplearon las curvas de nivel con equidistancia a 5 metros de la zona urbana de Morelia. En el Software ILWIS se creó un modelo digital de elevación que derivó en un modelo de sombreado del terreno para identificar visualmente la configuración topográfica del relieve. Con base en esta información, se delimitaron las áreas con menor altitud en la zona urbana, partiendo de la cota 1855, en las partes más bajas del río Grande hasta las líneas donde el cambio de pendiente es abrupto. Otro insumo de apoyo fue el trazo de las fallas geológicas³. Lo mismo se hizo para el resto del territorio, donde ya no se tomó como referencia la cota de 1855, sino la diferencia de alturas relativa en cada sección de la urbe.

La utilidad de este mapa radica en que; posibilita afinar la delimitación de los polígonos de inundaciones. De esta forma será posible discriminar aquellas porciones del terreno cuyas características topográficas no las sitúen como un área con potencial a inundarse o a definir las áreas que son afectadas por fenómenos hidrometeorológicos y en donde las causas de las inundaciones no están asociadas a las que convencionalmente se citan en el PDUCP.

3.1.3.2 VERIFICACIÓN EN CAMPO DURANTE Y DESPUÉS DE LAS LLUVIAS

Las precipitaciones en la ciudad de Morelia no se presentan de manera homogénea en toda la superficie urbana y tampoco llueve la misma cantidad, ni con la misma intensidad, ni a la misma hora. Las condiciones físicas del emplazamiento urbano y su entorno fisiográfico hacen que las lluvias se presenten de manera diferenciada,

³ Publicadas en el Atlas de Riesgos de Morelia.

mientras que un sector de la ciudad se encuentra seco en el otro está lloviendo intensamente. Y mientras la escorrentía es abundante en la parte alta de la ciudad donde ocurre la precipitación, las partes bajas en ocasiones sin precipitaciones captan el agua y potencian el desbordamiento de los canales de escurrimiento. Por lo tanto surge la necesidad de conocer: ¿Cómo se distribuye la precipitación?, ¿Cómo se distribuyen los flujos superficiales?, ¿cuáles de las áreas potencialmente inundables son afectadas?.

Para solventar estos problemas se diseñó una estrategia con base en las características de la red hidráulica, el sistema de micro-cuencas dentro de la ciudad y la distribución espacial de las precipitaciones, estos atributos fueron generados e integrados en tres etapas:

Obtención de la red hidráulica e hidrográfica

Utilizando como insumos: las curvas de nivel con equidistancia de 5 metros, Imágenes de satélite de Google Earth, Ortofotos del 2003 - E14A23A y E14A23B-, mapa de red de Canales de la Ciudad de Morelia⁴, Traza urbana de Morelia versión 2003 en formato *Shapefile* y los software: *Arcview 3.1*, *ArcMap 9.2* e *ILWIS 3.2*.

Se obtuvieron las curvas a cada 5 metros en formato *Shapefile* con proyección cartográfica UTM WGS 84. A partir de estas se generó el MDT (Modelo digital del Terreno) con el atributo de elevación, en seguida se generó un modelo de sombreados del terreno con factor de exageración en "Z" de 3, a fin de resaltar los rasgos morfológicos de la superficie asociados al drenaje. Utilizando como mapa base el *Shapefile* de la red de canales se editó y se agregó el trazo de escurrimientos superficiales –inferidos a partir del MDT-, Las imágenes de Google Earth con alta resolución fueron ortocorregidas y georreferenciadas a UTM datum WGS 84 y se utilizaron como apoyo para respaldar los trazos de cauces y canales. Las ortofotos del

⁴ Proporcionada por la Subdirección de General de Infraestructura Hidroagrícola de la Gerencia Estatal de Michoacán, Distrito de Riego 020 Morelia y Queréndaro de la Comisión Nacional del Agua.

2003 y de 1995 fueron de apoyo para identificar el rumbo de los cauces que no fue posible identificar en las fotos más recientes.

Delimitación de micro-cuencas

A partir de la red hidrográfica, la red hidráulica y con el apoyo de las curvas de nivel y el MDT, se realizó la subdivisión de las cuencas del río Grande y Chiquito para definir micro-cuencas en la zona urbana (Ver Figura 10). Aunque especialistas en análisis hídrico consultados⁵, recomiendan trabajar tanto la red hidrográfica como la red hidráulica por separado, el carácter netamente indicativo de la traza de las cuencas tanto como de la red no amerita tales consideraciones, ya que no se efectuará ningún tipo de análisis con técnicas de dichas disciplinas. Lo único que se pretende conocer es la dirección de los flujos de manera descriptiva, para efectuar una revisión en campo de forma inmediata y efectiva.

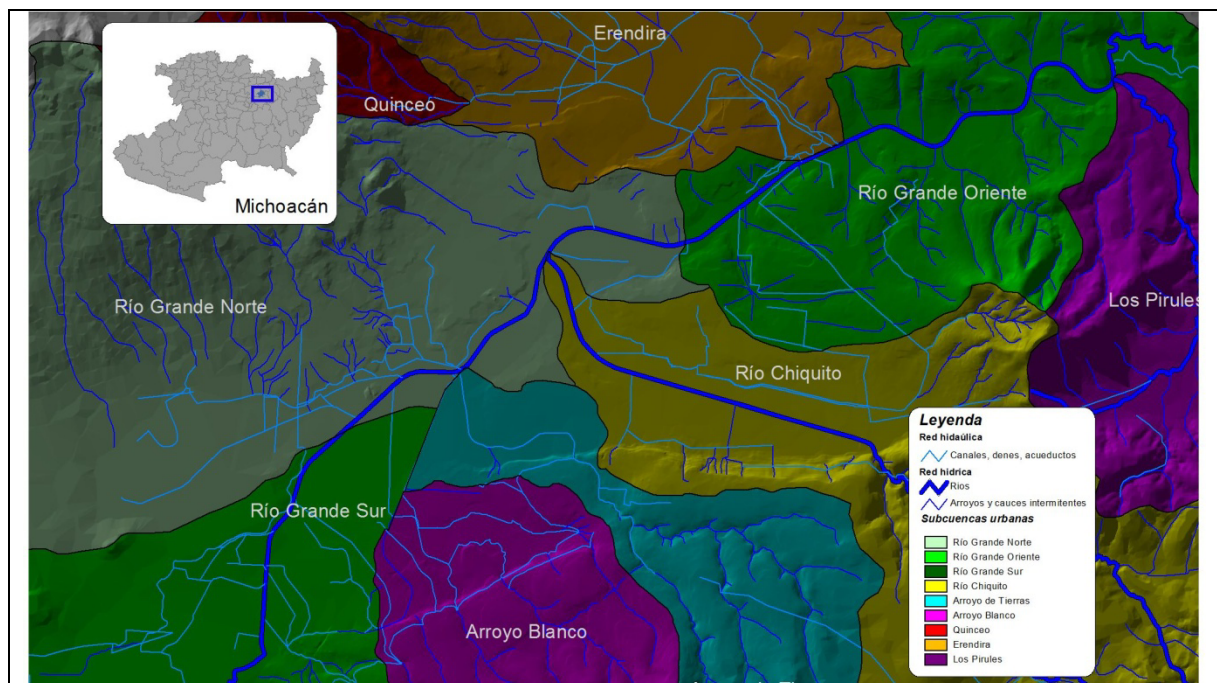


Figura 10. Red Hidrográfica e hidráulica, con límite de micro-cuencas.

Fuente: Elaboración propia.

⁵ Se presentó esta red hidrográfica-hidráulica al Dr. Eleazar Arreygue-Rocha y al Mtro. Luis Valdivia, quienes afirmaron que para estudios hídricos es incorrecto integrar ambas redes.

Distribución de la precipitación

La ciudad de Morelia cuenta con 11 estaciones meteorológicas distribuidas en la ciudad que son administrados por el Organismo Operador del Agua Potable y Alcantarillado (OOAPAS) que pueden ser consultados en internet en tiempo real⁶. Los datos registrados por estas estaciones y su dato de localización, fueron utilizados como insumo para generar un modelo de distribución de la precipitación.

El modelo de distribución se generó interpolando los valores de intensidad de la precipitación de forma continua en la superficie urbana de Morelia. El método que se utilizó fue el *Kriging*⁷(Ver Figura 11), integrado en ArcGIS, en el paquete de herramientas de Geostatistical Analysis. De esta forma se generaron valores de precipitación para el total de la superficie urbana. Cabe aclarar que el modelo solo calcula los valores entre las estaciones meteorológicas sin considerar otra condición que la posición y la distancia de una estación con respecto a las demás, por lo tanto, condiciones altimétricas, dirección de los vientos, régimen de temperaturas, etc. no son tomados en cuenta. Sin embargo dada la cercanía de las estaciones y la distribución de estas en todo el territorio, aportan información útil para el objetivo de trabajo de campo. En el anexo IV se incluyen todos los gráficos de distribución de la precipitación de las fechas que se acudió a campo.

Una vez que se contó con el trazo de las microcuencas y la localización de las estaciones meteorológicas, se monitorearon de forma permanente los datos publicados en la web del OOAPAS. En el momento en que comenzaba a llover y las estaciones registraban precipitaciones con valores de intensidad por lo menos de 50 mm/hora⁸, se

⁶ Los datos son registrados en intervalos de 10 minutos, pero las lecturas no están sincronizadas al 100%, por lo tanto se mitiga este error ejecutando un *refresh* de la *website* cada 2 minutos, Disponible en: http://siir.michoacan.gob.mx/usuarios/Invitado/plantilla_invitado.jsp

⁷ Kriging método de interpolación de datos espaciales. Los parámetros empleados fueron: bajo el algoritmo de interpolación predictivo de configuración circular con la inclusión mínima de 2 estaciones meteorológicas en 4 sectores de 45 grados, sin incluir valores de anisotropía. La similitud con otros métodos de extrapolación (Inverso de la distancia, Interpolación polinomial global o funciones radiales) con menores parámetros de ajuste fue muy similar, sin embargo la posibilidad de incluir un mínimo de estaciones y la forma de los sectores permitió visualizar la distribución de una forma adecuada.

⁸ En entrevista con el Jefe de Planeación de Protección Civil del Estado, manifestó que una lluvia que en menos de una hora precipitara por lo menos 50 mm, pondría en riesgo la capacidad de la red hidráulica para desbordar canales e inundar colonias, la afirmación la hace utilizando como referente su

procedía a extraer los datos, ingresarlos al SIG y graficarlos. Analizando la distribución de los datos y las características de la red de drenaje, así como la forma de la cuenca se inferían que zonas (de las marcadas con algún nivel de peligrosidad) serían inundadas, se marcaban en un plano y se procedía a visitar estos sitios para verificar el incremento del caudal de los cauces, y en caso de desbordamientos, registrar la extensión y altura de lámina del agua fuera de los canales de los cauces.

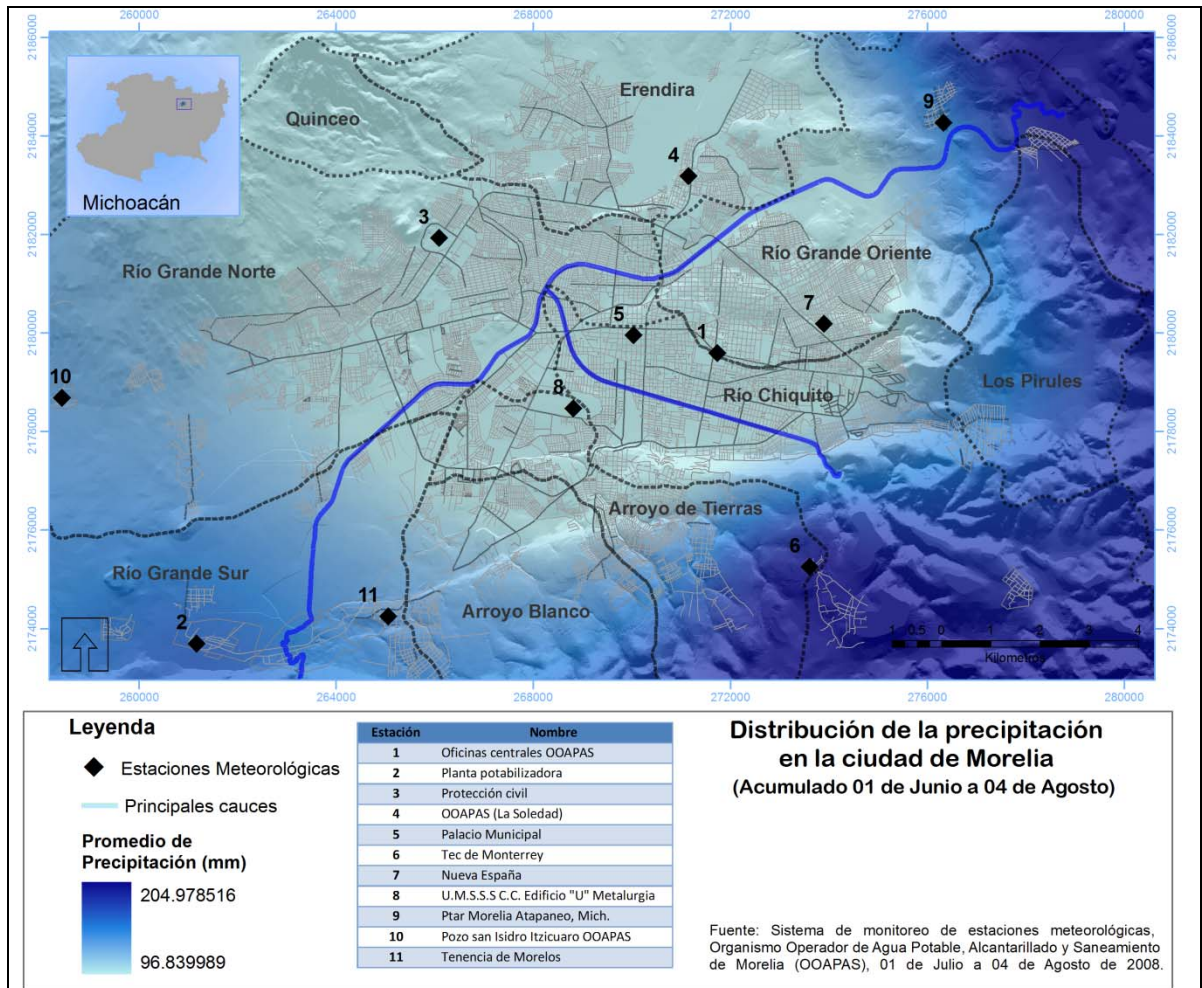


Figura 11. Mapa de localización de las estaciones meteorológicas automatizadas e interpolación de la precipitación total en el periodo del 01 de junio al 04 de agosto del 2009.

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de las estaciones meteorológicas proporcionados por el OOAPAS.

amplia experiencia en la dependencia y principalmente tomando como referente la inundación de septiembre de 2003.

Las estaciones registran el valor de intensidad en milímetros por hora, este valor es muy variable y no indica precisamente que se hayan precipitado esa cantidad de milímetros de agua en esa hora, simplemente hace un cálculo de la cantidad que se podría acumular en una hora si la lluvia cae con esas características. Para ajustar estos valores la tabla de datos del OOAPAS tiene una celda que cuantifica la precipitación total de la tormenta.

3.1.3.3 SONDEO A LA POBLACIÓN EN DÍAS SIN LLUVIA

Realización de recorridos en campo para preguntar a los habitantes de las zonas marcadas con alguna categoría de inundación, en sus domicilios, a los transeúntes y a los trabajadores presentes en los locales comerciales y oficinas respecto a la presencia eventual de inundaciones en su entorno.

3.1.4 DEFINICIÓN DEL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD

Para determinar el mapa de susceptibilidad en congruencia con la información procesada en etapas anteriores, se requiere la definición de niveles de susceptibilidad a inundaciones en el área de estudios.

El modelo de susceptibilidad busca definir aquellas áreas en donde plenamente está identificada la existencia del fenómeno y aquellas en las que no es tan recurrente o donde no se ha presentado pero que existe el potencial de ocurrencia. Para tal fin, y para presentarlo a manera de niveles de susceptibilidad, se diseñó una estrategia de clasificación de los espacios en función del número de argumentos que se refieren a estos.

El método consiste en asignar un valor numérico en una escala del 1 al 5 de acuerdo al número de fuentes que hacen referencia a cada superficie. Este número es normalizado a valores entre "0" y "1", para posteriormente establecer un mapa con niveles de susceptibilidad.

3.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A INUNDACIONES

La metodología para evaluar las condiciones de vulnerabilidad de la zona urbana de Morelia se sustenta en el modelo SAVE (*Spatial Approach to Vulnerability Assessment*) el cual ofrece una estrategia de análisis operativo a partir de las relaciones espaciales de los elementos socio-ambientales sujetos a las características y relaciones de

exposición, sensibilidad, y resiliencia de los sistemas a las perturbaciones o amenazas naturales (Ver Figura 12).

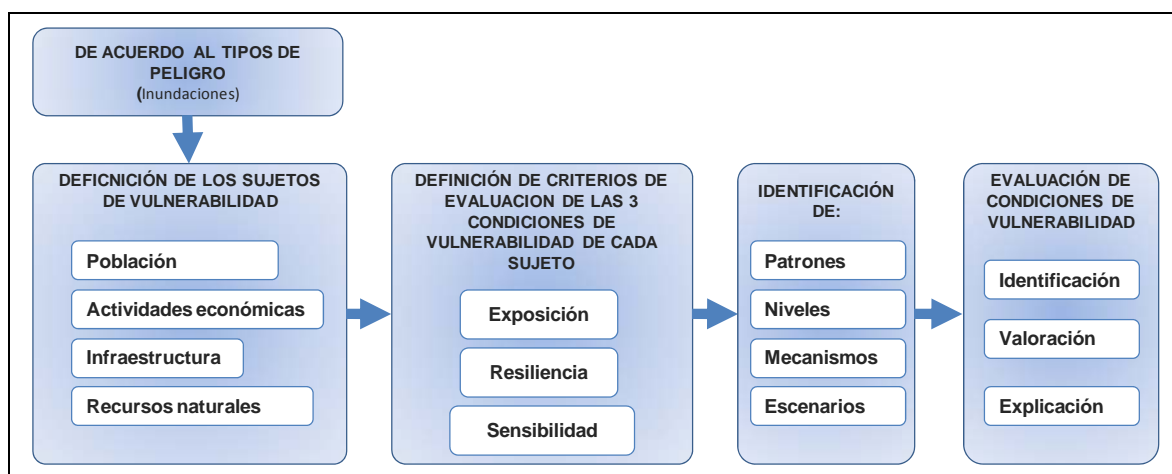


Figura 12. Esquema SAVE de análisis de vulnerabilidad.
Fuente: Morales, 2007

El esquema define como modelo conceptual el efectuado por Turner *et al.* (2003), y define cuatro tipos de entidades espaciales como sujetos de vulnerabilidad: la población, las actividades económicas, la infraestructura y los recursos naturales. El modelo está orientado a identificar las relaciones espaciales de los componentes de vulnerabilidad de cada sujeto de vulnerabilidad.

La evaluación de cada sujeto de vulnerabilidad se efectúa tomando en cuenta el tipo de amenaza al que están expuestos. Al definir a que se enfrentan estos elementos es posible construir un modelo aproximado de los tópicos a considerar dentro de cada sujeto. Para el análisis de cada variable se precisa la utilización de métodos de estandarización de escalas de valores mediante la normalización, asignando al valor de 1 al máximo valor presentado por serie de datos y 0 al valor mínimo. Al normalizar escalas de valores se eliminan las diferencias de los criterios permitiendo hacer análisis comparativos entre cada tópico de los sujetos, dicho procedimiento permite combinar los criterios de acuerdo a la forma que estos se comporten. Dicho comportamiento esta dado a partir de una serie de atributos que determinan el grado de vulnerabilidad de cada sujeto.

Los sistemas de información geográfica (SIG) son la herramienta de apoyo que permitirá hacer el análisis de las variables tanto en sus bases de datos como en sus propiedades espaciales. Las técnicas derivadas del esquema metodológico de análisis de vulnerabilidad en la ciudad de Morelia requiere la integración de una serie de herramientas metodológicas que permitan definir, en principio, los sujetos de vulnerabilidad, las condiciones de vulnerabilidad en cada componente del análisis (exposición, sensibilidad y resiliencia) bajo el enfoque espacial.

Por lo tanto este capítulo presenta una estructura escalonada que está orientada a describir las condiciones de vulnerabilidad, desde la definición formal y espacial de los sujetos de vulnerabilidad hasta la integración de los productos generados en cada etapa, hasta la definición del escenario de vulnerabilidad de cada uno de los componentes de la evaluación.

La zona del análisis de vulnerabilidad está definida por las áreas susceptibles a inundaciones en la ciudad de Morelia. Dicha zona cubre total o parcialmente la superficie de 72 colonias. Cabe señalar que bajo este esquema de análisis se presenta un desfase temporal debido a la disponibilidad de información. Por una parte se tomaron los parámetros de un evento presentado en el 2003, bajo las características de los equipamientos e infraestructura existentes en dicho momento y aunque en el recorrido de campo se detectaron cambios importantes, sobre todo en materia de infraestructura y obras de ingeniería destinadas a mitigar tales condiciones, se tomará como supuesto que las calamidades presentadas en 2003 pueden llegar a presentarse bajo el conjunto de situaciones previamente descritas.

Por otro lado los datos de población y vivienda, así como la planimetría urbana fueron tomados del II Censo de Población y Vivienda de INEGI del 2005. De antemano se resalta que la inconsistencia de esta condición de baja disponibilidad de información con correspondencia temporal y en muchos casos espacial es una constante en todo el país, salvo casos excepcionales, y más aun cuando se pretende trabajar a escalas

locales – inferiores o iguales a 1:30,000-, por la resolución espacial de las fotografías aéreas.

3.2.1 DEFINICIÓN FORMAL DE LOS SUJETOS DE VULNERABILIDAD

Los sujetos de vulnerabilidad se establecieron considerando la estructura del modelo SAVE. Estos sujetos son definidos como las entidades espaciales cuyas propiedades, espaciales y no espaciales, los someten a la influencia de las inundaciones. La estructura de cada componente se muestra en la figura 13.

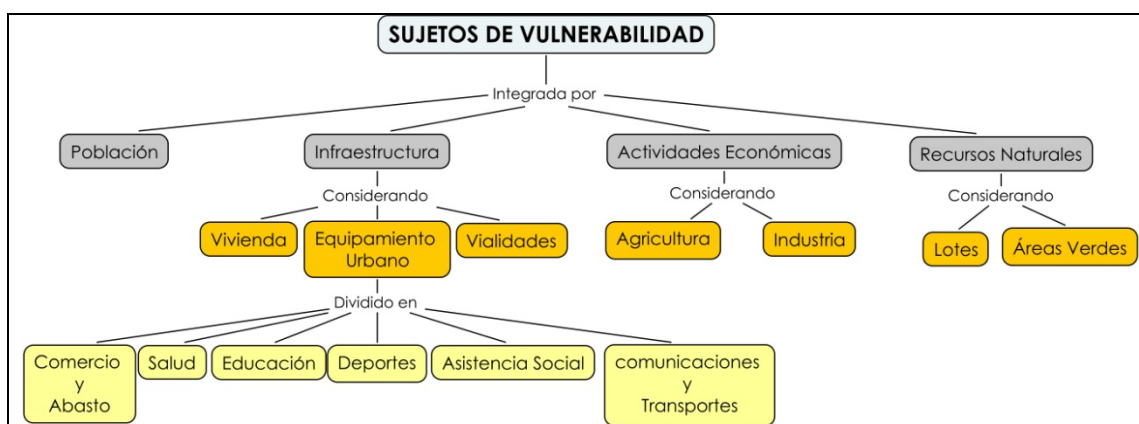


Figura 13. Esquema de la estructura de los sujetos de vulnerabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

Población

Se considera como los habitantes que residen en las zonas habitacionales y los individuos que temporalmente asisten a los planteles educativos. La mayoría de los datos empleados de este sujeto para la valoración de su vulnerabilidad corresponden a los datos del II Censo de Población y Vivienda del 2005 de INEGI, con excepción de algunos indicadores que se extrapolaron del Censo del 2000. Cada caso será mencionado en el momento de su análisis.

Infraestructura

Considerada como los activos físicos y funcionales que se emplean para la habitación y protección de la población y para dar soporte a las actividades económicas, construidos por los siguientes elementos:

- **Vivienda.** Espacio delimitado normalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se utiliza para vivir, esto es, dormir, preparar los alimentos, comer y protegerse del ambiente.

- **Equipamiento Urbano**⁹. Conjunto de edificios y espacios predominantemente de uso público en el que se realizan actividades complementarias a las de habitación y trabajo, o bien en los que se proporciona a la población servicios de bienestar social y de apoyo a actividades económicas. Incluye las edificaciones de defensa. En la zona se identificaron los siguientes:
 - **Asistencia Social.** Asilos y planteles DIF (Desarrollo Integral de la Familia).
 - **Comercial.** Comercios varios, mercados, plazas comerciales, lecherías.
 - **Comunicaciones.** Central de autobuses, oficinas de correo, estación de tren, gasolineras, medios de comunicación.
 - **Cultural.** Biblioteca y casas de cultura.
 - **Deportivo.** Cancha deportiva y unidad deportiva.
 - **Educativo.** Planteles educativos de nivel Pree, Primaria, Secundaria, Bachillerato y Profesional. Se evalúa la Exposición y la sensibilidad,
 - **Recreativo.** Cine, parque, plaza, plaza de toros, teatro, zoológico.
 - **Religioso.** Iglesias.
 - **Salud.** Hospitales, clínicas y sanatorios.
 - **Turístico.** Hoteles y sitios de interés.
 - **Varios.** Agencia de viajes, auditorio, campo de golf, estacionamiento, lugar de eventos, rastro, restaurants, servicios varios y talleres.

- **Vialidades.** Se consideró el total de caminos, calles y avenidas que integran la red vial de la ciudad y que su trazo pasa por la zona de estudio. Estas fueron clasificadas de acuerdo al rango correspondiente señalado en el PDUCPM 2004. También se consideró el valor de los flujos vehiculares en horas pico, (PDUCPM, 2004).

⁹ SAHOP. Glosario de Términos sobre Asentamientos Humanos. p. 62.

Actividades económicas

En el marco de esta investigación, se definen como actividades económicas aquellas relativas a la industria y a la agricultura. El alcance de esta categoría es muy superior a los factores considerados en esta investigación, sin embargo, para efectos de integrarlas a la parte del análisis espacial, sólo se consideró su localización y extensión dentro de la zona de estudio.

Recursos naturales

Se refiere a los elementos biofísicos que se emplean en las actividades económicas (la vegetación, el suelo y subsuelo, el agua y el aire). En esta investigación sólo se consideró el recurso suelo, aunque no desde la condición biofísica estrictamente, más bien en su carácter de medio que posibilita la realización de actividades, en este caso el recurso suelo es visto como aquel que posibilita su utilización para el emplazamiento de actividades humanas o como áreas de reserva natural.

A efectos de identificar una diferenciación funcional del recurso, se subdividió en dos tipos: 1) lotes; aquellos espacios que se encuentran dentro una manzana que presenta algún tipo de uso, en la mayoría de los casos este uso es habitacional o aquellas manzanas que se localizan dentro de una zona urbanizada 2) Áreas caracterizadas como los predios con vegetación arbórea predominantemente que no cuentan con edificaciones ni presentan uso agrícola. Esta diferenciación responde a un criterio empírico basado en la susceptibilidad de urbanización de cada uno de estos espacios. Los lotes son propiedades que prácticamente disponen de los servicios municipales básicos, por lo tanto la incorporación de estos para habilitar algún uso (exceptuando actividades agropecuarias), es relativamente sencilla. Mientras que los espacios clasificados como áreas verdes, son de mayor extensión y cuentan con alguna categoría de conservación (caso de la Reserva Ecológica Urbana, localizada rumbo a la salida a Salamanca). Finalmente los espacios arbolados son aquellos predios en donde predomina esta cobertura y que no presentan uso aparente.

3.2.2 DEFINICIÓN ESPACIAL DE LOS SUJETOS DE VULNERABILIDAD DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio la constituyen las zonas con algún rasgo o reporte de haber sufrido daños por inundaciones o ser potencialmente susceptible a inundarse, el perímetro de ésta fue definido en el capítulo 2. La cartografía base empleada fue tomada de la restitución efectuada por el Instituto de Geografía de la UNAM para de 1998 y actualizada con imágenes de satélite de la traza urbana, la cual fue tomada de INEGI y corresponde a los datos generados en el II Censo de Población y Vivienda del 2005.

El perímetro del área de estudio no corresponde en términos geométricos a la traza urbana, es decir, en muchos casos el límite de esta zona corta las manzanas en varios polígonos. La estrategia para identificar la proporción de datos correspondientes a cada sub-polígono de manzana consistió en subdividir los polígonos de manzana. La subdivisión hizo con base en cartografía catastral, con el apoyo de imágenes de satélite (provenientes de *Google Earth*), Imagen *QuickBird* con resolución espacial de 1 metro, con fecha de toma de abril del 2006, e inspección en campo para verificar la existencia del equipamiento y las zonas habitacionales. Se diferenciaron las zonas habitacionales del resto de los elementos del territorio (Equipamiento, Zonas Agrícolas y lotes sin construcciones) para identificar la superficie a la que están referidos los datos de INEGI. Se puso especial énfasis, en aquellos polígonos cortados por el perímetro inundable. El resultado fue un mapa que contiene el porcentaje de las zonas habitacionales que se encuentran dentro del área de estudio. Este porcentaje se tomó como la proporción de la información de INEGI correspondiente a dichas entidades. Este mapa fue verificado y corregido con un recorrido en campo, en donde se contaron las viviendas que estarían dentro de cada polígono.

Cabe mencionar que este es sólo un modelo que estima la proporción de información correspondiente a cada polígono, por lo tanto, la correspondencia precisa de los atributos de cada vivienda solo funcionan como un referente que permite contabilizar y representar la información disponible. La única forma de asignar de forma exacta la información a cada polígono de manzana, es mediante la aplicación de un censo

estricto de cada vivienda, lo cual solo lo efectúa el INEGI, por los altos costos que representa (Figura 14).

Debido a que el modelo empleado para el análisis de vulnerabilidad se sustenta en las relaciones espaciales que guardan los componentes de la vulnerabilidad, fue de suma importancia llegar a una definición cartográfica que permitiera efectuar los análisis posteriores.

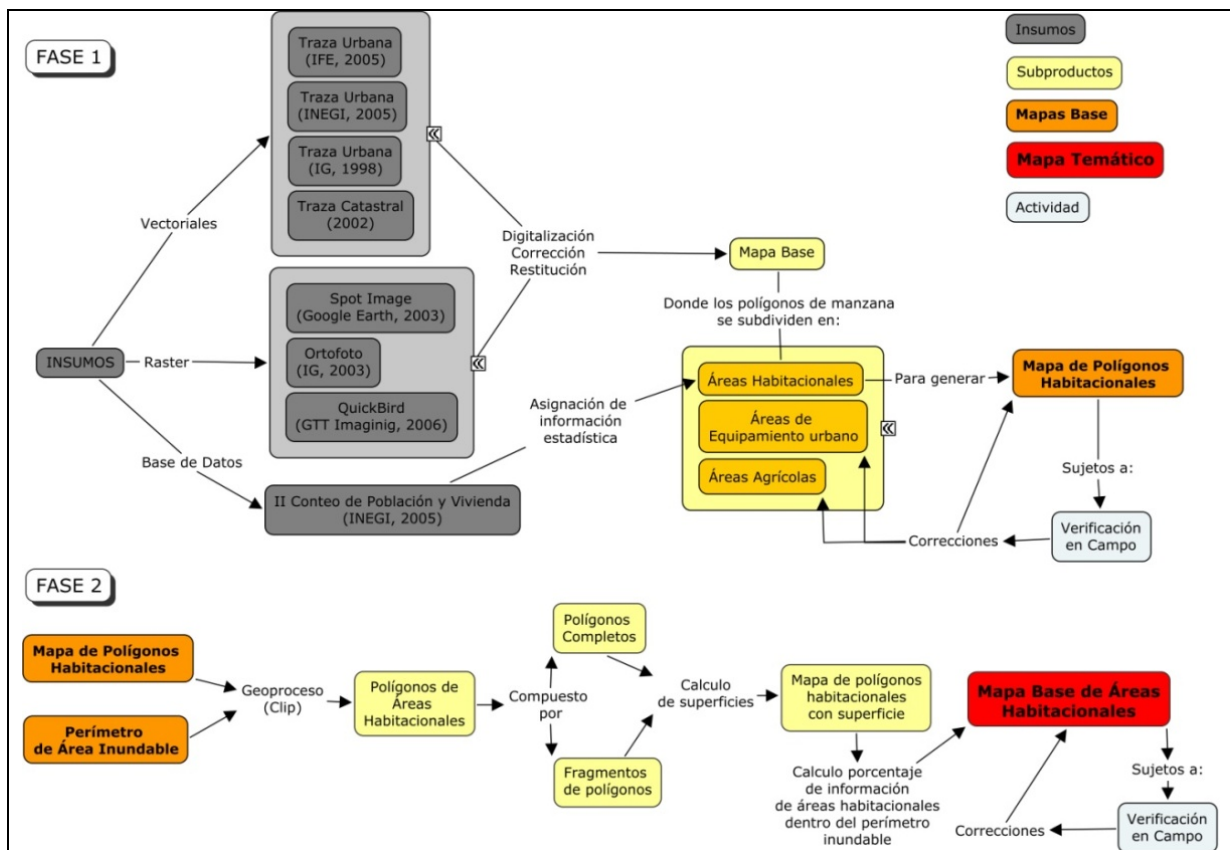


Figura 14. Esquema metodológico para asignación de datos a polígonos de uso habitacional. Fuente: Elaboración propia.

Para la incorporación de los elementos del equipamiento urbano a la cartografía base, se utilizó la cobertura de puntos del plano de “Equipamiento” del Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Morelia 2004. La información puntual fue transferida a una base poligonal (las Manzanas de INEGI) mediante la interpretación de fotografía aérea y con el apoyo de la cartografía catastral, identificando: escuelas,

hospitales, gasolineras, talleres mecánicos, agencias de viajes, templos, industrias, plantas de energía, oficinas gubernamentales, centros comerciales, farmacias, etc.

La definición espacial de los sujetos de vulnerabilidad responde en la mayoría de los casos a la condición del emplazamiento de los fenómenos geográficos. En el planteamiento de esta investigación sólo se considera a la población como el sujeto que ocupa el territorio en forma dinámica. Por lo tanto, este sujeto fue confinado a dos entidades espaciales: zonas habitacionales y zonas escolares; las primeras corresponden a los espacios habitacionales y las segundas a los planteles escolares.

3.2.3 DEFINICIÓN LOS REQUERIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD DE CADA SUJETO

En esta sección se definen las variables y los indicadores que permiten efectuar el análisis de cada componente de la vulnerabilidad de cada sujeto de acuerdo con los requerimientos de las definiciones de: exposición, sensibilidad y resiliencia previamente dadas. El objetivo es presentar en dos esquemas de evaluación: el ideal y el posible, siendo este último es el que se empleó en esta investigación. Se consideró necesario incluir ambos esquemas debido a que los resultados de esta investigación pueden ser empleados como un modelo dinámico de evaluación de las condiciones de vulnerabilidad a inundaciones en la ciudad de Morelia.

Exposición

Para solventar este requerimiento del modelo se necesita conocer: 1) la distribución espacial de la amenaza y los niveles de peligro, y 2) Los patrones de movilidad de los sujetos de vulnerabilidad que definan su estancia en cada espacio definido. En ambos casos se toma en cuenta el emplazamiento de los sujetos de vulnerabilidad (Ver Figura 15).

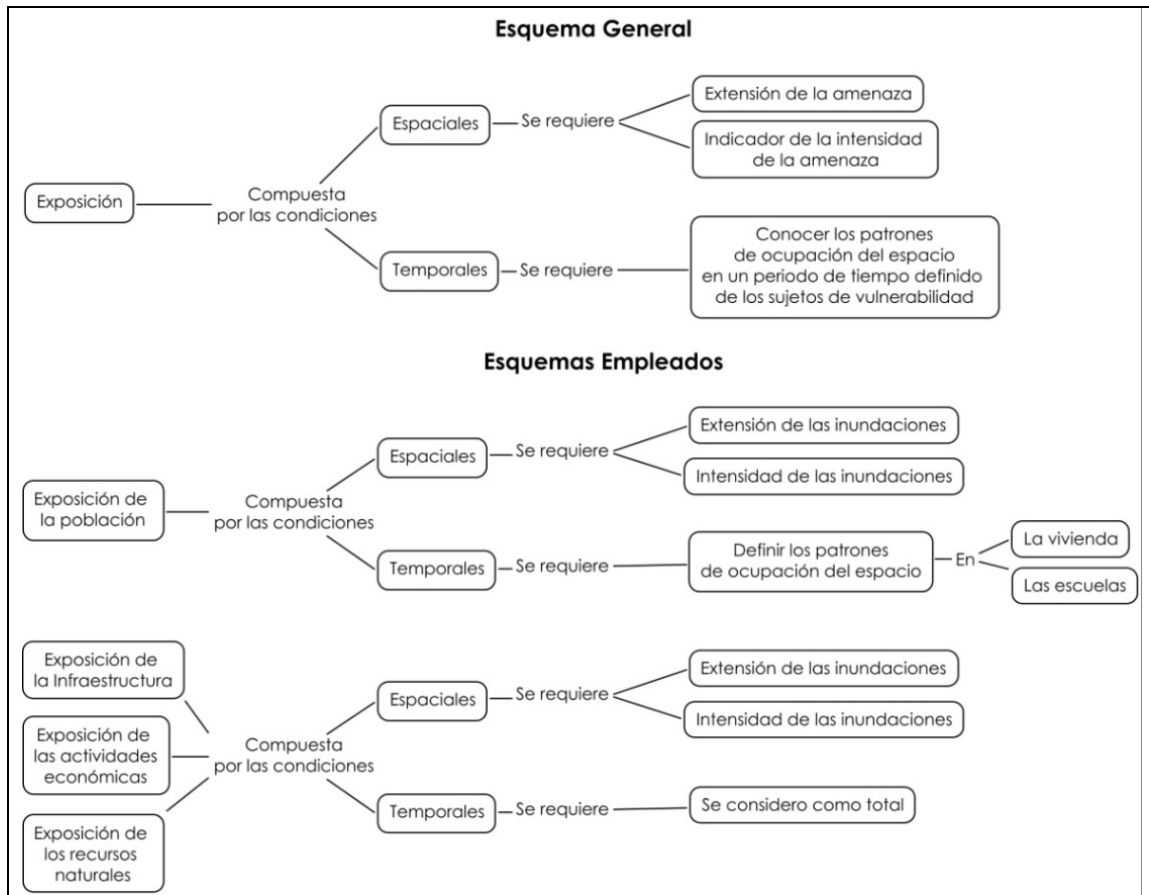


Figura 15. Esquema de criterios para definir los niveles de exposición de los sujetos de vulnerabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

Sensibilidad

Para solventar este requerimiento del modelo es necesario conocer las características dañinas del fenómeno respecto a cada sujeto de vulnerabilidad, debido a que cada sujeto se comporta de manera distinta ante la ocurrencia de una inundación. En la evaluación de esta condición de la vulnerabilidad se puso mayor énfasis en los atributos que definen la sensibilidad de la población y las vialidades, debido a que la gestión de los datos permitió construir el esquema de evaluación para estos dos elementos (Ver Figura 16).

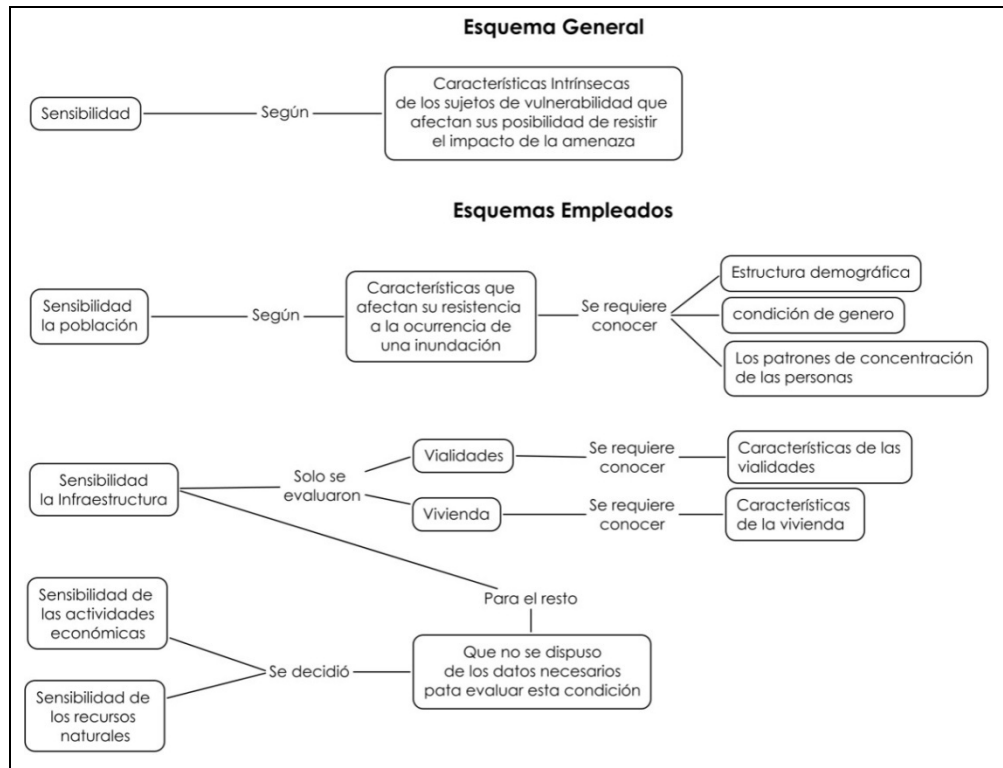


Figura 16. Esquema de criterios para definir los niveles de sensibilidad de los sujetos de vulnerabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

Resiliencia

Para solventar este requerimiento del modelo se necesita conocer las propiedades de la población que le permiten salir adelante después de la ocurrencia de una inundación. Por lo tanto es necesario definir las características de los sujetos de vulnerabilidad que permiten dicha situación. En esta investigación se puso énfasis en determinar estas propiedades únicamente para la población (ver figura 17). Ya que la investigación de dichas características para el resto de los sujetos está fuera del alcance de las capacidades cognitivas empleadas en esta investigación, requiriéndose la intervención de grupos de especialistas en cada tópico, lo que demanda grandes esfuerzos logísticos y además de la inversión de recursos económicos.

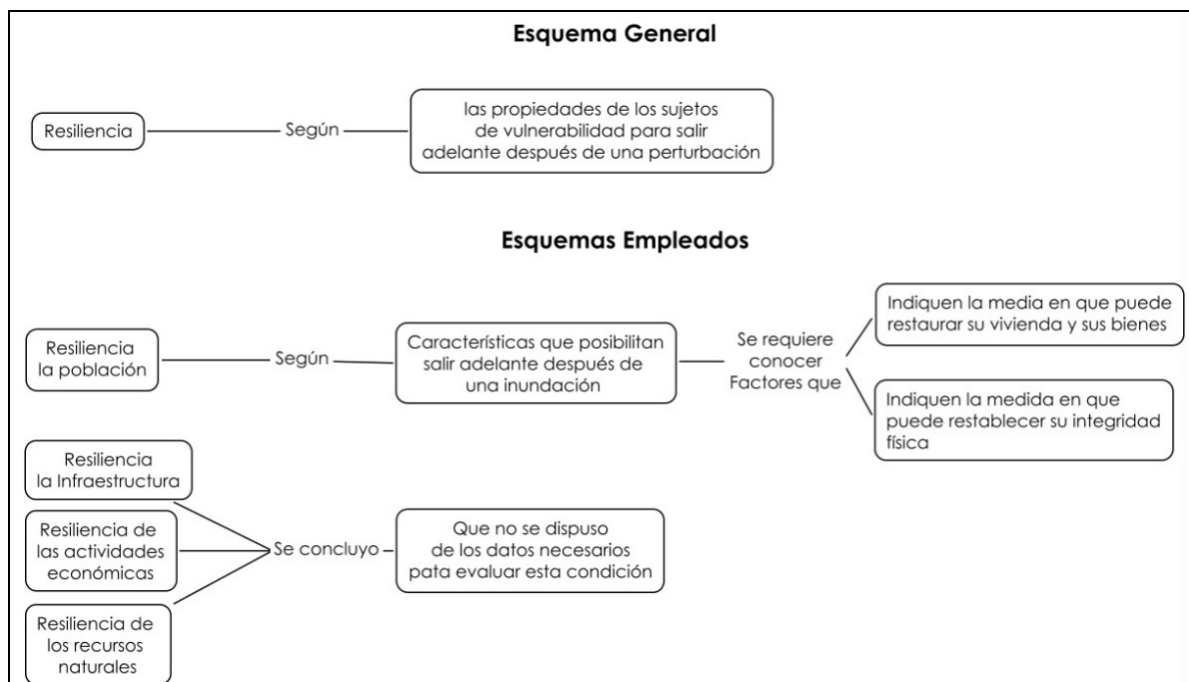


Figura 17. Esquema de criterios para definir los niveles de sensibilidad de los sujetos de vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 METODOLOGIAS PARA EVALUAR LOS COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD PARA CADA SUJETO

3.2.4.1 EXPOSICIÓN

3.2.4.1.1 Exposición espacial

El método para definir los niveles de exposición espacial de cada sujeto de vulnerabilidad consistió en efectuar un cruce del mapa de los sujetos de vulnerabilidad con la capa de información de niveles de susceptibilidad a inundaciones, en software Arcview 3.1. Con dicho procedimiento se transfirieron los valores de la capa de susceptibilidad a inundaciones a cada uno de los polígonos de los sujetos de vulnerabilidad (Ver Figura 18).

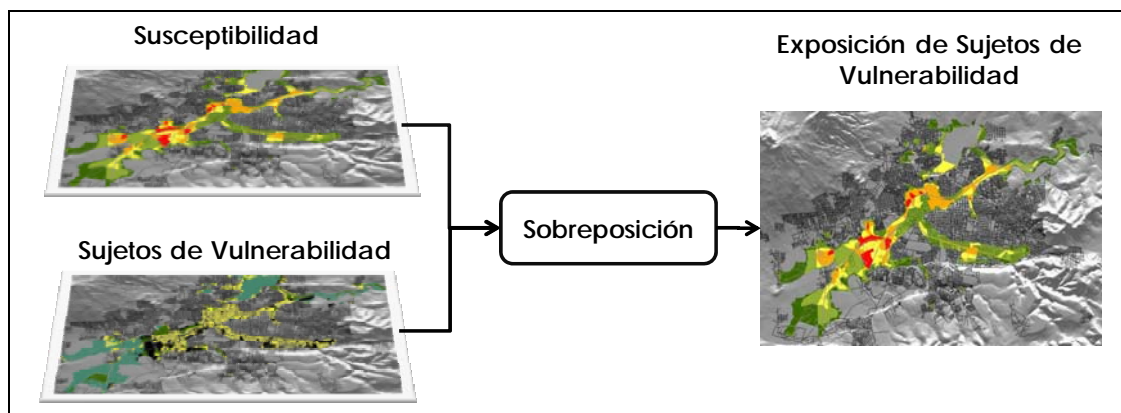


Figura 18. Esquema del procedimiento para definir los niveles de exposición espacial de los sujetos de vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Sólo para el caso de la población se definió un método para identificar el componente de exposición temporal, debido a que para este sujeto se obtuvo la información suficiente. En seguida se explican los lineamientos.

3.2.4.1.2 Exposición Temporal

En cuanto a la metodología para definir el nivel de exposición temporal (ET_v), se diseñaron supuestos que tienden a definir el tiempo que la población se concentra en espacios habitacionales y escolares.

Población en zonas habitacionales

Para el análisis de la población en los espacios habitacionales se emplearon los siguientes supuestos:

- **Supuesto 1.** Todos los habitantes que estudian¹⁰ se encuentran fuera del hogar en promedio 7 horas (6 del turno escolar y 1 de traslado), por lo tanto de las 24 horas del día 7 estarán ausentes y por lo tanto este tiempo no estarán expuestos en las viviendas. La proporción resultante es $1-(7/24)$, este valor define el tiempo de exposición en las viviendas.
- **Supuesto 2.** En cuanto a la “población que trabaja”, se asume que este segmento de la población de la manzana está ausente en promedio 9 horas (8

¹⁰ Se tomó como base el dato de INEGI 2005.

horas de trabajo más 1 de traslados), por lo tanto la porción del tiempo que están en sus hogares responde a la razón de $1 - (9/24)$.

- **Supuesto 3.** Se extrapoló el segmento de la población que no trabaja y que no asiste a la escuela (Pnte) mediante la resta de la población total (PT) menos la población que estudia (Pe), Menos la Población que Trabaja (Pt). Se asume que este segmento de la población se encuentra en su hogar las 24 horas del día¹¹.

$$\mathbf{Pnte = PT - Pe - Pt}$$

Un vez definidos los estratos de la población por manzana y asignada una cantidad de tiempo del día que cada uno se encuentra la vivienda, se procedió a calcular un promedio del tiempo que esta está ocupada en función de las características de sus habitantes.

El procedimiento consistió en definir la proporción de población que pertenece a cada estrato, dividiendo la población de cada uno entre la población total. Este procedimiento permitió hacer comparables los resultados entre todas las manzanas, ya que están ajustadas a una misma escala sin importar el tamaño de la población de cada una de ellas. A continuación se multiplicó el porcentaje de la población de cada estrato por su correspondiente tiempo de exposición y se sumaron los tres grupos de datos. El resultado expresado en valores de entre 0 y 1 refleja el tiempo promedio que la población se encuentra en sus viviendas. El valor de 0 representa que la manzana no se encuentra habitada en todo el día y el valor de 1 hace alusión a que en promedio la población se encuentra en sus viviendas las 24 horas del día. La función matemática diseñada para el cálculo es la siguiente:

$$\mathbf{ET_v = ((Pe/PT)*(1-(7/24))) + ((Pt/PT)*(1-(9/24))) + ((Pnte/PT)*(1-(0/24)))}$$

¹¹ Aunque en realidad es menos dado que muchos de ellos quizás salen al mercado o de compras o por razones sociales.

Donde:

ET_v= Exposición temporal en viviendas

Pe= Población que asiste a la escuela

PT= Población Total

Pt=Población que trabaja

Pnte= Población que no trabaja ni estudia

Por ejemplo: En una manzana integrada por 40 habitantes de los cuales; 20 asisten a la escuela, 10 trabajan y 10 no trabajan ni estudian. El indicador de exposición temporal se comportaría de la siguiente manera:

$$ET_v = ((20/40)*(1-(7/24))) + ((10/40)*(1-(9/24))) + ((10/40)*(1-(0/24))) = 0.76 = 18:15$$

Lo que implica que el tiempo de exposición de la población es alto debido a que en promedio esta manzana está ocupada poco más de 18 horas.

En otro ejemplo en el que la manzana este habitado por 2 personas que no trabajan y no asisten a la escuela, se comportaría de la siguiente manera:

$$ET_v = ((0/2)*(1-(7/24))) + ((0/2)*(1-(9/24))) + ((2/2)*(1-(0/24))) = 1.00 = 24:00$$

Lo que indica que el tiempo de exposición es muy alto debido a que los habitantes de esta manzana están expuestos en sus viviendas todo el tiempo.

Los datos disponibles en esta investigación están a nivel de manzana, por lo tanto estos supuestos se extrapolaron a esta escala agrupando las condiciones de las viviendas y segmentando a la población en los estratos antes mencionados.

Población en zonas escolares

El caso de las zonas escolares es menos complejo que el comportamiento de las viviendas, ya que son espacios que están ocupados bajo condiciones muy específicas y los estratos poblacionales que en ellas se ubican están bien definidos así como los horarios en que estos espacios son utilizados. El tratamiento de la exposición temporal en escuelas (ET_e) se reduce al tiempo que el inmueble opera, en todos los planteles que brindaron información se tiene el dato de los turnos que opera así como los horarios, que cuentan de jornadas de 6 en horas promedio para los alumnos y de 8 para el personal. La lógica de la integración es la misma que el caso de las zonas habitacionales. Por lo tanto aquellas escuelas que solo operan 6 horas estarán ocupadas 6/24 partes del día por los estudiantes y 8/24 por el personal. La evaluación de exposición temporal de la población en planteles educativos, al considerar que la población que asiste a la escuela en cada turno es distinta en cada caso, se definió que el tiempo exposición de la población es aquel que el plantel opera en un turno.

$$ET_e = ((AI/PTp) * (6/24)) + ((Pr/PTp) * (8/24))$$

Donde:

ET_e = Exposición temporal en escuelas

AI = Numero de alumnos del plantel

PTp = Número total de personas en el plantel (alumnos más personal)¹²

Pr = Personal que labora en la escuela (Profesores, administrativos, intendentes, etc.)

En este caso el valor de exposición temporal presenta un valor máximo de 8 horas, sin embargo la predominancia de la cantidad de estudiantes sobre el personal tiende a mantener el valor de tiempo de exposición en valores intermedios de entre 6 y 8.

Cabe señalar que este es un modelo conceptual empírico de elaboración propia y trabaja sobre el supuesto de que el patrón de ocupación de la vivienda se comporta de

¹² Los datos de alumnos, profesores y personal administrativo, fueron tomados de la SEP.

manera homogénea en toda el área de estudio. En realidad, la heterogeneidad que se presenta es difícilmente cuantificable sin datos específicos de los hábitos de las familias morelenses a nivel de núcleo familiar. Por tanto, en su carácter de modelo, este planteamiento excluye dichas divergencias y se implementa como una línea de análisis práctico que responde a los insumos de información que fue posible recabar.

En este modelo se excluyen las condiciones de movilidad en periodos vacacionales, en donde las condiciones de ocupación del territorio son mucho más difusas. Además excluye la condición de los patrones de concentración y dispersión de la población los días en que no se trabaja o no se asiste a la escuela. La principal justificación de la exclusión de estas condiciones responde principalmente a la falta de datos que permitan estimarlas. Adicionalmente se plantea en el esquema el hecho de que debido a que las precipitaciones comienzan a incrementarse en el mes de mayo teniendo los máximos en Julio, Agosto y septiembre, este último mes con temperaturas más bajas y con suelos saturados que incrementan el escurrimiento superficial (Carlón y Mendoza, 2007), exceptuando los días de entre el 3 de julio hasta el 18 de agosto correspondientes al periodo vacacional¹³, el resto de los días los planteles educativos están operando.

Población en otras zonas

Como ya se mencionó, no fue posible conseguir información para definir los niveles de exposición de la población en otros espacios que no fueran habitacionales o escolares, sin embargo, la disponibilidad de información referente a los volúmenes y características de la población en espacios: laborales, comerciales, religiosos, etc. alimentaría en gran medida la estimación de este componente. La metodología para el tratamiento de los datos sería bajo los esquemas ya planteados, documentando las características de la ocupación de dichos espacios.

¹³ Según el Calendario escolar de la Secretaría de Educación Pública 2008-2009.

3.2.4.2 SENSIBILIDAD

3.2.4.2.1 Población

Esta primera sección de este apartado aborda los procesos metodológicos que fueron empleados para evaluar el nivel de sensibilidad a inundaciones de los sujetos de vulnerabilidad. Cabe señalar que esta característica sólo fue evaluada para la población y la infraestructura, en donde para esta última se consideró a la vivienda y a las vialidades. De igual forma que análisis anteriores la principal dificultad para evaluar este atributo en el resto de los sujetos de vulnerabilidad la constituye la poca disponibilidad de datos.

En esta etapa de la evaluación se diferenció la condición de ocupación del espacio de la población en zonas habitacionales y en zonas escolares. Las variables empleadas para definir su condición de sensibilidad, fueron seleccionadas de tomando en cuenta estas consideraciones y buscando que describieran su condición de sensibilidad. En seguida se enuncian las variables por tipo de espacio analizado.

Población en zonas habitacionales

Condición de Género (Cg). Según los datos de mortandad reportados en el desastre provocado por el tsunami en Tailandia, donde murieron en mayor proporción las mujeres que los hombres. De total de muertos el 64.7% eran mujeres. Este dato se toma como un valor para ponderar el peso de este componente (Rofi, Doocy and Robinson, 2006).

Por condición de Edad (Ce). Tomando los datos publicados por Birkmann *et al.* (2007), respecto a las muertes presentadas en varios desastres naturales, donde se definen que los grupos más vulnerables corresponden a niños de entre 0 y 10 años y a adultos mayores a 60 años. Para definir los pesos de cada grupo de edades se aplicará una normalización de los datos tomando como base aquellas manzanas donde hay mayor cantidad de habitantes en cada grupo de edad.

Por densidad de población (Hp). Al procesar los datos de género y edad, se obtiene la proporción de los individuos pertenecientes a ambos grupos, pero la dimensión de “volumen” de individuos no está presente en el análisis. Para dar este atributo al análisis se incorporó la variable de densidad poblacional. A mayor cantidad de habitantes por vivienda entonces mayor la proporción de individuos en las categorías antes mencionadas. Se calculó el número de individuos que habitan cada manzana por número de viviendas, en los valores máximos se presentaron en zonas habitacionales de tipo edificios verticales, en donde superficies pequeñas concentran grandes volúmenes de población, al igual que en las escuelas. La integración se efectuó mediante una relación lineal suponiendo que cada componente tiene igual importancia para definir la sensibilidad de la población, de la siguiente manera:

$$\text{Sensibilidad de la población en Zonas Habitacionales} = (Cg + Ce + Hp) / 3$$

En donde los valores más cercanos a 1 clasificadas con nivel de sensibilidad muy alto, representan manzanas en donde la población femenina, la proporción de adulto y niños es muy elevada además de ser zonas densamente pobladas.

Población en zonas escolares

Nivel de Instrucción (Ni). La distribución de los grupos de edad es muy clara en los planteles educativos debido a que el nivel de instrucción que ofertan restringe el umbral de edades que puede pertenecer a cada nivel de instrucción. Para la evaluación de esta variable se utilizó un criterio que difiere del aplicado en las zonas habitacionales, ya que el estrato poblacional de los niños se encuentra más disgregado entre los niveles de Preescolar y Primaria.

De los 5 niveles de que se identificaron en el área de estudio, se le asignó de forma cualitativa un valor del 1 al 5, para diferenciar niveles de sensibilidad en cada nivel. Al nivel de preescolar se le asignó el valor de 5 y al nivel profesional el valor de 1, sentando las condiciones de que el 5 es la condición más sensible y el 1 la de menor sensibilidad. A los niveles intermedios se les asignaron los valores de; 4 a las primarias;

3 a las secundarias y 2 a niveles de bachillerato o equivalentes. Posteriormente estos valores fueron normalizados a escalas de 0 a 1 para hacerlos comparables con los demás análisis. A los niveles intermedios o mixtos, que combinan dos o más niveles de instrucción, se les puso un valor intermedio entre los niveles educativos que se ofertan.

Condición de hacinamiento (Ch). Ya con la estructura demográfica identificada, se procedió a hacer el cálculo de densidades para integrar la noción de volumen de estudiantes a la ecuación. Dichos valores se normalizaron a escalas de 0 a 1, donde aquellos valores cercanos a uno, describirán escuelas de nivel preescolar con altas densidades de hacinamiento, cuando el valor tiende a cero, entonces se trata de escuelas de nivel profesional ocupados por población adulta.

La integración de estos dos valores se efectuó de la siguiente manera:

$$\text{Sensibilidad} = (N_i + Ch)/2$$

3.2.4.2.2 Infraestructura

La evaluación de las condiciones de sensibilidad de este sujeto de vulnerabilidad, se restringió a considerar solo dos componentes; la vivienda y las vialidades. Para cada una de estas se diseñaron procedimientos para su valoración, que son mencionados en seguida.

Vivienda

Este indicador compuesto busca definir el tipo de viviendas que, de acuerdo a sus características generales, es más sensible a sufrir daños por la ocurrencia de una inundación y por lo tanto cuales de estas son más propensas a perder, temporal o permanentemente su función como espacio físico que aloja a las personas y a sus bienes. De entrada, la falta de información más detallada de las características físicas y estructurales de las viviendas, condujo elaborar indicadores que de cierta forma reflejaran cuan sensible es el inmueble de perder su capacidad de funcionar como espacio habitacional. Se consideraron cuatro aspectos; tipo de vivienda, edad relativa

de la finca, viviendas con 1 solo cuarto y número total de viviendas en la manzana. Los criterios y métodos de evaluación e integración se explican a continuación:

Por tipo de vivienda. El tipo de vivienda indica el tipo y morfología de la construcción. INEGI (2005), identifica tipos de viviendas, enlistadas en el cuadro 22. Mediante una serie de evaluaciones cualitativas, comparando por pares los tipos de vivienda argumentando su condición de sensibilidad, se determinaron pesos relativos, que indican la tipología más sensible¹⁴. En este mismo, se señala el grado de sensibilidad que presenta cada tipo de construcción a las inundaciones.

Diferenciación de la vivienda particular de acuerdo con sus características de infraestructura, independencia, diseño, construcción (fija o provisional) y/o adaptación. Para el Censo 2005 se clasifican en:

- **Casa independiente.** Vivienda particular que no comparte pared, techo o piso con otra vivienda, y que cuenta con acceso independiente desde la calle, camino o campo.
- **Departamento en edificio.** Vivienda particular que forma parte de un conjunto de viviendas agrupadas; comparte alguna pared, techo o piso con otra vivienda y tiene acceso independiente desde un espacio o área común, como pasillos, escaleras, andadores, etcétera.
- **Cuarto de azotea.** Vivienda particular localizada en la azotea de una vivienda o edificio de departamentos, que al momento de la entrevista está habitado por personas que no comparten el gasto para alimentación con los ocupantes del departamento al que pertenece dicho cuarto.
- **Vivienda o cuarto en vecindad.** Vivienda particular que forma parte de un conjunto de viviendas agrupadas en un mismo terreno, puede compartir con otra vivienda la pared, el techo o el piso; tiene acceso independiente desde un

¹⁴ Se empleo el modelo de procesos de análisis jerárquico (AHP, por sus siglas en ingles), implementado en el software *Expert Choice 11*.

espacio o área común, como patios, pasillos o escaleras. Generalmente sus habitantes comparten el sanitario o excusado y el acceso al agua.

- **Local no construido para habitación.** Edificación construida para realizar alguna actividad económica o especializada como fábrica, tienda, faro, taller, bodega u oficina, entre otras, que al momento de la entrevista se utiliza total o parcialmente para vivir, independientemente de que ahí se realicen otras actividades.
- **Vivienda móvil.** Vehículo o instalación temporal que puede ser transportada de un lugar a otro y que al momento de la entrevista era utilizada para vivir. Por ejemplo: remolque, casa rodante, vagón de ferrocarril, barco, tienda de campaña o carpa de circo, entre otras.
- **Refugio.** Lugar improvisado o adaptado que al momento de la entrevista se utilizaba para vivir.
- **Vivienda colectiva (SCv).** Edificación utilizada para alojar personas sujetas a normas de convivencia y comportamiento por motivos de salud, educación, disciplina, readaptación, religión, trabajo y asistencia, entre otras. Las personas que se alojan en estas viviendas comparten un objetivo o interés común; o bien, cumplen disposiciones legales o militares.

Cuadro 2. Claves, clases y pesos de las tipologías de vivienda

Clave Clase de vivienda	Clase de Vivienda Particular	Peso	Clave Peso
Cv5	Local no construido para habitación	1.000	P5
Cv6	Vivienda móvil	0.902	P6
Cv3	Vivienda o cuarto vecinal	0.657	P3
Cv1	Casa independiente	0.427	P1
Cv7	Refugio	0.342	P7
Cv4	Vivienda o cuarto en azotea	0.197	P4
Cv2	Departamento o edificio	0.172	P2
Cv9	Sin respuesta por ser vivienda colectiva	0.160	P9
Cvb	No especificado	0.087	Pb

Fuente: Elaboración propia en base a tipos de vivienda de INEGI

El cálculo de sensibilidad por clase de vivienda (**Scv**) particular se efectuó promediando el valor resultante del cálculo de la proporción de viviendas de cada clase al interior de cada manzana por su peso respectivo, de la siguiente forma:

$$Scv = \frac{((Cv1/Tv)*P1) + ((Cv2/Tv)*P2) + ((Cv3/Tv)*P3) + ((Cv4/Tv)*P4) + ((Cv5/Tv)*P5) + ((Cv6/Tv)*P6) + ((Cv7/Tv)*P7) + ((Cv9/Tv)*P9) + ((Cvb/Tv) * Pb)}{Nc}$$

Donde:

Cv1-9,b = Número de viviendas de cada clase en la manzana

P1-7,b = Peso de cada clase de vivienda

Tv = Total de viviendas de la manzana

Nc = Número de clases, en este caso es igual a 8.

En este cálculo se estima la proporción de cada tipo de vivienda dentro de cada manzana. Lo cual en cierta medida describe la estructura de las tipologías de vivienda al interior de cada manzana. El resultado de la ecuación expone que cuanto más se aproxima el valor a 1 (peso de la vivienda no construida para uso habitacional) la estructura de la manzana está dada en mayor medida por viviendas de tipo Cv5 y/o Cv6. Valores próximos o inferiores a 0.3 reflejan que en la manzana predominan viviendas del tipo Cv7, Cv4 o Cv9, y mientras que si los valores son menores a 0.1, entonces no se definió el tipo de vivienda.

Por edad relativa de la finca (SEf). Mediante la revisión de materiales de carácter urbano-histórico (INEGI, 2005) donde se presenta el crecimiento histórico de la ciudad en periodos de diez años hasta el 2002, y mediante comparación de fotografía aérea del 2003 e imagen *Quickbird* de abril del 2006.

En este planteamiento se determinó que las viviendas más antiguas (con más de 50 años de haber sido construidas), son más sensibles a los efectos del agua en sus muros y su cimentación debido al deterioro natural de los inmuebles. Mientras que las viviendas de reciente construcción, han estado expuestas menor cantidad de veces a

las inundaciones y sus materiales de construcción presentan menor deterioro, por lo tanto entre más reciente es la edificación menos sensible. Los 5 rangos obtenidos fueron normalizados a una escala de 0 a 1 para poder complementarlas con el resto de las variables de la vivienda.

Por número de cuartos de la vivienda (Snc). Las viviendas con un solo cuarto presentan mayor grado de sensibilidad, debido a que la función de espacio para habitar ya que no cuenta con otra área en donde puedan alojarse sus habitantes, ni tampoco brindan un espacio para resguardar los bienes. La única opción que brindan es trasladar a la población y sus bienes a la azotea. Las opciones que tiene la vivienda para seguir estando habitada y resguardar los bienes se incrementa en la medida que cuenta con más habitaciones. Por lo tanto este indicador se calculó normalizando el valor de número de viviendas con un solo cuarto. El cálculo del indicador se efectuó mediante la división del número de viviendas con un solo cuarto en la manzana entre el total de viviendas.

Sensibilidad por condición cuartos = Viviendas con 1 cuarto/ Total de viviendas

El resultado fue normalizado dividiendo el valor generado en cada manzana entre el máximo de toda la muestra.

Por número de viviendas en la Manzana (Snv). El cálculo de esta variable se incluye para incorporar la noción de volumen en el cálculo total de la vivienda. Para su estimación se normalizó el valor de número de viviendas de la manzana a escala de 0 a 1 tomando como base el valor máximo de viviendas por manzana registrado en el área de estudio.

Sensibilidad total de las viviendas (Stv) La integración de los criterios de sensibilidad de la vivienda se efectuó mediante el cálculo del promedio de los cuatro indicadores, de la siguiente manera:

$$Stv = (SCv + SEf + Snc+Snv)/4$$

Donde:

STv = Sensibilidad total de la vivienda.

SCv = Sensibilidad por clase de vivienda.

SEf = Sensibilidad por edad relativa de la finca.

Snc = Sensibilidad por número de cuartos.

Snv = Sensibilidad por número de viviendas por manzana.

El resultado de la integración supone que las manzanas que obtengan valores iguales o cercanos a “1”, son aquellas que contienen gran número de viviendas, integrada por viviendas no construidas para uso habitacional, vivienda móvil o cuartos vecinales, cuya constitución de espacios interiores está dada en mayor medida por una sola habitación multifuncional, y que se trata de viviendas que tienen más de 50 años de antigüedad. Caso contrario, en que los valores son próximos a “0”, se habla de viviendas relativamente nuevas, con más de un cuarto, y mayoritariamente de clase edificio o departamento con una lotificación amplia que a pesar de ser este tipo de viviendas son muy pocas en la manzana.

Vialidades

Este indicador describe el impacto, y por lo tanto la sensibilidad de la vialidad en el aspecto funcional más que en el estructural, ya que la potencial pérdida de las capacidades para las que fue diseñada la vialidad es un efecto de las inundaciones. Si se evaluara solo el aspecto físico (del cual no se tienen muchos datos) solo se tendría un valor de deterioro de la carpeta asfáltica. Más aun si se evalúa como un elemento que contribuye al funcionamiento urbano, cobra mayor importancia este enfoque. Para evaluar esta condición de sensibilidad de incorporaron dos criterios: flujo y jerarquía de la vía, los detalles metodológicos y los resultados se mencionan a continuación.

Por Jerarquía (SVJ). La estimación de la jerarquía de la vialidad se realizó tomando como base el valor de velocidad promedio en el que se puede circular por cada vía,

dicho valor está incluido en los atributos de las tablas de archivos vectoriales de la cartografía del IFE¹⁵. Para generar un valor que reflejara la jerarquía de las vialidades y que su vez pudiera ser combinado con los demás atributos de la valoración de la vulnerabilidad de las vialidades, los valores de velocidad fueron normalizados tomando como base el valor máximo de velocidad, en este caso 70 kilómetros por hora, correspondientes al anillo periférico y vialidades que conectan a la ciudad con el interior del estado.

Por flujo (SVF). El análisis de sensibilidad de las vialidades se efectuó mediante la identificación de los flujos vehiculares registrados en horas pico en las principales vialidades de la ciudad. Se considera que el papel que desempeñan estas vialidades para que las actividades cotidianas de la población sean efectuadas define que tan sensible es la vía. Por lo tanto el enfoque no está dirigido a las condiciones físicas de la vía, sino, a el papel que desempeña para el funcionamiento urbano, por lo tanto se considera que aquellas vialidades de mayor rango y/o con los flujos vehiculares más amplios son más sensibles, mientras que las vialidades locales, aunque son el canal inmediato de evacuación, no son tan sensibles.

Sensibilidad Total de las vialidades (STV). El cálculo de sensibilidad total de las vialidades se efectuó tomando los datos antes mencionados, sumándolos y sacando el promedio de ambos valores.

$$STV = (SVF + SVJ)/2$$

Los valores resultantes cercanos a 1 indican aquella vialidad con los mayores flujos vehiculares y que son las vialidades de mayor importancia en el sistema vial urbano. Mientras que valores cercanos a 0 describen vialidades en las que su importancia se reduce al nivel local, en donde los flujos vehiculares son ligeramente mayores al tránsito local. El valor del indicador radica en que permite conocer las vialidades de mayor importancia en el sistema urbano, cualquier situación que afecte el funcionamiento total o parcial de las vialidades de mayor jerarquía tienen un impacto a nivel urbano en su

¹⁵ Dicha información fue corroborado con los datos del PDUCPM 2004.

totalidad. Por lo tanto la sensibilidad del sistema vial urbano es directamente proporcional a la importancia de la vía.

3.2.4.2.3 Actividades económicas

Para este tipo de sujetos de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis.

3.2.4.2.4 Recursos naturales

Para este tipo de sujetos de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis.

3.2.4.3 RESILIENCIA.

3.2.4.3.1 Población

La evaluación del nivel de resiliencia de los sujetos de vulnerabilidad se limitó a la población en las viviendas, debido a que por la naturaleza del concepto de resiliencia aplicado en esta investigación solo se pueden usar atributos que pueden ser cuantificables en la población. Con el objetivo de medir las capacidades de la población para salir adelante posterior a la ocurrencia de una inundación, se tomaron indicadores que reflejen esta capacidad en dos aspectos: económicos y de salud. En seguida se presenta los procedimientos para cada aspecto.

Resiliencia por condición económica (RCE). Para la evaluación de esta condición se diseño un índice que permite ponderar el nivel de ingreso y gasto requerido a nivel de manzana denominado "Índice de Suficiencia del Ingreso (**ISI**), el cálculo se efectuó en cuatro etapas.

- 1) **Etapa Estimación de ingresos de la población al 2005.** Al no estar contenido este atributo en los datos de población a nivel de manzana para el 2005, se extrapoló este valor tomando como referencia el ingreso promedio de las

personas que trabajan en 2000 ¹⁶ reportado en pesos. Dicho valor fue traducido a salarios mínimos salarios mínimos vigentes en 2000. El valor de ingreso expresado en salarios mínimos fue multiplicado por el monto vigente en 2005, para conocer el ingreso en pesos equivalente, como se expresa a continuación:

$$\text{IPPM}_{2005} = (\text{IPPM}_{2000} / \text{ValSalMin}_{2000}) * \text{ValSanMin}_{2005}$$

Donde:

IPPM₂₀₀₀= Ingreso promedio de las personas que trabajan en el año 2000 expresado en pesos.

ValSalMin₂₀₀₀ = Valor en pesos del salario mínimo en el año 2000 que es igual a \$37.90.

ValSanMin₂₀₀₅ = Valor en pesos del salario mínimo en el años 2005 que es igual a \$46.80.

- 2) **Extrapolación de población que trabaja en 2005.** Para extrapolar la proporción de la población que trabaja en 2005, se graficaron los datos de población total con el dato de población que trabaja y se estimó la ecuación que define esta relación (Ver Figura 19).

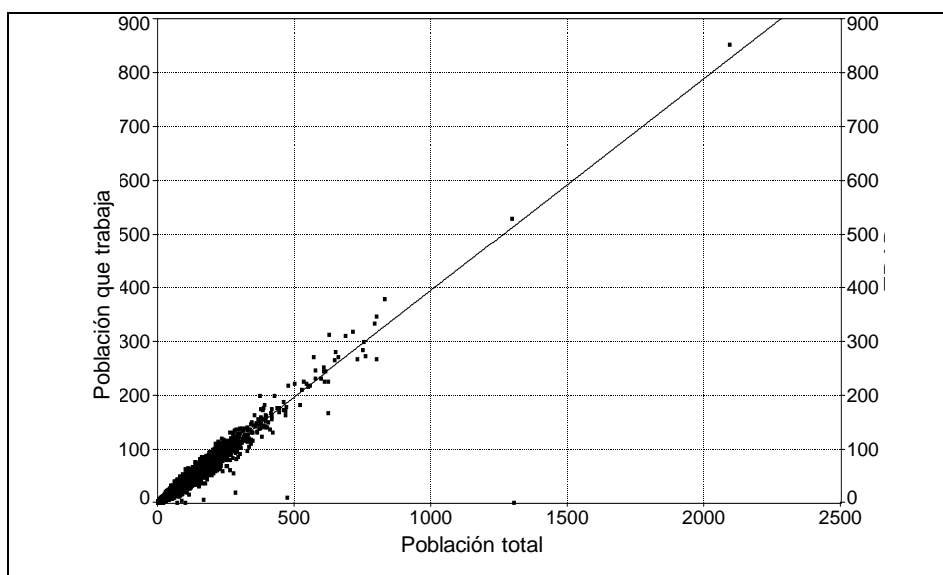


Figura 19. Gráfico de dispersión de los valores de población total respecto a la población que trabaja en el año 2000.

Fuente: Elaboración propia.

¹⁶ Columna de aparato de datos económicos del Censo de población y vivienda de INEGI 2000.

La correlación de las variables genera una R^2 de 0.958270326, lo que indica que hay una correlación muy fuerte, dada por la ecuación $y=a+bx$, en la extrapolación se sustituyeron los valores de "x" por los de población total por manzana en el 2005, de la siguiente manera:

$$Y = a + bx$$

Donde:

Y = Población que trabaja en el 2005 = **Ptra**₂₀₀₅

a = Valor constante igual a -1.07711280

b = Valor constante igual a: 0.395044436

x = Valor de la población total por manzana en el 2005.

- 3) **Cálculo del ingreso total promedio de la Manzana en el 2005.** Ya con un valor promedio del ingreso equivalente al 2005 se procede a calcular el monto mensual agregado a nivel de manzana. Para esto se multiplicó el número de personas que trabajan por el ingreso promedio de la manzana.

$$\text{Ingreso Promedio Mensual de la Manzana (IMM}_{2005}) = \text{IPPM}_{2005} * \text{Ptra}_{2005}$$

- 4) **Cálculo del gasto mínimo indispensable por manzana.** Se estima cuanto es el gasto mínimo indispensable promedio de todos los habitantes de la manzana. El monto mensual promedio que se necesita para satisfacer las necesidades básicas, se tomó un estudio efectuado por el Comité Fronterizo de Obreros (CFO), en 2006, en donde estiman que en promedio se requiere aproximadamente \$1,551.87 mensuales por persona. El procedimiento consiste en multiplicar este monto por el total de personas que habitan en la manzana.

$$\text{Gasto Mínimo Mensual por manzana (GMM}_{2005}) = \$1551.87 * \text{PT}$$

Donde:

PT = Población total por manzana en el 2005.

5) Cálculo del índice de suficiencia del Ingreso (ISI). El cálculo consistió en dividir el ingreso promedio mensual de la manzana (IMM_{2005}) entre el gasto mínimo mensual de la manzana (GMM_{2005}) y el cálculo del gasto mínimo promedio de manutención por persona, respecto de los ingresos de las personas que trabajan en cada manzana.

$$ISI = IMM_{2005} / GMM_{2005}$$

El índice indica la medida en que las personas son capaces de cubrir las necesidades básicas de manutención. En caso de haber igualdad entre el ingreso y el gasto en valor es igual a 1, entonces se entiende que la población de la manzana en general es capaz de satisfacer las necesidades básicas de manutención. Si el valor del índice es inferior a 1 entonces la población no supe al 100% los requerimientos mínimos de las condiciones de referencia para mantenerse. En ambos casos se interpreta que las condiciones económicas de los habitantes limitan en gran medida sus posibilidades de sobreponerse en caso de la ocurrencia de una inundación que implique gastos adicionales para restaurar su vivienda y sus bienes. Si el índice es mayor de 1 entonces indica que la población está en posibilidades de efectuar un ahorro o invertir en bienes y servicios superiores a los establecidos en el esquema de referencia, de igual forma posibilita el ahorro y el gasto bajo condiciones extraordinarias. El índice se normalizó con base al valor máximos registrado para generar una escala de valores de entre 0 a 1, este valor se interpreta como indicador de resiliencia por la condición de ingresos económicos.

Resiliencia por condición de acceso a servicios de salud (RSS). El valor de personas con acceso a servicios de salud fue obtenido directamente de los resultados de INEGI 2005. Para el cálculo de un indicador a nivel de manzana, se dividió la población con derecho a servicios de salud entre el total de habitantes por manzana. El resultado representa los diferentes niveles de acceso a servicios de salud a nivel de manzana. Los resultados están dados en valores de entre 0 y 1, en donde aquellos valores más próximos a 1, representan manzanas en donde la mayor parte de su

población tiene derecho a servicios de salud, valores cercanos a 0, indican muy pocas personas con acceso a estos servicios. El valor generado se tomó directamente como indicador de resiliencia por condición de acceso a servicios de salud.

Resiliencia Total de la Población. La integración de las variables de resiliencia se efectuó mediante el cálculo del promedio de ambos valores mediante la función:

$$RT = (RCE + RSS) / 2$$

Donde:

RT = Resiliencia Total

RCE = Resiliencia por condición económica

RSS = Resiliencia por condiciones acceso a servicios de salud

Al juntar estas dos condiciones como un índice combinado, se puede establecer que los valores cercanos a 1 representan a la población cuyo poder adquisitivo respecto a sus gastos indispensables les permite destinar parte de su ingreso al ahorro y que además por contar con derecho a servicios de salud tienen la posibilidad de ser atendidos en periodos regulares después de un incidente que afecte su estabilidad.

Mientras que los valores cercanos a 0 presentan condiciones muy adversas ya que no cuentan con servicios de salud y su ingreso no es suficiente para satisfacer las necesidades básicas, por lo tanto arreglárselas en condiciones ordinarias ya constituye una dificultad, mas aun si sufren los efectos de inundaciones ya que reponer sus bienes, reparar su vivienda y atender su salud (cuestiones básicas para salir adelante), se torna muy complicado.

3.2.4.3.2 Infraestructura

Para este tipo de sujetos de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis.

3.2.4.3.3 Actividades económicas

Para este tipo de sujetos de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis.

3.2.4.3.4 Recursos naturales

Para este tipo de sujetos de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis.

3.2.4.4 VULNERABILIDAD TOTAL

La vulnerabilidad total está dada por la integración de las condiciones de exposición, sensibilidad y resiliencia (Morales, 2007). El método de integración es la suma de los indicadores normalizados dividida entre el número de dichas condiciones.

Adicionalmente, en el caso de la resiliencia, en la cual el diseño fue estructurado para definir las capacidades de recuperación, valores altos representan ventajas o fortalezas de la población, mientras que los valores altos en las evaluaciones de exposición y resiliencia representan desventajas. Por lo tanto en la integración se invierten los valores de resiliencia para hacer coherente la integración, de tal forma que valores altos de resiliencia representen aquellos segmentos de la población con menores posibilidades de reponerse frente a la ocurrencia de inundaciones.

3.2.4.4.1 población

Vulnerabilidad total de la población en las zonas habitacionales

El procedimiento es el siguiente:

$$\text{Vulnerabilidad Total} = (\text{Exposición} + \text{Sensibilidad} + (1 - \text{Resiliencia})) / 3.$$

Para la interpretación de la variable se diseñó un diagrama de flujo en el cual se presentan la asociación de las variables y la ruta que conduce a altos valores en el

indicador de vulnerabilidad total y los diversos grados entre los niveles muy altos hasta los muy bajos (Ver Figura 20).

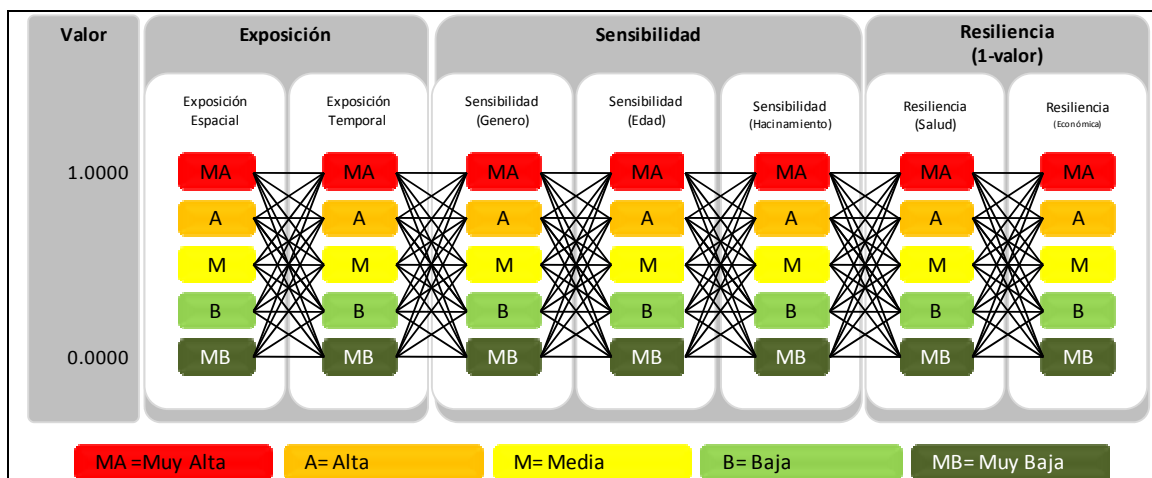


Figura 20. Diagrama de combinación de las variables de vulnerabilidad de la población en la vivienda.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la interpretación del indicador, los valores cercanos a 1 representan manzanas emplazadas en sitios altamente expuestos a inundaciones y que han reportado los daños más severos, además de ser altamente sensibles por contener una estructura poblacional en la que las mujeres, los niños y las personas mayores de 60 años se presentan en mayor proporción que en el resto de las manzanas observadas, además de residir en viviendas presentar los más altos niveles de hacinamiento y que desde la perspectiva de la resiliencia, no son capaces de satisfacer las necesidades básicas y por lo tanto la presencia de inundaciones que dañará sus bienes y sus viviendas y repercutiría de forma severa en sus condiciones de vida, ya que tendrían dificultades para restaurar la vivienda y reponer sus bienes, además se incluye el hecho de no contar con acceso a servicios de salud lo que impactaría adicionalmente sus posibilidades de solventar los gastos así como la atención médica.

En el caso de que el valor este próximo a “0”, se infiere que la población reside en una manzana que no presenta afectaciones por inundaciones o que se localiza en una zona con un potencial bajo de inundación, y que sus residentes están el menor tiempo registrado en las viviendas, los residentes son igual o mayor número de hombres que de mujeres en edades de entre 12 y 65 años en mayor proporción, que viven en

condiciones de hacinamiento muy bajas, la mayoría de ellos tiene acceso a servicios de salud y sus ingresos económicos les permiten generar ahorros que pueden ser invertidos en adecuaciones o restauración de la vivienda y sus bienes con relativa facilidad.

Vulnerabilidad total de la población en las zonas escolares

El cálculo del indicador que describe el nivel de vulnerabilidad se efectuó promediando los datos de Exposición y Sensibilidad.

$$\text{Vulnerabilidad Total} = (\text{Exposición} + \text{Sensibilidad}) / 2$$

El resultado del indicador se presenta en una escala de valores de entre “0” y “1”, los valores cercanos a 1, representan escuelas localizadas en terrenos muy altamente expuestos a inundarse y que han reportado problemas y daños, planteles en los cuales la población estudiantil está más de un turno expuesta, que es de nivel preescolar, y que respecto a las dimensiones del predio presentan gran densidad de habitantes. Valores cercanos a 0 representan planteles localizados en terrenos que no han reportado problemas de inundaciones aunque estén localizados en zonas con muy baja susceptibilidad, además de ser planteles que solo ofertan un turno de escolar y son de nivel profesional y con bajo número de estudiantes y trabajadores. En la figura 21, se presenta el esquema de asociación de las variables.

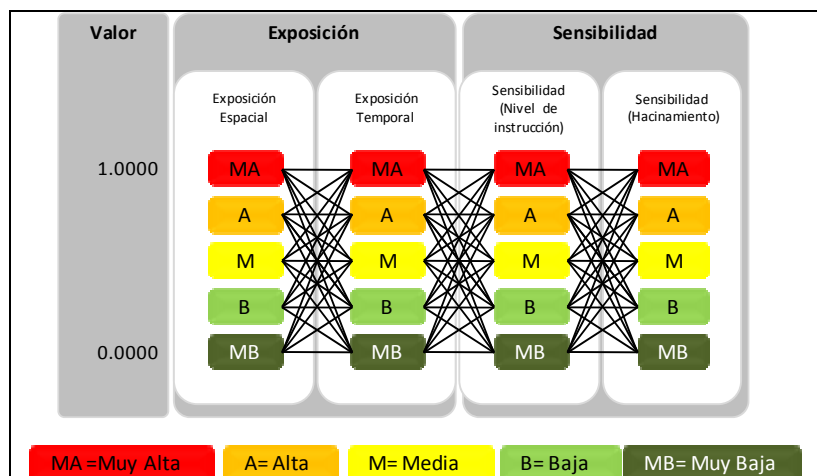


Figura 21. Diagrama de combinación de las variables de vulnerabilidad de la población en zonas escolares.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.4.2 Infraestructura

Vivienda

En la figura 22, se presenta el esquema de integración de variables que describe las condiciones de vulnerabilidad total de la vivienda. Por lo tanto se puede definir qué valores cercanos o iguales a 1 describen manzanas integradas en su mayoría por viviendas con altos niveles de exposición y que por lo tanto han presentado daños por inundaciones, además de tener tipos de vivienda altamente sensibles con una antigüedad superior a los 30 años, mismas que tienen una alta proporción de viviendas con 1 solo cuarto, presentando además gran cantidad de viviendas por manzana. Los valores cercanos a cero indican condiciones totalmente opuestas a las descritas y valores intermedios presentan matices entre estos dos extremos.

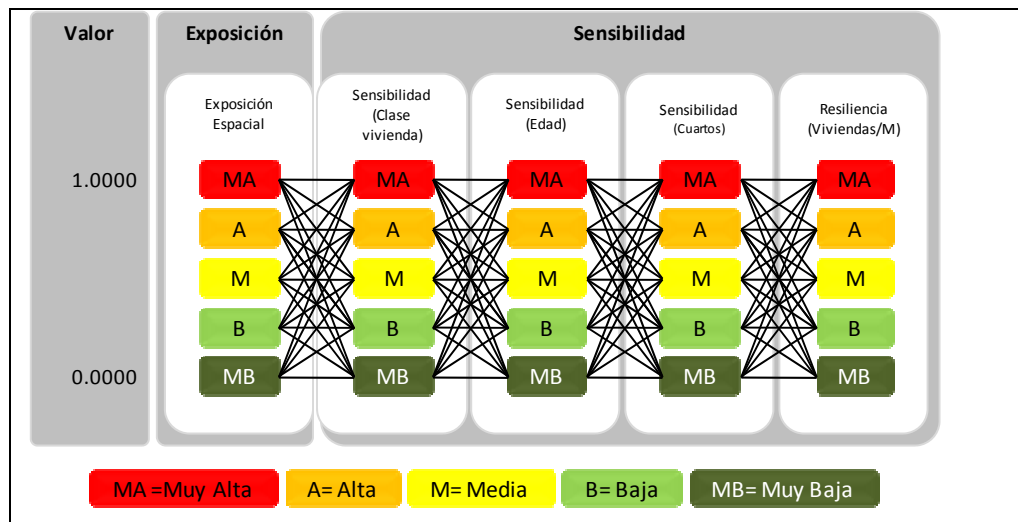


Figura 22. Diagrama de combinación de las variables de vulnerabilidad de la vivienda.

Fuente: Elaboración propia.

Vialidades

En la figura 23 se expone el esquema de integración para la evaluación de la vulnerabilidad total de las vialidades. Como ya se mencionó en este sujeto solo se consideran los aspectos de exposición y sensibilidad. La integración se efectuó mediante el cálculo del promedio de sensibilidad y exposición. Donde, los valores de 1 o cercanos definen a aquellas vías de que has sido afectadas y que además son muy sensibles, por lo tanto la intensidad de uso que brindad al sistema urbano es muy alta.

En este análisis ya es posible distinguir los segmentos de vía de mayor importancia en el sistema vial urbano.

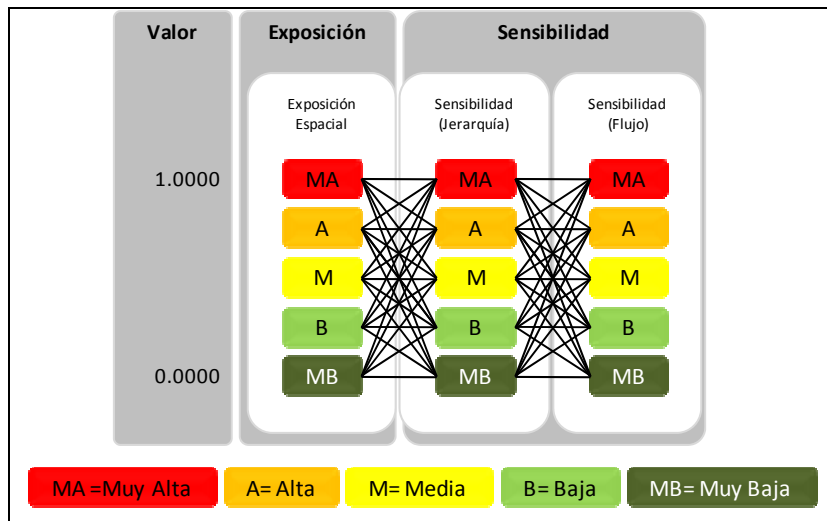


Figura 23. Diagrama de combinación de las variables de vulnerabilidad total de las vialidades.

Fuente: Elaboración propia.

Equipamiento

Para este sujeto no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis. Por lo tanto se toma como valor de vulnerabilidad total, el generado por la condición de exposición.

3.2.4.4.3 Actividades económicas

Para este sujeto no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis. Por lo tanto se toma como valor de vulnerabilidad total, el generado por la condición de exposición.

3.2.4.4.4 Recursos naturales

Para este sujeto no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis. Por lo tanto se toma como valor de vulnerabilidad total, el generado por la condición de exposición.

CAPITULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES

4.1.1 INTEGRACIÓN DE ÁREAS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES

El resultado de este procedimiento fue un mapa donde se presentan las unidades del territorio delimitadas de acuerdo a las categorías que fueron asignadas por cada una de las fuentes consultadas.

En la figura 24 se muestra que las áreas de tonalidades que van del marrón al naranja, son las que se refieren a la inundación sufrida el 16 de septiembre de 2003, estas son las superficies que mayor consistencia tienen zonas inundables y como ya se mencionó, fueron delimitadas durante y después de los operativos de atención del evento de dicha fecha. En el plano se grafican en color negro las colonias que tienen algún reporte de afectación o condición de susceptibilidad según Protección Civil y el PDUCP. Puede apreciarse que en algunos casos las afectaciones no cubren el área completa de las colonias y en otros como lo son las que están en su totalidad en los márgenes de los ríos el nivel de exposición es total.

En el caso de las áreas marcadas en tonalidades de amarillo hasta verde oscuro, se aprecia una coincidencia espacial entre el perímetro de inundación marcado en el PDUCP y las áreas bajas o depresiones topográficas que son potencialmente inundables.

El mapa resultante representa la integración de fuentes de información consultadas y en su carácter de insumo cartográfico básico sirvió de hipótesis cartográfica para hacer un sondeo en campo y verificar la extensión de las áreas inundables.

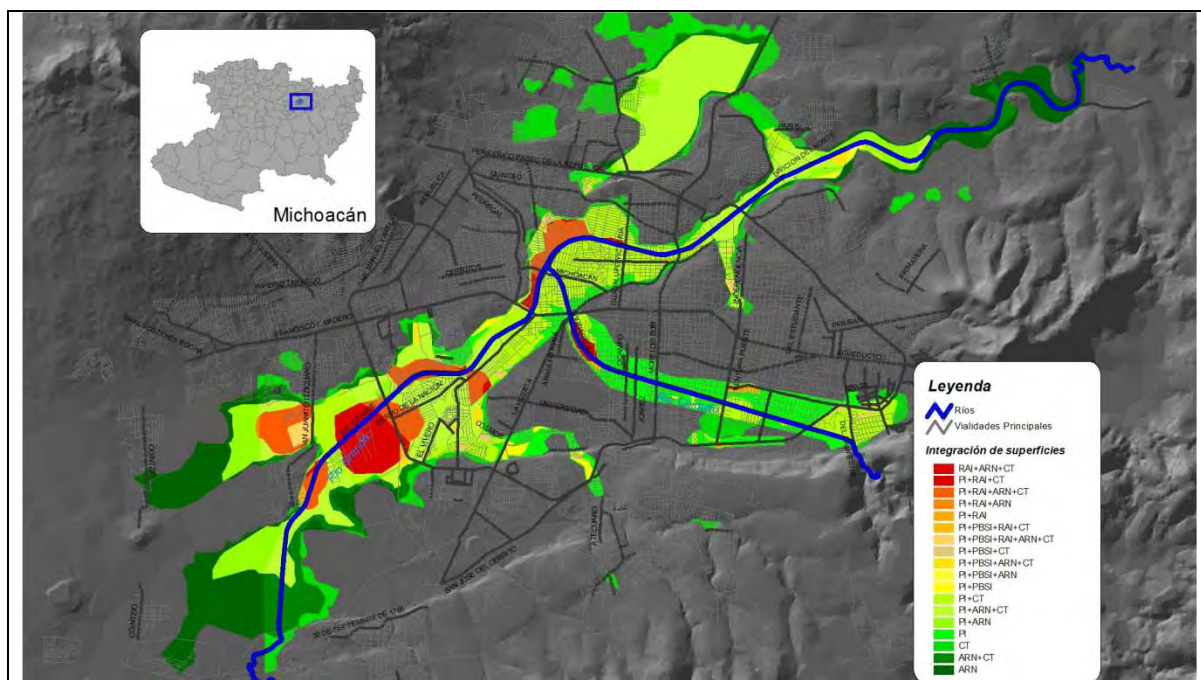


Figura 24. Plano de la integración espacial de áreas con alguna categoría de peligro de inundación.

Fuente: Elaboración propia en base a PDUCPM, ARM, caracterización topográfica y mapa de colonias del Ayuntamiento.

4.1.2 INTEGRACIÓN DE COLONIAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES

De las fuentes revisadas, Protección Civil emite un listado de 52 colonias con algún grado de afectación en los temporales de lluvia. Mientras que el PDUCPM enlista un total de 38 entre las cuales incluye algunos puntos de la ciudad como afectados. El total de colonias con algún registro de afectación o exposición a inundaciones es de 76. En el cuadro 3 se enuncian las colonias que han sido afectadas por inundaciones y el grado y/o causa del evento según ambas fuentes oficiales.

Cuadro 3. Listado de colonias con algún registro de inundaciones

#	NOMBRE	GRADO DE AFECTACION *	CAUSA DE LAS INUNDACIONES**
1	3 de Agosto	Alto	Sin Reporte
2	5 de Diciembre	Sin Reporte	Por insuficiencia de drenaje pluvial
3	Agustín Arriaga Rivera	Alto	Sin Reporte
4	Ampliación Arboledas Rio Grande	Alto	Sin Reporte
5	Ampliación Gertrudis Sánchez	Alto	Sin Reporte
6	Ampliación las Margaritas	Medio Alto	Sin Reporte

7	Ampliación Torreón Nuevo	Alto	Sin Reporte
8	Arboledas Rio Grande	Alto	Sin Reporte
9	Barrio Alto	Sin Reporte	Por depresiones Topográficas
10	Benito Juárez	Alto	Sin Reporte
11	Camelinas	Medio	Sin Reporte
12	Campestre los Manantiales	Alto	Sin Reporte
13	Carlos Ma. Bustamante	Sin Reporte	Por desbordamiento de ríos y canales
14	Carlos Salazar	Alto	Sin Reporte
15	Chapultepec Sur	Medio	Por insuficiencia de drenaje pluvial
16	Club Campestre La Huerta	Medio a bajo	Sin Reporte
17	Comisión Federal de Electricidad	Sin Reporte	Por insuficiencia de drenaje pluvial
18	Condominio Planetario	Medio a bajo	Sin Reporte
19	Del Empleado	Medio Alto	Por insuficiencia de drenaje pluvial
20	Dr. Miguel Silva	Medio	Sin Reporte
21	Ejidal Tres Puentes	Alto	Sin Reporte
22	Electricistas	Medio	Por desbordamiento de ríos y canales - Por insuficiencia de drenaje pluvial
23	El Realito 2da Etapa	Sin Reporte	Por depresiones Topográficas
24	Estrella	Medio a bajo	Por desbordamiento de ríos y canales - Por insuficiencia de drenaje pluvial
25	Felicitas Del Rio	Medio a bajo	Sin Reporte
26	Félix Ireta	Medio a bajo	Por desbordamiento de ríos y canales - Por insuficiencia de drenaje pluvial
27	Félix Ireta Conjunto hab.	Medio a bajo	Por desbordamiento de ríos y canales - Por insuficiencia de drenaje pluvial
28	FOVISSTE Santiaguito	Medio Alto	Sin Reporte
29	General P. Ma. Anaya	Sin Reporte	Por desbordamiento de ríos y canales, • Por depresiones Topográficas
30	Gertrudis Sánchez	Sin Reporte	Por desbordamiento de ríos y canales
31	Guadalupe Victoria	Alto	Sin Reporte
32	Hacienda Tinijaro	Medio	Sin Reporte
33	Ignacio Zaragoza	Alto	Sin Reporte
34	INDECO Santiaguito	Medio Alto	Sin Reporte
35	Independencia	Sin Reporte	Por insuficiencia de drenaje pluvial
36	Industrial	Medio	Por desbordamiento de ríos y canales - Por insuficiencia de drenaje pluvial
37	Jaime Nunó	Alto	Sin Reporte
38	Jardines De Santiaguito	Medio Alto	Sin Reporte
39	Jardines Del Quinceo	Medio	Por depresiones Topográficas
40	Jaujilla	Alto	Sin Reporte
41	Juárez	Sin Reporte	Por insuficiencia de drenaje pluvial
42	La Soledad	Sin Reporte	Por depresiones Topográficas
43	La Joya	Sin Reporte	Por depresiones Topográficas
44	La Soledad II	Alto	Sin Reporte

45	Las Higueras	Alto	Sin Reporte
46	Las Margaritas	Medio Alto	Sin Reporte
47	Lirios	Alto	Sin Reporte
48	Lomas de Tecnológico	Sin Reporte	Por depresiones Topográficas
49	Los Álamos	Alto	Sin Reporte
50	Los Sauces	Alto	Sin Reporte
51	Manantiales	Sin Reporte	Por depresiones Topográficas
52	Medallitas Olímpicos	Alto	Por desbordamiento de ríos y canales
53	Molino de Parras	Medio	Sin Reporte
54	Morelos	Medio	Sin Reporte
55	Nueva Chapultepec	Medio	Por desbordamiento de ríos y canales - Por insuficiencia de drenaje pluvial
56	Obrera	Sin Reporte	Por insuficiencia de drenaje pluvial
57	Pablo Galeana	Alto	Sin Reporte
58	Pastor Manuel Sánchez Camarena	Alto	Sin Reporte
59	Popular Progreso	Sin Reporte	Por depresiones Topográficas
60	Prados Verdes	Medio	Por insuficiencia de drenaje pluvial
61	Primo Tapia Poniente	Alto	Sin Reporte
62	Sentimientos de la Nación	Alto	Por desbordamiento de ríos y canales • Por depresiones Topográficas
63	Solidaridad	Alto	Sin Reporte
64	Terrazas Campestre	Sin Reporte	Por insuficiencia de drenaje pluvial
65	Torremolinos	Sin Reporte	Por desbordamiento de ríos y canales
66	Tres Puentes	Alto	Sin Reporte
67	Unión De Tabiqueros	Alto	Sin Reporte
68	Vasco De Quiroga	Sin Reporte	Por insuficiencia de drenaje pluvial
69	Ventura Puente	Medio	Por desbordamiento de ríos y canales - Por insuficiencia de drenaje pluvial
70	Virreyes	Sin Reporte	Por insuficiencia de drenaje pluvial
71	Villas del Real	Alto	Sin Reporte
72	Parte posterior de la estación del ferrocarril (Adolfo López Mateos, Ferrocarril y Nicolás Bravo (Los Ejidos))	Sin Reporte	Por desbordamiento de ríos y canales
73	Los Olivos	Sin Reporte	Por desbordamiento de ríos y canales
74	Centro comercial Camelinas	Sin Reporte	Por insuficiencia de drenaje pluvial

* Clasificación de afectaciones sufridas en las colonias, de acuerdo a los registros de Protección Civil del Ayuntamiento.

** Relación de colonias con categoría de inundables, según la causa de la inundación, de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Morelia 2004.

En un análisis comparativo para verificar la coherencia entre ambos listados, se encontró que solo existe coincidencia en 15 colonias (Ver figura 25), La condición de exposición a la amenaza fue revisada en campo a fin de determinar la validez de este listado y confirmar la presencia del fenómeno en estas superficies.

En un análisis preliminar a partir de la cartografía generada hasta el momento se puede concluir que todas las colonias son susceptibles al fenómeno según la relación de coincidencia espacial. Se montó la capa de “integración de áreas susceptibles a inundaciones” generada previamente, y el análisis resultante de la sobre posición permitió llegar a esta conclusión. Se observó que la cobertura del polígono encierra solo una porción de la superficie del total de las colonias mencionadas.

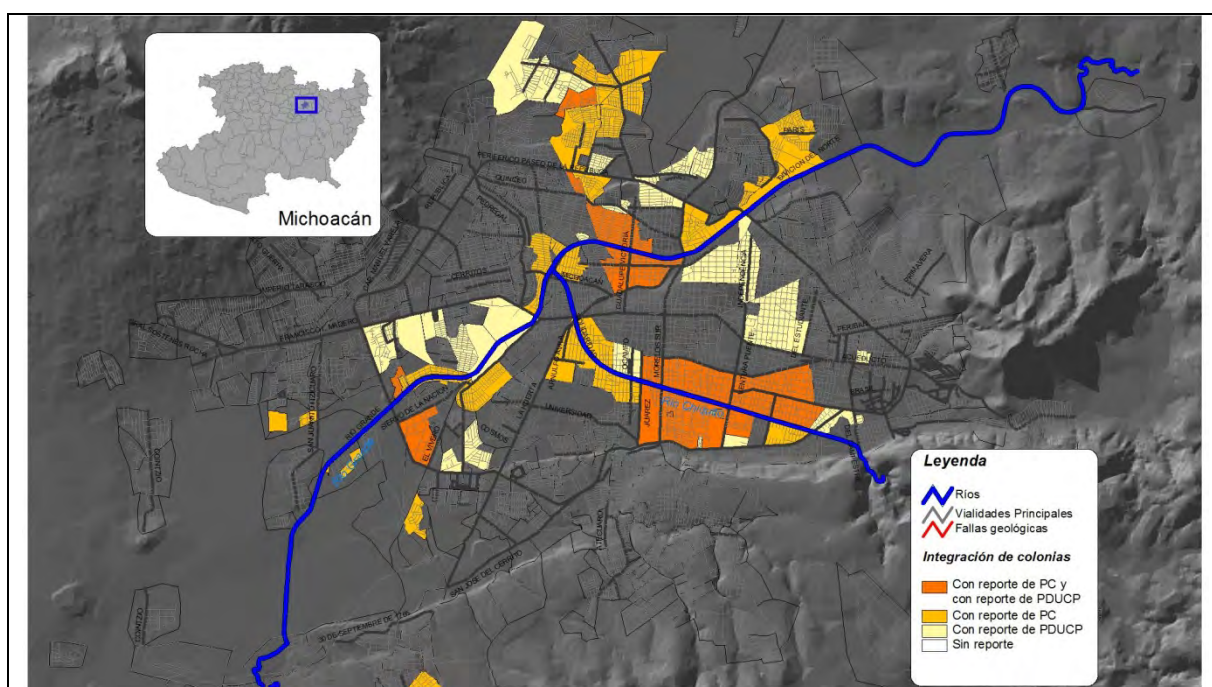


Figura 25. Plano de la integración espacial de colonias con alguna categoría de peligro de inundación.

Fuente: Elaboración propia en base a PDUCPM (2004) y ARM.

4.1.3 INTEGRACIÓN DE SUPERFICIES SUCEPTIBLES A INUNDACIONES CON EL INDICE DE COLONIAS AFECTADAS

En este proceso se identificó la superficie de las colonias que está dentro del perímetro inundable. En primera instancia de verifico si todas las colonias citadas tienen alguna superficie dentro del área inundable, cuando no ocurrió así, se revisó en campo para

verificar la presencia de problemas asociados con la amenaza en cuestión. Cuando la coincidencia fue total se tocó por lo menos alguna sección de todas las colonias, entonces se determinó a estas superficies como el área de estudio de esta investigación, asumiendo la existencia del problema de inundaciones, tal vez no la magnitud, pero si la incidencia del evento, esto fue un suficiente argumento para continuar con el análisis de riesgos mediante la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad bajo el esquema del modelo SAVE.

En la figura 26, se presentan el color verde las superficies de las colonias con algún reporte de afectación por inundaciones, y que además están dentro del perímetro inundable. Como se puede apreciar, algunas superficies trascienden el límite de las áreas (línea de color rojo) definidas como de alto riesgo, esto puede ser un indicio de la intensidad de la inundación y por consiguiente se puede inferir que en estas zonas las afectaciones son mayores. Por otro lado se puede apreciar que existen áreas con potencial a ser inundadas y que los reportes recabados no señalan. Estas discrepancias fueron revisadas en campo para validar la confiabilidad de esta hipótesis cartográfica.

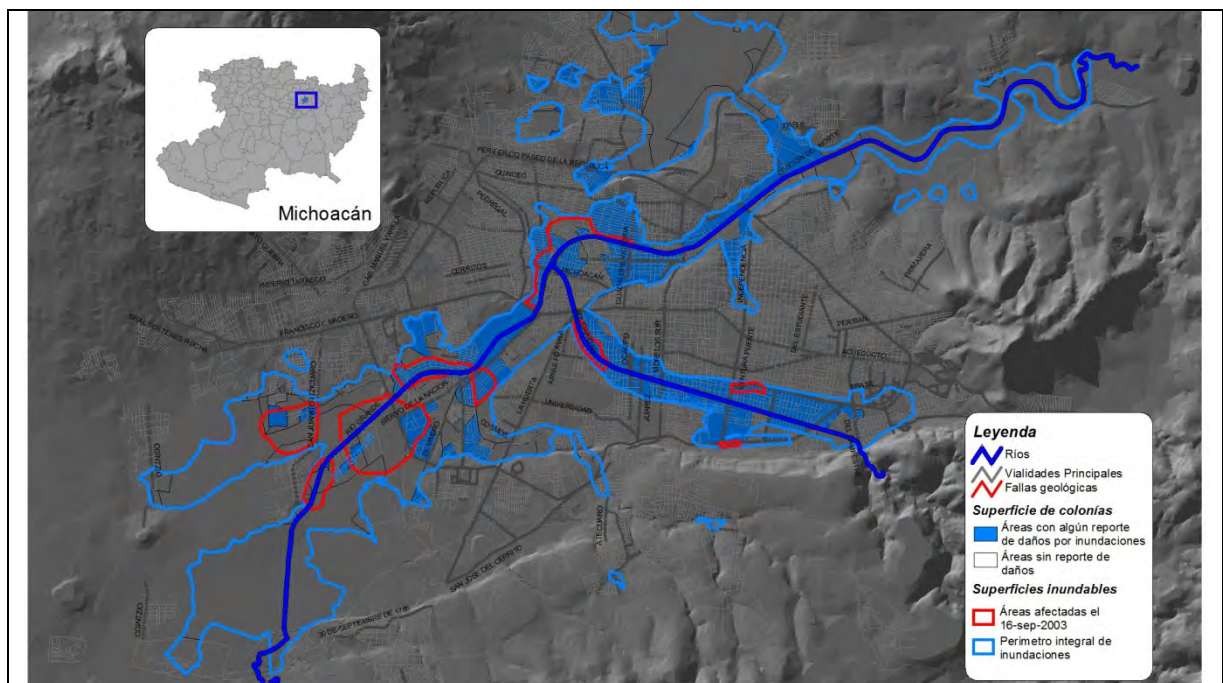


Figura 26. Plano de integración espacial de áreas con alguna categoría de peligro e índice de colonias con problemas de inundación.

Fuente: Elaboración propia en base a PDUCPM, ARM, Caracterización topográfica y mapa de colonias del Ayuntamiento.

4.1.4 VALIDACION DE INFORMACIÓN

Aunque ya se tienen los datos de un evento ocurrido y el listado de colonias afectadas atendidas o afectadas en algún momento, la labor de validación se efectuó en campo con la finalidad de conocer las zonas afectadas y delinear el perímetro de las áreas. Para conformar un mapa de zonas susceptibles a inundaciones que sería utilizado en un primer nivel de análisis como perímetro de área de aplicación del análisis de vulnerabilidad.

4.1.4.1 SONDEO EN CAMPO PARA CORROBORAR INFORMACIÓN

Durante y después de la tormenta

En la revisión que tuvo lugar de los meses del 01 de Julio al 06 de Agosto de 2008, debido a que en el mes de julio es que presenta las mayores precipitaciones, aproximadamente 180 mm¹⁷ (Allende, y otros, 2007). En el cuadro 4 se presenta una relación de los días en que se efectuó la inspección con el referente valor de intensidad de lluvia registrado por las estaciones meteorológicas habilitadas para esas fechas.

Algunas de estas inspecciones se hicieron en compañía de personal de Protección Civil y Bomberos Municipal, en algunas ocasiones las lluvias solo fueron preludeo de tormenta, sin embargo al arribar a los lugares se conversaba con las personas para recabar sus impresiones respecto al problema.

Se observó que las áreas marcadas como de alto riesgo son las que presentaron patrones de acumulación de agua en los drenes contiguos, o en el arroyo de las calles dentro del perímetro de estas áreas. En los días de la inspección no hubo precipitaciones con características que pudieran colmar la red de drenaje. Si bien la intensidad promedio registrada en el día era por encima de 50 mm/h, la duración no fue lo suficientemente amplia como para generar escurrimientos que generaran problemas severos a la ciudadanía.

¹⁷ El periodo de registro de la precipitación para calcular los valores mensuales medio de precipitación es de 1947 a 2004.

Cuadro 4. Relación de fechas en que se fue a campo en función de los datos de intensidad de la lluvia (mm/h) por estación meteorológica. No se listan las 10 estaciones debido a que no todas estuvieron registrando datos en esos días

FECHA	ATAPANEO	U.M.S. N.H	NUEVA ESPAÑA	TEC DE MONTERREY	OOAPAS	PROTECCION CIVIL	PLANTA POTABILIZADORA	OFICINAS CENTRALES
01/07/2008	24.4	15.2	30.8	3	47.8	51.1	20.1	0
05/07/2008	44.7	0	93.6	11.4	9.4	2.4	70.1	0
06/07/2008	5.3	0	46.4	89.4	12.4	8.2	49.5	0
09/07/2008	23.4	53.8	26.6	23.8	18	48.2	78.7	0
10/07/2008	118.1	6.6	21.2	12.2	11.9	54.6	19.6	0
15/07/2008	42.2	142.2	28.6	131	147.8	62.6	101.6	0
16/07/2008	24.9	71.6	65.8	182.8	95.5	144	100.3	0
18/07/2008	0	4.8	0	0	0	51.8	8.4	0
19/07/2008	32.8	10.2	100.2	13.6	2.8	162.2	26.4	0
20/07/2008	79.5	15.4	7.4	10.8	42.4	41	0	0
26/07/2008	11.4	28.4	56.8	66.6	20.3	36.4	77.5	0
27/07/2008	1.5	14	3.2	54.4	10.2	19.2	13.7	0
01/08/2008	108.5	113	145.8	0	60.7	93	96.8	0
02/08/2008	21.6	8.4	13	281	10.2	11.8	11.4	0
04/08/2008	125	70.2	90.8	160	7.1	28.2	37.3	0
05/08/2008	26.9	28	56.2	21.2	16.5	6.8	27.2	0

Fuente: Elaboración propia con base en los datos proporcionados por el OOAPAS.

Sin embargo sí fue posible corroborar la permanencia de láminas de agua en los siguientes puntos de la ciudad: La zona de las oficinas de Policía y Tránsito localizadas en el perímetro de las avenidas: Periférico Paseo de la República, Siervo de la Nación Constitución de Apatzingan y Declaración de Independencia, superficie inundada por el desbordamiento del dren Barajas (Ciénaga Grande) y por estancamiento, por ser una depresión topográfica. La lámina de agua que se observó fue de 30 cm. En la esquina de Siervo de la Nación y el Libramiento Periférico se detectó una mancha de humedad en un muro de aproximadamente 1 metro. A 500 metros de este punto los negocios tenían marcas de haber sido invadidos por el agua. En pláticas con los trabajadores de los comercios de la zona, se sabe que este año esta situación ocurrió pocas veces, pero los que estuvieron en la inundación del 16 de septiembre afirman que la lámina de agua llegó hasta los 30 cm al interior de los negocios, esto es aproximadamente de entre 60 y 100 cm. respecto al nivel de la calle. Esta información corrobora el dato

emitido por el Ayuntamiento Municipal, ya que en el mapa se registro una altura de 100 cm. (Ver Figura 27).



Figura 27. Algunos puntos inspeccionados.

Días sin lluvia

En las zonas inspeccionadas se logro corroborar la veracidad de la información recabada por el Ayuntamiento de Morelia. Los informantes describieron las condiciones a las que se enfrentan en los temporales de lluvias. Principalmente el referente más importante fue el correspondiente a la inundación ocurrida el 16 de Septiembre del 2003, en la memoria de los habitantes éste es el peor escenario al que se han enfrentado, aunque relataron que en el 2005 hubo inundaciones más o menos fuertes pero que no llegaron a afectarlos como en el 2003.

Las personas informaron que las condiciones en las que se encuentran en la actualidad son muy distintas a las que prevalecían cuando ocurrió la inundación más severa. Tanto

las características hidráulicas como las características del entorno urbano, como de sus viviendas han cambiado. La zona de la colonia Ejidal tres Puentes, en donde las calles eran de terracería y no existía alcantarillado fue inundada por el desbordamiento del canal con que limita al norte, el desbordamiento del río Grande y el desbordamiento del dren Barajas.

El derrotero de los recorridos comenzó con las colonias caracterizadas como con alto grado de afectación. Lo más importante de estos recorridos radicó en constatar que efectivamente se haya presentado cuando una vez algún percance asociado a las inundaciones, para integrarlo en la base de datos y verificar que población ha sido afectada en algún momento.

Adicionalmente se pudo apreciar una diferenciación entre los eventos de inundaciones de acuerdo a la zona de la ciudad que fue visitada. La localización geográfica de las colonias con respecto a la red hidrográfica pone en riesgo a las poblaciones y sus actividades de distintas maneras. Las causas actuales de las inundaciones son el desbordamiento de cauces en las partes bajas de la ciudad o la existencia de zonas en donde existen depresiones topográficas o porque la red hidráulica queda rebasada por los caudales de los cauces y donde el anegamiento del agua durante varias horas e inclusive días, son la constante.

4.1.5 DEFINICIÓN DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES

Dada la diversidad de fuentes de información consultadas y las características de dichos documentos y en muchos casos la presencia de incongruencias. Se procedió a tomar todos los datos como complementarios, y se integraron en un solo modelo cartográfico que contiene toda la información.

En dicho modelo se identificaron aquellas descripciones que aluden a la presencia de las inundaciones ya sea por las condiciones presentadas el 16 de septiembre del 2003 o por servicios de auxilio proporcionados por Protección Civil y Bomberos en ésta o en

fechas posteriores. Los datos referenciados a colonias fueron depurados y solo se consideró la sección que presentó o que es potencialmente susceptible a inundarse. El resultado de la integración espacial las categorías unidades de presentan en la cuadro 5.

Cuadro 5. Categorías de peligro establecidas en los documentos revisados

Fuentes de Información	Categorías				
Protección Civil y Bomberos (PC)*	R(a)	R(Ma)	R(m)	R(Mb)	S/R
Plan de Desarrollo de Centro de Población de Morelia (PDCPM)*	DRC	IRD	DT	S/R	
Atlas de Riesgos Naturales y Documentos Científicos (ARM&DC)**	RAI	PI			
Condiciones Topográficas (CT)**	DT				
Modelo de inundaciones cada 25 cm**	ARN				

* Representados en polígonos de colonias; ** Representados como superficies discretas a partir de rasgos fisiográficos y eventos registrados. R(a): Riesgo alto; R(Ma): Riesgo media a alto; R(m): Riesgo medio; R(mb): Riesgo de media a bajo; S/R: Sin registro; DRC: Desbordamiento de ríos y canales; IRD: Insuficiencia de la red de drenaje; DT: Depresiones topográficas; RAI: Riesgo alto de inundación; PI: Perímetro inundable; ARN: Superficie cubierta por el modelo de inundaciones del ARN.

Fuente: Elaboración propia

La integración de todos éstos valores con el fin de generar un mapa integral que incluyera todos las consideraciones se hizo mediante la asignación de valores cuantitativos que describen la presencia del evento y en los casos, donde es posible conocer la intensidad se aplico el mismo criterio para conservar esta propiedad de la descripción. El procedimiento de describe a continuación.

Los dos primeros volúmenes de información corresponden a aquella que se generó a partir de la incidencia del evento en colonias; Protección Civil (PC) y el Plan de desarrollo de Centro de Población de Morelia (PDCPM), los valores asignados se presentan en los cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Datos de Protección Civil y Bomberos (PC)

Categoría	Susceptibilidad	Valor	Valor Normalizado
Riesgo alto R(a)	Muy alta	5	1.0000
Riesgo medio-alto R(Ma)	Alta	4	0.8000
Riesgo medio (R(m))	Media	3	0.6000
Riesgo medio-bajo R(Mb)	Muy Baja	2	0.4000
S/R	Sin Registros	0	0.0000

Fuente: Elaboración propia

En este caso los datos si tienen descripciones que aluden a la intensidad del evento, por lo tanto se asigno el valor más alto (5) a la condición de riesgo “Alta” y el valor más bajo (2) a la condición de riesgo de “medio a bajo”. Además se presenta el valor normalizado correspondiente a cada categoría.

Cuadro 7. Datos del Plan de Desarrollo de Centro de Población de Morelia (PDCPM)

Categoría	Susceptibilidad	Valor	Valor Normalizado
Desbordamiento de ríos y canales y depresiones topográficas (DRC + DT)	Alta	1	1.0000
Desbordamiento de ríos y canales y Insuficiencia de drenaje pluvial (DRC+IDP)	Alta	1	1.0000
Desbordamiento de ríos y canales (DRC)	Alta	1	1.0000
Insuficiencia de drenaje pluvial (IRD)	Alta	1	1.0000
Sin registros (SR)	Alta	0	0.0000

Fuente: Elaboración propia

En esta caso no se tienen datos de intensidad, solamente se tienen las causas por las cuales se dan las inundaciones, éstas causas, como ya se mencionó están referidas al polígono de colonia. Aquí sólo se consideraron dos condiciones: la presencia del problema (1), y la ausencia de éste (0).

Estos dos bloques de datos presentan la información a nivel de colonia. El inconveniente de la información referida en estos términos geográficos, es que supone que la condición se presenta de manera homogénea en el interior de todo el polígono de colonia. En algunos casos esto si ocurre, pero en la mayoría de ellos no, por lo tanto, para saber que porción de la colonia es afectada y en qué medida, se combinó esta información con los datos proporcionados en términos de superficies irregulares con base en los atributos fisiográficos del terreno y condiciones observadas en el evento del 16 de septiembre del 2003.

Por lo tanto esto conllevó a hacer mención del resto de los bloques de información, correspondientes al: Atlas de Riesgos Naturales de Morelia (ARNM), la caracterización topográfica del relieve y el modelo de inundación a cada 25 cm. El resumen y los valores asignados se presentan en los cuadros 8, 9 y 10. Estos datos junto con el bloque anterior fueron verificados en campo.

Los datos presentan 3 categorías (Cuadro 8) que especifican grado de afectación o certeza de su presencia en temporal de lluvias, las categorías RAI y PBSI, son condiciones documentadas en donde si ocurre el fenómeno por lo tanto se le asignó el valor de 2, mientras que la categoría PI, fue diseñada a partir de los rasgos fisiográficos de los valles de los principales cauces y las llanuras de inundación que cruzan la ciudad. Por lo tanto a éste campo se le asignó el valor de 1, por que potencialmente puede inundarse pero no hay certeza documentada.

Cuadro 8. Datos del Atlas de Riesgos Naturales

Categoría	Susceptibilidad	Valor	Valor Normalizado
Riesgo alto a inundaciones (RAI)	Alta	2	1.0000
Predios baldíos susceptibles a inundarse (PBSI)	Alta	2	1.0000
Perímetro inundable (PI)	Muy Baja	1	0.5000

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las condiciones topográficas (cuadro 9), elaborado en ésta investigación para confirmar la fidelidad de los datos del atlas de riesgos, a todas las unidades caracterizadas como depresiones topográficas o llanuras de inundación se les asignó el valor de 1 debido a que en esos sitios existe la posibilidad de que se presente una inundación.

Cuadro 9. Datos Condiciones Topográficas (CT)

Categoría	Susceptibilidad	Valor	Valor Normalizado
Depresiones Topográficas (DT)	Alta	1	1.0000

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10. Datos Modelo de inundaciones cada 25 cm.

Categoría	Susceptibilidad	Valor	Valor Normalizado
Áreas con Riesgo (ARN)	Alta	1	1.0000

Fuente: Elaboración propia.

En el modelo de inundaciones a cada 25 cm se utilizó el mismo criterio que los anteriores, aquellas áreas dentro del perímetro de éste modelo se les asignó el valor de 1, por el hecho de que son sitios potencialmente inundables. En este caso sólo se consideró la extensión de la superficie modelada, aunque tiene detalles de cada 25 cm, fue difícil integrar valores de intensidad (altura de la lamina de agua sobre la superficie del relieve) debido a que la base topográfica de la que se dispone tiene curvas con equidistancia a cada 5 metros cuyo modelado no permite definir estas condiciones.

Ya con los valores cualitativos clasificados como valores numéricos, se procedió a normalizarlos, para integrarlos en un modelo de susceptibilidad. El procedimiento fue una suma aritmética directa de los valores, dividida por el número de variables consideradas, en este caso "5", para generar un mapa en que los valores iguales o muy próximos a "1", los cuales representan las superficies donde todas las fuentes coincidieron, además de que reflejan un nivel de intensidad dado por aquellas condiciones que si permitieron hacer ésta valoración.

Finalmente los datos se organizaron en 5 grupos clasificados por el método estadístico de agrupación *K-medias*, debido a que el resultado derivado de esta técnica de separación de clases se ajusta a las condiciones esperadas interpretadas de la apreciación de los datos por separado.

El mapa final muestra la información integrada, en este mapa ya aparecen las secciones de las colonias que fueron afectadas, así como; cuáles de las áreas inundables fueron las que requirieron auxilio por parte de Protección Civil y cuáles registraron daños. Estas dos condiciones están representadas por aquellas áreas con susceptibilidades de muy altas a moderadas. Las áreas con susceptibilidad baja indican aquellas zonas que han presentado daños y afectaciones menores y las zonas con susceptibilidad muy baja son las que bajo condiciones extremas pueden llegar ser

inundadas o que son inundadas pero sus afectaciones ocurren en zonas poco pobladas o agrícolas, como lo son las zonas del extremo suroeste, correspondientes a zonas de cultivos que son anegadas en temporal de lluvias. Los resultados de este análisis, incluidos los valores numéricos normalizados son interpretados como niveles de exposición en el análisis de vulnerabilidad.

Establecidas todas las áreas y todas las colonias con algún registro de ocurrencia de inundaciones, se procedió a definir el área de estudio como aquella que abarca el perímetro inundable (Figura 28). Al interior de ésta se definieron dos tipos de espacios: 1) aquellos con registros de daños, y 2) aquellos con probabilidad espacial de ocurrencia del evento por condiciones topográficas, de cercanía a infraestructura hidráulica o escurrimientos superficiales. Por lo tanto la probabilidad de ocurrencia en zonas con algún grado de afectación registrado serán catalogados como espacios con probabilidad espacial de muy alta (valor de 1) y la áreas cuyas características impliquen cercanía a entidades hidrográfica e hidráulicas y/o condiciones topográficas que posibiliten la acumulación de agua, se definirán con valores probabilísticos inferiores a 1, de acuerdo determinadas relaciones de proximidad y condiciones topográficas.

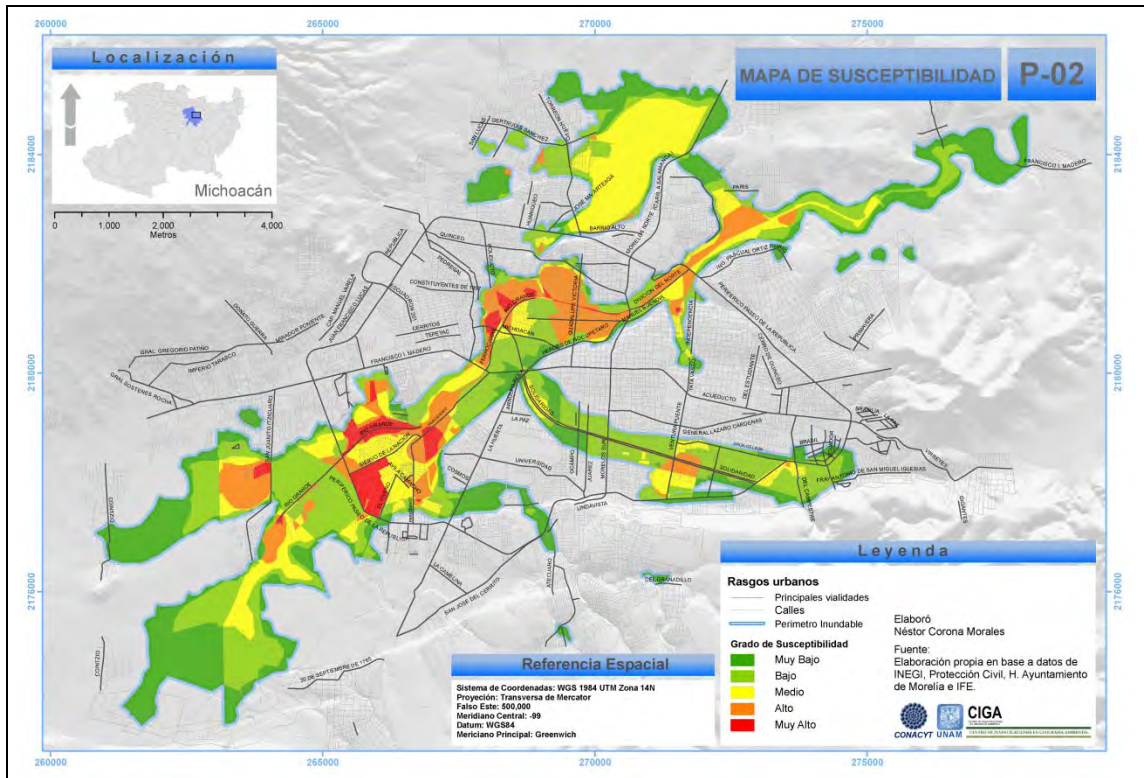


Figura 28. Mapa de susceptibilidad a inundaciones.
Fue te: Elaboración propia.

4.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A INUNDACIONES

El insumo básico para la ejecución de la metodología para evaluar las condiciones de vulnerabilidad lo constituye la definición espacial de los sujetos de vulnerabilidad. El resultado de la delimitación de estos se presenta en la figura 29, así mismo, en el cuadro 11, se presenta una relación de las superficies que abarca cada sujeto en el perímetro con potencial de inundarse en la ciudad de Morelia.

Cuadro 11. Distribución de la superficie de los sujetos de vulnerabilidad

Sujeto	Superficie (Ha)	Porcentaje
Actividades económicas	1231.9020	32.35
Infraestructura	418.5850	10.99
Población y Vivienda	983.3510	25.82
Recursos Naturales	408.2050	10.72
Vialidades	766.2570	20.12
Total	3808.3000	100.00

Fuente: Elaboración propia

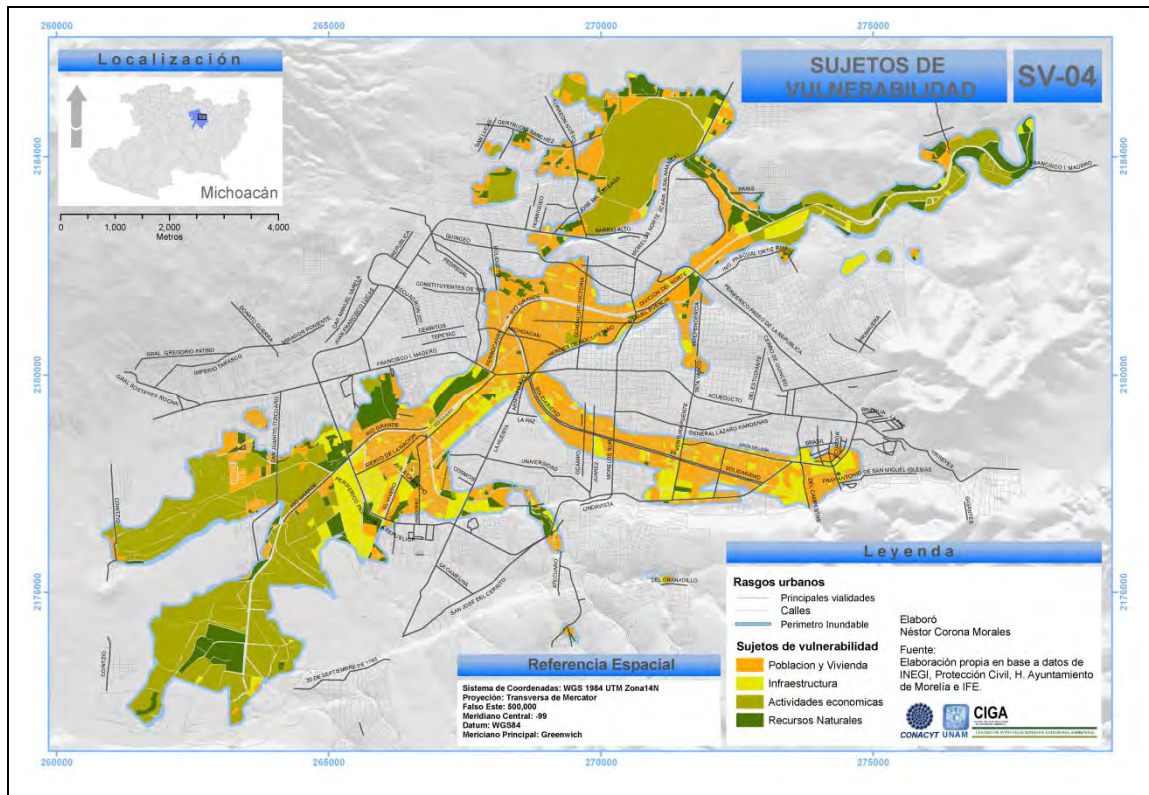


Figura 29. Mapa de sujetos de vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN DE EXPOSICIÓN

4.2.1.1 POBLACIÓN

Por las características de la información recabada y por la naturaleza de las actividades cotidianas de la población, para este sujeto del análisis se han diferenciado dos propiedades de la exposición: temporal y espacial. La movilidad que caracteriza a la población en los centros urbanos por motivos de: trabajo, educación, esparcimiento, suministro de bienes y servicios, impactan de forma constante la ocupación del territorio. Por lo tanto hay constantes cambios en la distribución de la población a lo largo del día, en el transcurso de la semana y a lo largo del año. Para este análisis solo se consideró este patrón de movilidad desde la perspectiva de la de la ocupación diferenciada del espacio para dos casos: las zonas habitacionales y las zonas escolares. Esta última fue seleccionada por las características de la población que

acude a los centros educativos y el gran número de planteles que se localizan dentro del perímetro inundable.

4.2.1.1.1 Exposición espacial

En las zonas habitacionales. Los niveles de exposición más elevados corresponden a aquellas áreas que ya han presentado problemas de inundaciones y por lo tanto han requerido de la intervención de entidades gubernamentales para enfrentar la contingencia. En los espacios habitacionales con nivel de exposición muy alto residen 7, 870 personas, este volumen representa el 5.9%. En el nivel de exposición alto, residen 26,969 personas que representan el 20.2% del total de la población expuesta. Los niveles de media a muy baja albergan a 98,516 personas.

En las zonas escolares. Dentro del perímetro inundable se localizan 146 planteles educativos de niveles preescolares hasta profesional, de los cuales se obtuvo información sólo de 87. Los cuales albergan en promedio 265 estudiantes por turno, aunque el rango entre el plantel más pequeño al más grande es muy amplio, por ejemplo el CEBETIS 149 de nivel bachillerato cuenta con 1,018 alumnos y 87 empleados, entre profesores y personal administrativo y de servicios en comparación con la Comunidad Educativa Montessori en el nivel de Preescolar que cuenta con 7 alumnos y 1 profesor. Estas diferencias son consideradas en la base de datos del equipamiento educativo. En total¹⁸ se tiene que por turno los espacios educativos albergan alrededor de 22, 498 estudiantes. De los cuales el 3.3% están en niveles de exposición muy altos (743 alumnos), el 6.5% alto y el resto en niveles de medio a muy bajo (Ver Cuadro 12).

¹⁸ Solo aquellos planteles de los cuales se obtuvo información.

Cuadro 12. Niveles de exposición espacial de planteles educativos.

Exposición espacial	Planteles con Información	Planteles Totales	Alumnos	Personal	Población Total	Porcentaje Población Total
Muy alta	6	13	743	186	929	3.75
Alta	9	14	1,462	232	1,694	6.83
Media	14	23	4,656	420	5,076	20.48
Baja	43	66	11,633	1,016	12,649	51.03
Muy baja	15	30	4,004	435	4,439	17.91
Total	87	146	22,498	2,289	24,787	100.00

Fuente: Elaboración propia en base a datos de inscripciones al ciclo escolar 2007 de la SEP.

4.2.1.1.2 Exposición temporal

En zonas habitacionales. El análisis indica que más del 55% de las manzanas con uso habitacional, que alojan aproximadamente a 99, 787 personas, presentan un nivel de exposición medio, El 22.6% de las manzanas presentan una exposición Alta con cerca de 25 mil habitantes y el nivel de exposición Muy Alto lo presentaron el 13% de las manzanas, en dichas superficies reside el 2.9% de la población total del área de (Ver Figura 30)

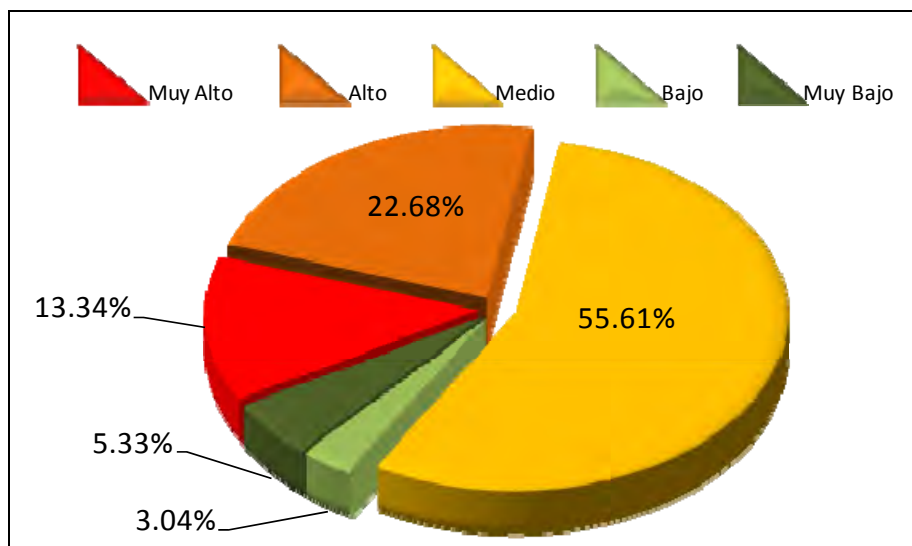


Figura 30. Grafica de la distribución de la población según el nivel de exposición espacial.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a su distribución espacial, todas las categorías, con excepción de los niveles muy altos, presentan un patrón de dispersión más o menos homogéneo en toda el área de estudio. Los niveles de exposición muy altos tienden a concentrarse principalmente al norte del área de estudio, y en pequeñas grupos de manzanas en el resto de la superficie.

Zonas Escolares. Según los datos de alumnos y personal que acude a los espacios educativos, se definió que 16, 807 personas confinados en 34 planteles educativos presentan niveles de exposición temporal muy altos. Esta cifra es casi de las mismas dimensiones que los planteles y la población que asiste a planteles con niveles de exposición temporal muy bajos. En las categorías de media y baja se registran entre 100 y 2000 habitantes respectivamente (Ver Cuadro 13).

Cuadro 13. Niveles de exposición temporal población en escuelas.

Nivel de exposición	Escuelas	Población			
		Superficie (Ha)	Alumnos	Empleados	Total
Muy Alta	34	26.2000	15573	1234	16807
Alta	59	50.1280	0	0	0
Media	8	3.4950	853	420	1273
Baja	10	4.5620	1521	343	1864
Muy Baja	36	15.1720	13993	1208	15201
Total	147	100	31940	3205	35145

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1.3 Exposición total de la población

Los resultados fueron cartografiados y generadas tablas resumen que indican que al integrar la vulnerabilidad espacial con la temporal se incrementan los niveles de exposición para el rango muy alto acentuando la condición de vulnerabilidad por este componente para aquellas áreas en esta situación. En el resto, exceptuando el nivel muy bajo de exposición total, los valores se mantienen de forma proporcional, mientras que en el caso de número de individuos baja drásticamente debido a que ambos tipos de vulnerabilidad son muy bajos, lo que tiene a reducir su valor. El indicador pondera la

cantidad de tiempo que la población está expuesta a la amenaza con respecto al nivel de exposición espacial determinado por su localización.

Los resultados muestran que cerca de 12,000 personas, el 8.23% de la población que reside dentro del perímetro inundable, presenta condiciones de exposición Muy Alta. La población con niveles de exposición Alta asciende a 25,366 habitantes que representan el 17.48% de la población estudiada. El resto de la población se encuentra en niveles de exposición de Media a Muy baja (Ver Figura 31).

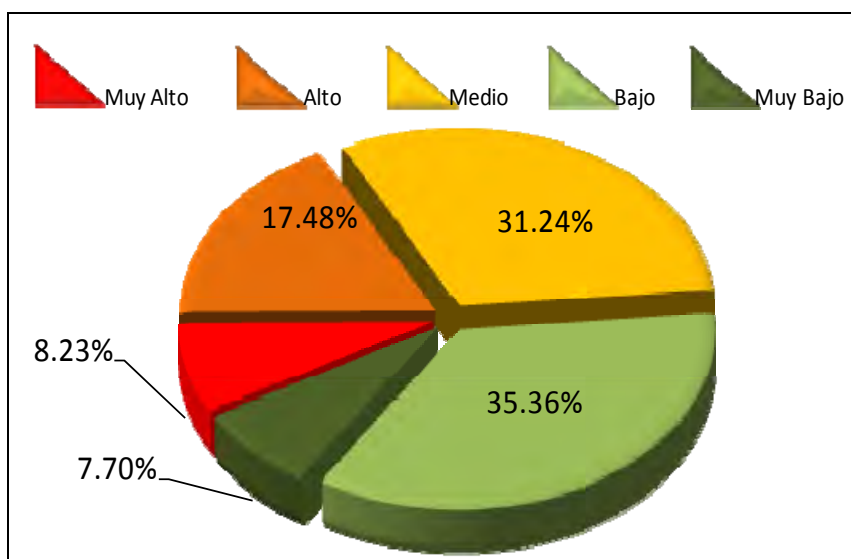


Figura 31. Gráfico de la distribución de la población según su nivel de exposición total.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a su distribución espacial, los niveles muy altos están distribuidos principalmente en las laderas del Río Grande, con excepción del fraccionamiento Hacienda de Tinijaro y la colonia Benito Juárez, ambas cercadas al norte y al sur por los drenes Patrial e Itzicuaros respectivamente. Los niveles de exposición altos generalmente se presentan de forma adyacente a las manzanas con la categoría anterior, exceptuando algunas manzanas pertenecientes a las colonias Electricistas, Del Obrero y Chapultepec Sur en los bordes del Río del Chiquito. El resto de las categorías está dispersas por toda el área de estudio (ver Figura 32).

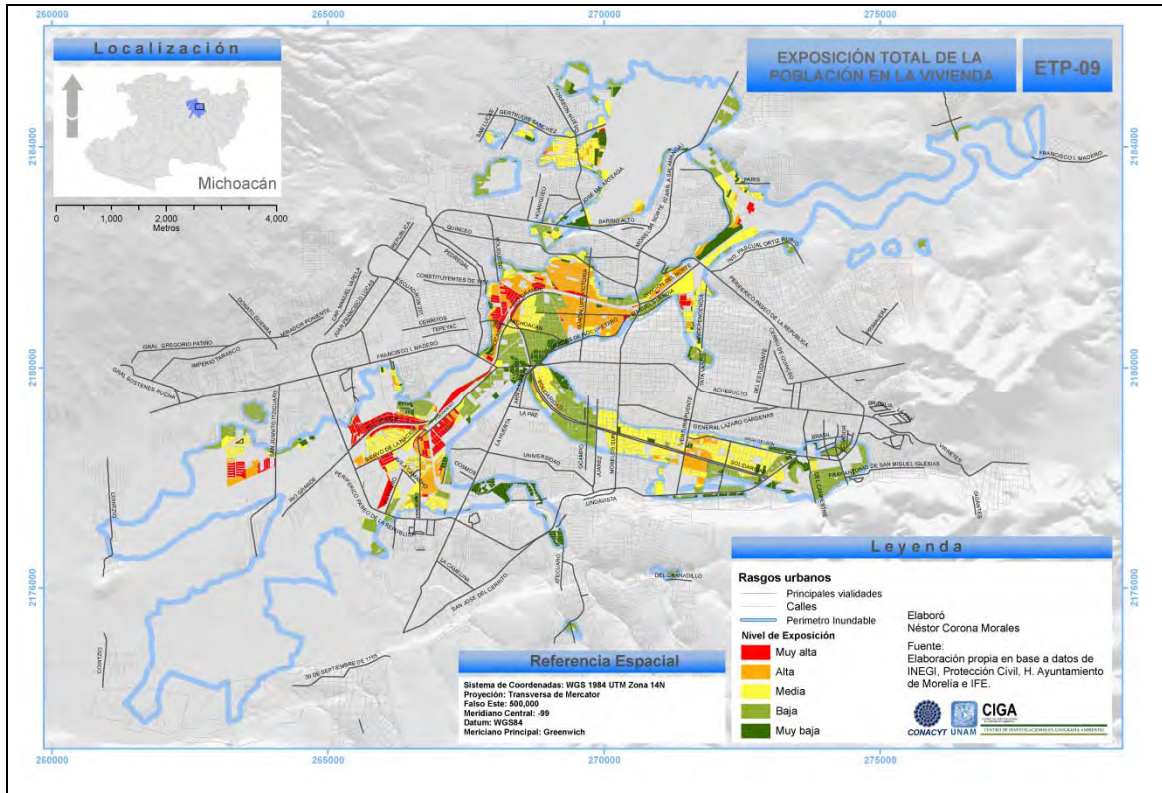


Figura 32. Mapa de exposición total de la población en zonas habitacionales.

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de la población en centros educativos se distribuye siguiendo un patrón similar al de la vivienda. La población distribuida en estos espacios presenta en su mayoría condiciones de vulnerabilidad por exposición total Media. Cabe señalar que 24 planteles presentan condición de exposición total muy alta y 35 planteles un nivel Alto, en su conjunto albergan a más de 14,000 estudiantes (ver cuadro 14 Y Figura 33).

Cuadro 14. Exposición total población en escuelas

Nivel de exposición	Escuelas	Población			
		Superficie (Ha)	Alumnos	Empleados	Total
Muy Alta	24	21.27	6394	633	7027
Alta	35	39.04	6905	619	7524
Media	45	15.23	10656	1056	11712
Baja	18	9.19	5315	584	5899
Muy Baja	25	14.83	2670	313	2983
Total	147	100	31940	3205	35145

Fuente: Elaboración propia en base a Matriculas 2007 de la SEP

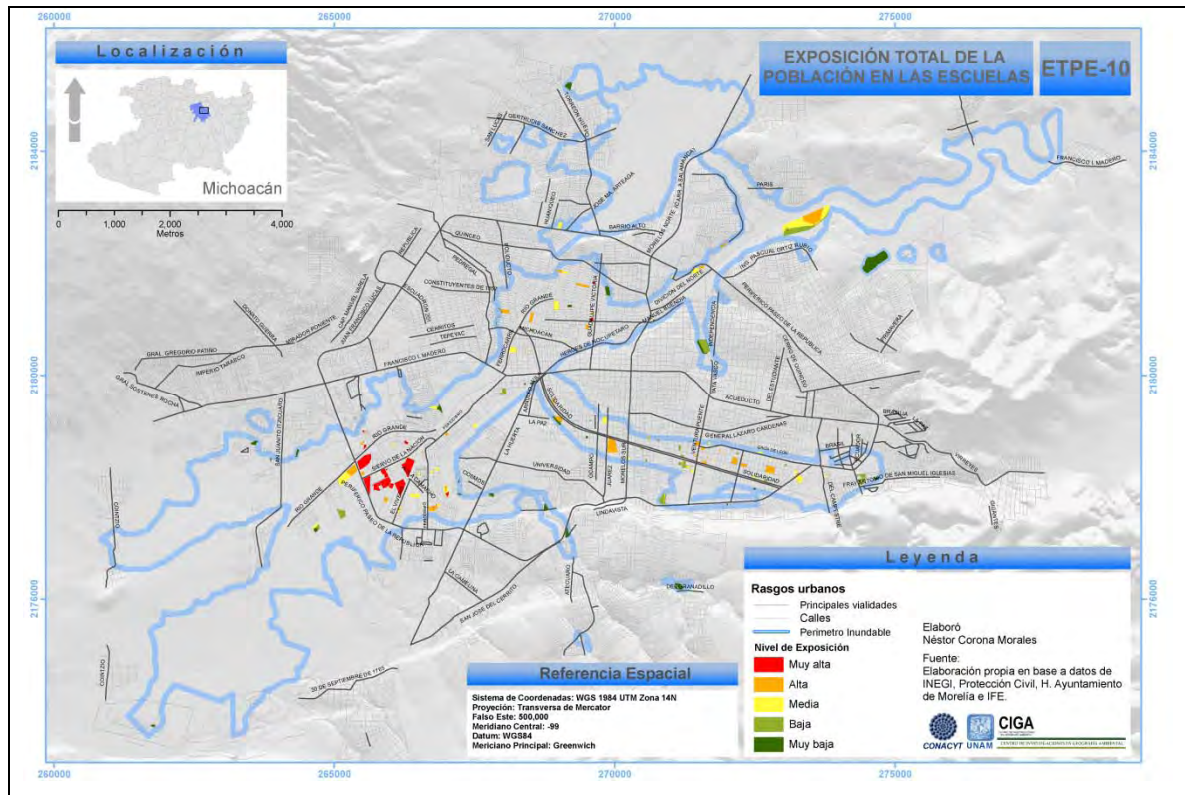


Figura 33. Mapa de exposición total de la población en zonas escolares.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2 INFRAESTRUCTURA

4.2.1.2.1 Vivienda

El resultado indica que hay aproximadamente 34,946 viviendas expuestas a inundarse en el peor escenario, es decir, considerando que toda la superficie susceptible a inundarse, se inunde. Sin embargo cabe destacar que los niveles de exposición “baja” y “muy baja” se distribuyen en espacios que aun no han presentado problemas serios de inundaciones, principalmente se extienden por zonas agrícolas, espacios abiertos (como canchas de futbol), o zonas habitacionales con densidades poblacionales bajas, mientras que las viviendas localizadas en zonas con niveles de exposición “muy altos” y “altos”, son los que ya han sufrido daños, la gran mayoría de estas áreas son aquellas que han requerido de la intervención para evacuar y restaurar parcialmente los daños

en los amuebles y bienes materiales¹⁹. En su conjunto representan el 35% de las viviendas, aproximadamente 1,857 y 7,117 respectivamente (Ver Figuras 34 y 35)

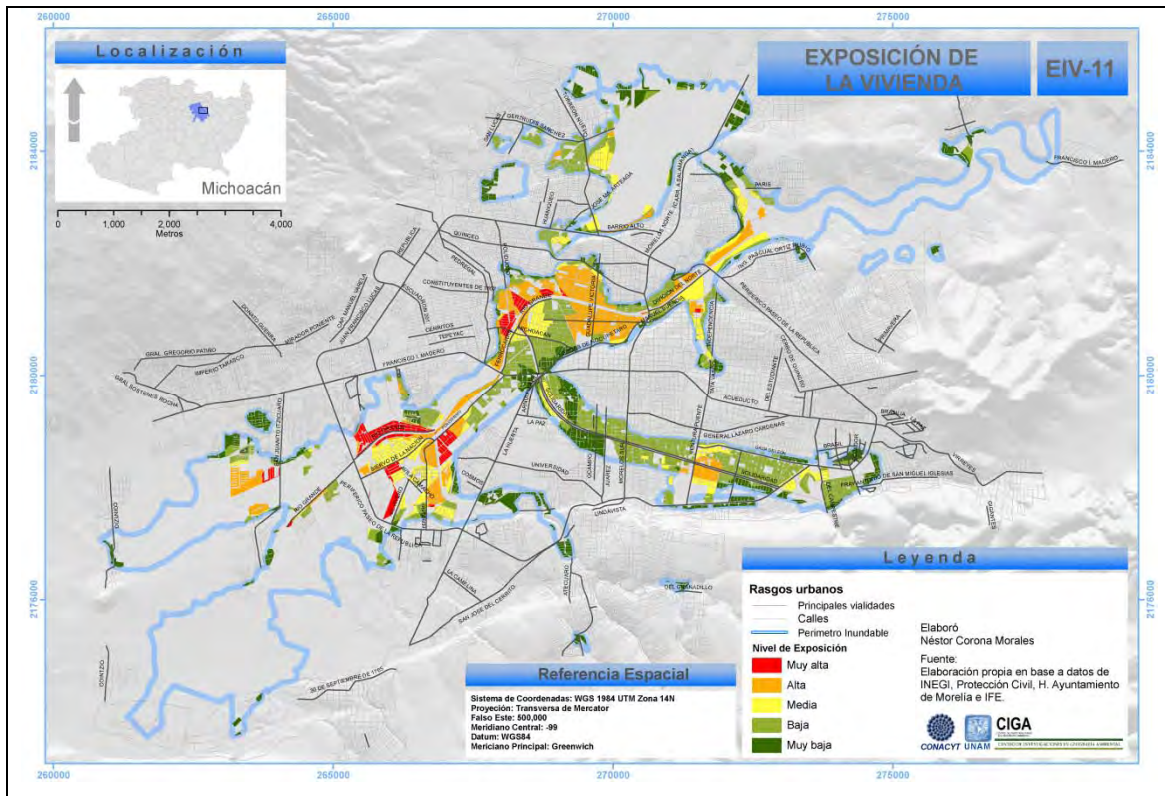


Figura 34. Mapa de exposición total de la vivienda.

Fuente: Elaboración propia.

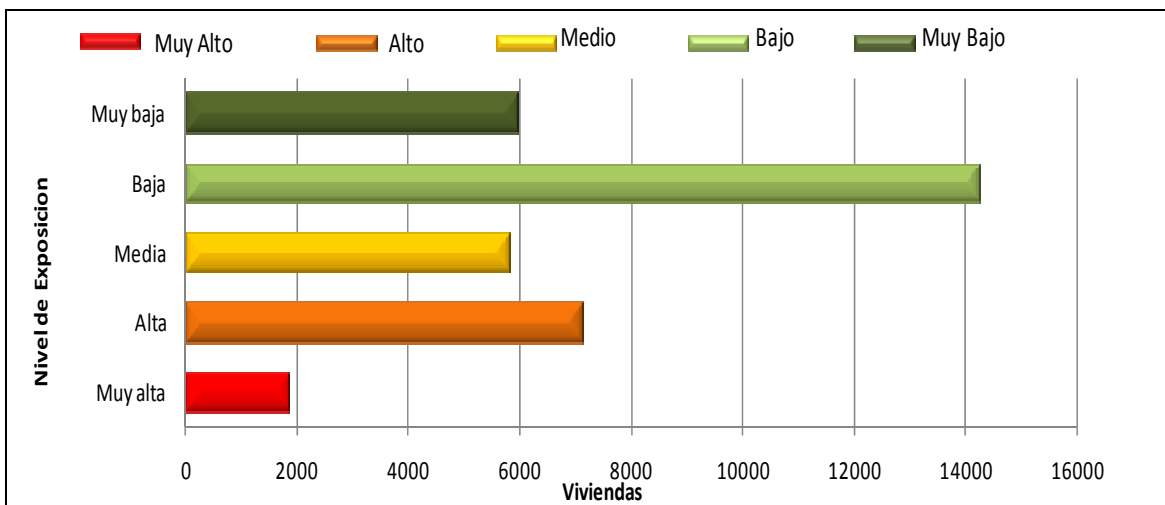


Figura 35. Gráfico de la distribución de la vivienda por nivel de exposición.

Fuente: Elaboración propia.

¹⁹ De acuerdo a los reportes de daños de Protección Civil y Bomberos del municipio de Morelia.

4.2.1.2.2 Equipamiento urbano

Respecto a la exposición a inundaciones del equipamiento se encontró que en el área de estudio se localizan aproximadamente 531 edificaciones o terrenos acondicionados para cada función. De los cuales el 10% presentan condiciones de vulnerabilidad por exposición muy altas. En total son 53 equipamientos, en su gran mayoría escuelas. En esta categoría se encuentran también 3 iglesias, la cárcel municipal el hospital Nuevo Milenio y la estación del tren. En el nivel de exposición alto se definieron 99 entidades, en esta categoría también constituyen la mayoría los espacios educativos y la mayoría de los hoteles (6 de 15 que se inventariaron), así como 9 iglesias. Los 379 equipamientos restantes se localizaron en niveles de media a muy baja exposición. Los detalles de la cantidad tipo y equipamiento específico por su grado de exposición a inundaciones se presentan en el cuadro 15 (ver Figura 36).

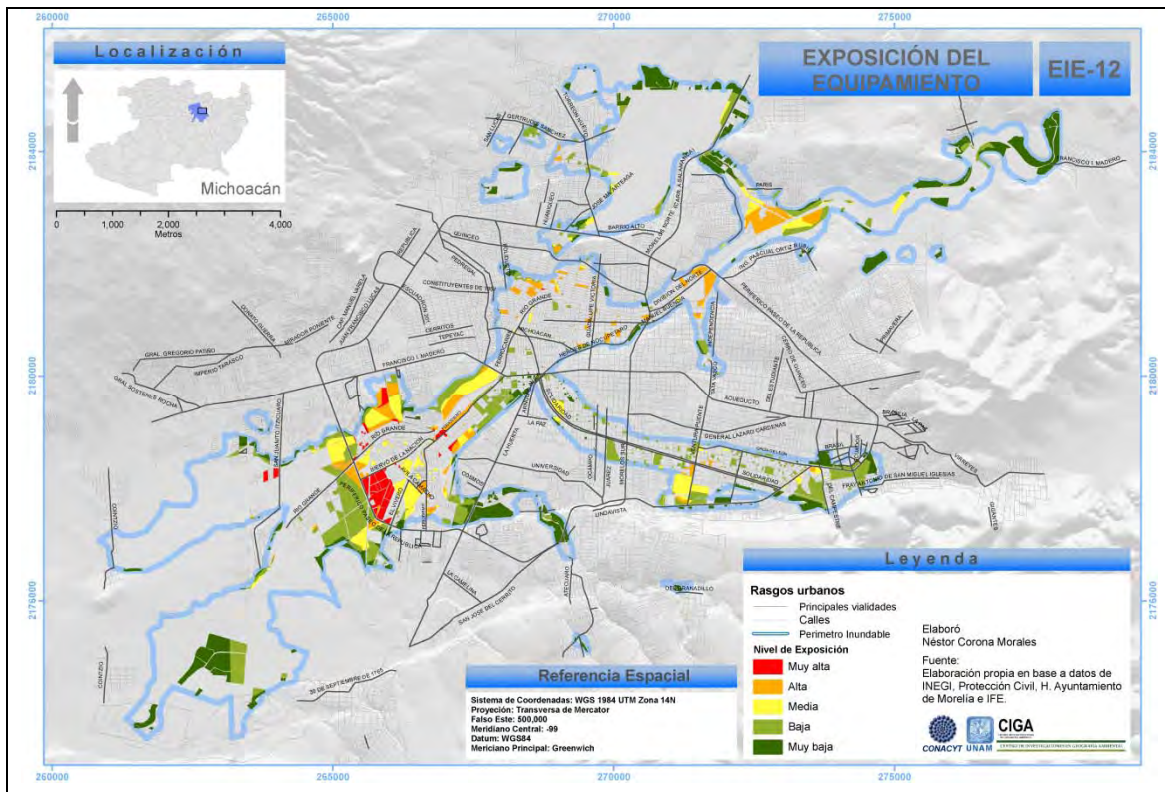


Figura 36. Mapa de exposición total del equipamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Tipos de equipamiento por grado de exposición a las inundaciones.

Tipo	Equipamiento	Cantidad por grado de exposición					Total
		Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	
Asistencia Social	Asilo				1		1
	D.I.F.		1	1	2		4
Comercial	Comercial				1	1	2
	Lechería		1	1			2
	Mercado		1		1		2
	Plaza Comercial	1	1	2	8	1	13
Comunicaciones	Central de Autobuses		1		1		2
	Correo				1		1
	Estación de Tren	1					1
	Gasolinera		1	3	5	1	10
	Medio de Comunicaciones	1		1	2		4
Cultural	Biblioteca			2			2
	Casa de la Cultura		1				1
Deportivo	Cancha deportiva				1	1	2
	Unidad Deportiva	1	4	6	5	2	18
Educativo	Escuela	24	35	45	18	25	147
Esparcimiento	Cine				1		1
Financiero	Banco	1	1	2	10	4	18
Infraestructura	C.F.E.			1	2		3
	I.F.E.			1	1		2
Institucional	Oficina Gubernamental	7	7	5	16	3	38
	Estación de Bomberos					1	1
	Oficina No Gubernamental	4	3			3	10
	Protección Civil					1	1
Recreativo	Parque	2	2	8	3	2	17
	Plaza			1		1	2
	Plaza de Toros			1	2		3
	Teatro		1				1
	Zoológico				1		1
Religioso	Iglesia	3	9	8	17	6	43
Salud	Clínica	1		2	9	2	14
	Farmacia		12	6	18	9	45
	Hospital	1	1			1	3
Seguridad	Cárcel	1					1
Turístico	Hotel		6	1	5	3	15
	Turismo		1	2			3
Varios	Varios	5	10	15	50	17	97
Total		53	99	114	181	84	531

Fuente: Elaboración propia en base a datos del PDUCPM 2004.

4.2.1.2.3 Vialidades

El escenario resultante refleja que algunas secciones de las avenidas más importantes de la ciudad tienen altos niveles de exposición. El carácter de las vialidades como elemento físico que posibilita el desplazamiento de un punto a otro de la ciudad, lo convierten en un elemento crítico para el funcionamiento urbano. Por lo que la exposición y el potencial bloqueo generado por las inundaciones plantea; en principio la pérdida temporal de la movilidad urbana y el aislamiento de zonas altamente vulnerables, siendo esta última la condición más alarmante durante la presencia de una inundación, que requiere la evacuación de la población o el ingreso del personal especializado para labores de asistencia. (Ver Figuras 37 y 38).

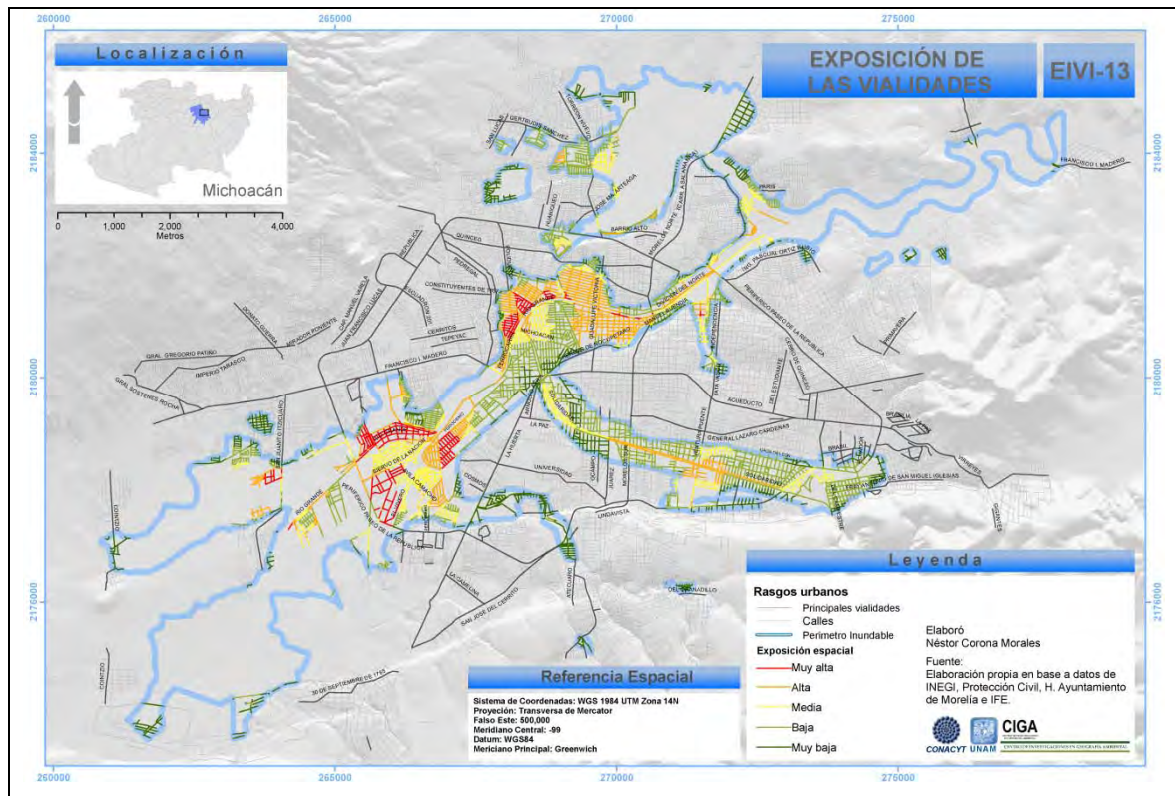


Figura 37. Mapa de exposición total de las vialidades.

Fuente: Elaboración propia.

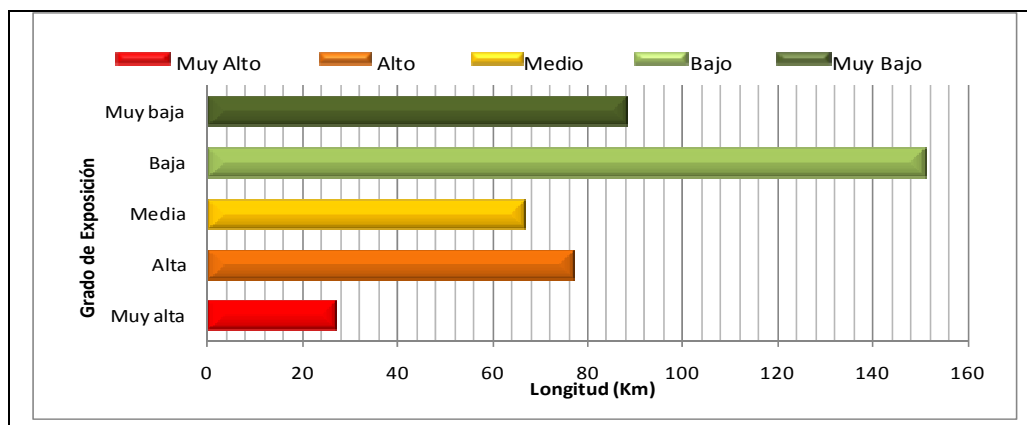


Figura 38. Gráfico de la longitud de las vialidades según grado de afectación.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.3 RECURSOS NATURALES

Dentro del tipo de sujeto de vulnerabilidad correspondiente a la categoría de Recursos Naturales se incluyó el suelo en su carácter de espacio que posibilita la realización de actividades o servicios sobre él. Se encontró que en el área de estudio existen aproximadamente 136 lotes (baldíos), de los cuales 29 presentan niveles de exposición altos y muy altos, estos se extienden por una superficie aproximada de 100 hectáreas, casi el 50% de la superficie de esta categoría. La importancia de definir los grados de exposición de estos espacios es que por definición estos espacios representan áreas con gran potencial a ser urbanizados. Por lo tanto se requiere implementar medidas de control orientadas a restringir el uso de estos espacios para aquellas actividades que expongan a la población o servicios, o en su defecto diseñar lineamientos de edificación que mitiguen los impactos principalmente en las edificaciones (Ver cuadro 16).

Cuadro 16. Superficie y cantidad de lotes según su grado de exposición.

Nivel de Exposición	Cantidad	Superficie (Ha)
Muy alta	6	4.77
Alta	23	95.64
Media	13	15.22
Baja	34	61.46
Muy baja	60	42.74
Total	136	219.83

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las áreas verdes, estas cubren una extensión de 290 hectáreas aproximadamente, de las cuales el 83.5% se encuentran en condiciones de exposición altas, el detalle se presenta el cuadro 17. Para ver distribución en la figura 39.

Cuadro 17. Superficie y cantidad de áreas verdes según su grado de exposición.

Nivel de Exposición	Cantidad	Superficie (Ha)
Alta	7	242
Media	6	1.06
Baja	8	37.86
Muy baja	8	9
Total	29	290.19

Fuente: Elaboración propia

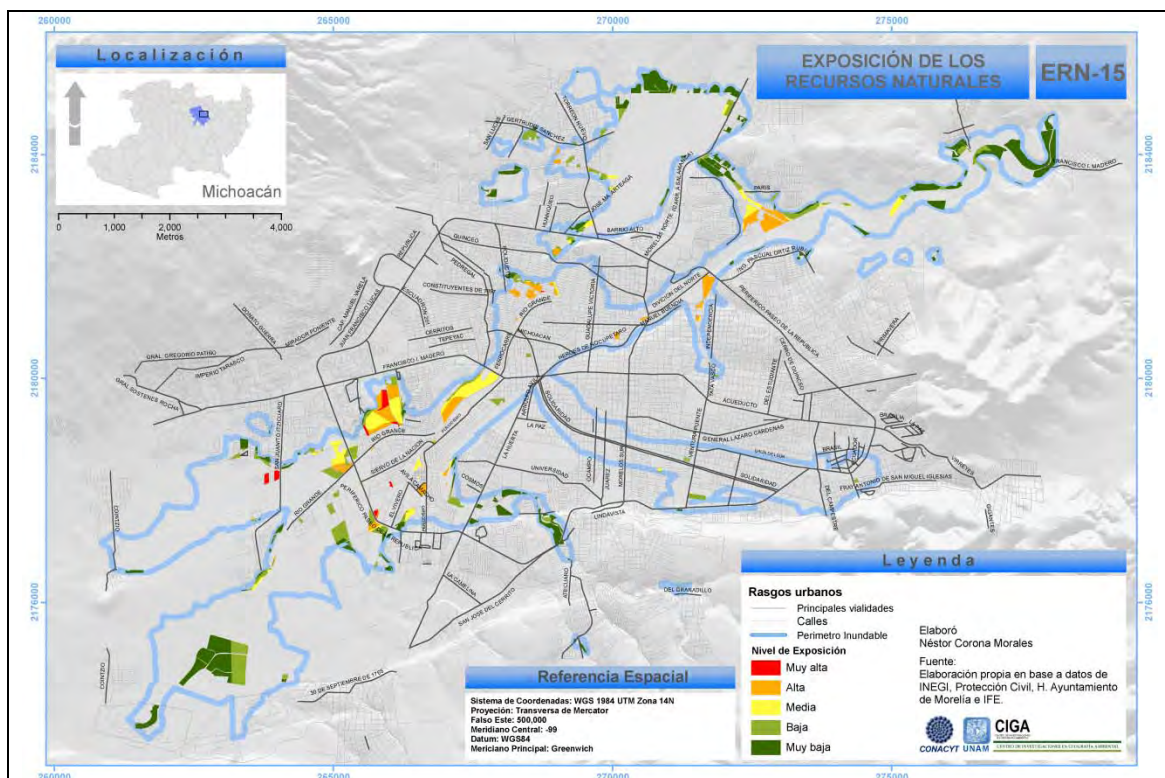


Figura 39. Mapa de exposición total de los recursos naturales.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.4 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Los espacios con uso industrial cubren una superficie de 103.46 hectáreas de las cuales sólo 12.89 Has son ocupadas por 3 fábricas que se localizan en zonas con alto

nivel de exposición y otras tres con nivel medio con una superficie de 13.9 Has. El resto de la industria presenta niveles de exposición de bajo a muy bajo (Ver Cuadro 18). En cuanto a su distribución espacial, la mayoría de éstas se localizan en el extremo este de la ciudad, en el complejo industrial de Morelia.

Cuadro 18. Superficie y cantidad industrias según su grado de exposición.

Nivel de Exposición	Cantidad	Superficie (Ha)
Alto	3	12.89
Medio	3	13.90
Bajo	20	43.07
Muy bajo	32	33.60
Total	58	103.46

Fuente: Elaboración propia

Las áreas agrícolas son la categoría de cobertura y uso de suelo más extenso en el perímetro inundable, cubriendo poco más de 1, 100 hectáreas y prácticamente toda superficie marcada son susceptibles a inundarse. Los niveles más altos de exposición cubren aproximadamente 60 hectáreas. En el cuadro 19 se presentan las superficies agrícolas por grados de exposición y en la Figura 40 se aprecia la distribución.

Cuadro 19. Superficie y cantidad de áreas agrícolas según su grado de exposición.

Nivel de Exposición	Superficie (Ha)
Alta	60.0130
Baja	346.3180
Media	349.8420
Muy alta	0.7670
Muy baja	363.0420
Total	1,119.98

Fuente: Elaboración propia

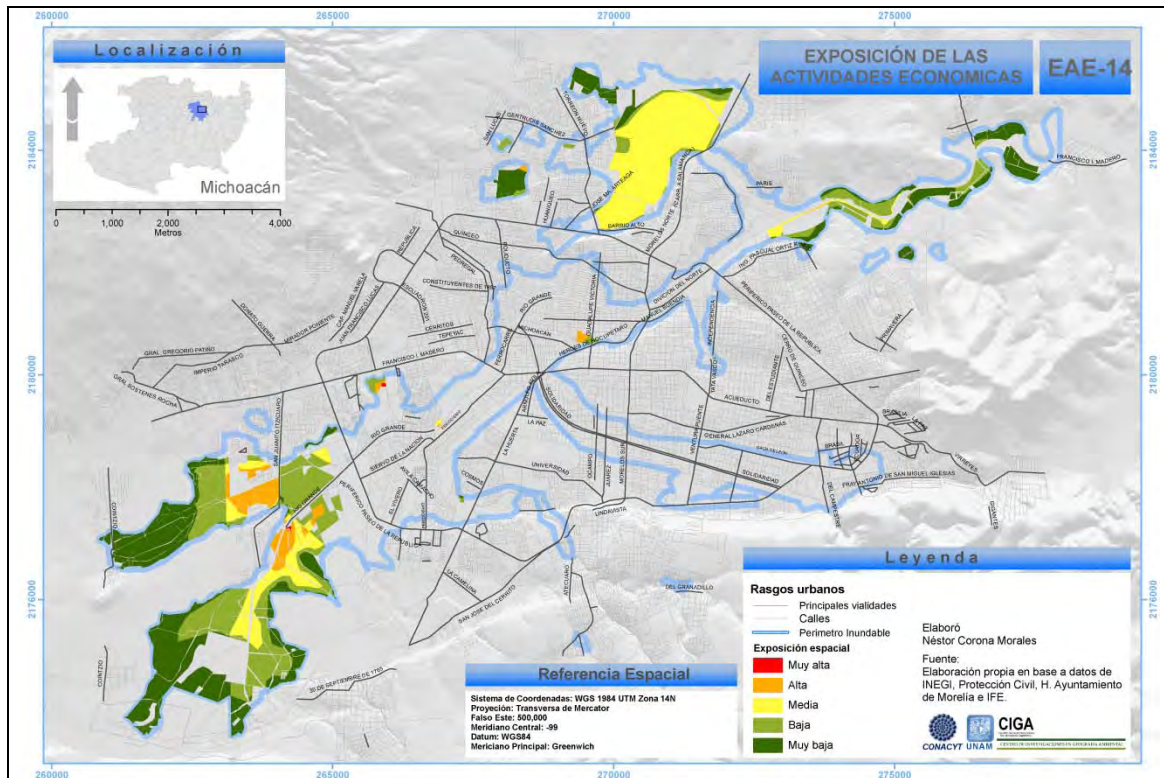


Figura 40. Mapa de exposición total de las actividades económicas.
 Fuente: Elaboración propia.

Se marcó la superficie agrícola al sur de la ciudad como parte de las zonas inundables y se dialogó con los ejidatarios propietarios de estos terrenos (al Suroeste de la ciudad). Los productores expresaron que constantemente son afectados por el desbordamiento del canal principal del río Grande de Morelia, y los drenes Cointzio, Parental, Alberca, Calabozo, El Carrizal, Itzícuaro y el Patrial. De igual forma manifestaron ser beneficiarios de programas de apoyo en caso de pérdida de las cosechas. Fuera de estos espacios, no se presentan superficies importantes cuyos componentes biofísicos representen un insumo primario útil para alguna actividad económica (desde el punto de vista extractivo excluyendo el emplazamiento de algún inmueble para efectuar alguna actividad económica).

4.2.2 VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN DE SENSIBILIDAD

4.2.2.1 POBLACIÓN EN ZONAS HABITACIONALES

Condición de Género. Se definió que poco más del 1% de las manzanas evaluadas cuentan con distribuciones de género que las hacen muy sensibles, el 9.97% presentan sensibilidad alta y casi 90% esa en condiciones de media a muy baja (ver Figura 41).

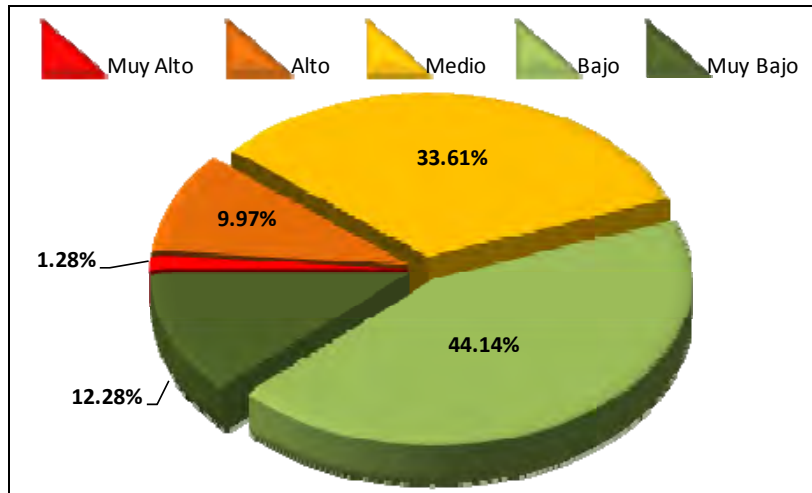


Figura 41. Gráfico de la distribución de la población según su nivel de sensibilidad por condición de género.
Fuente: Elaboración propia.

Por condición de Edad. Se definió que poco más del 5.58% de las manzanas evaluadas cuentan con distribuciones de edad que las hacen muy sensibles, el 17.4% presentan sensibilidad alta y casi 75% esa en condiciones de media a muy baja (ver Figura 42).

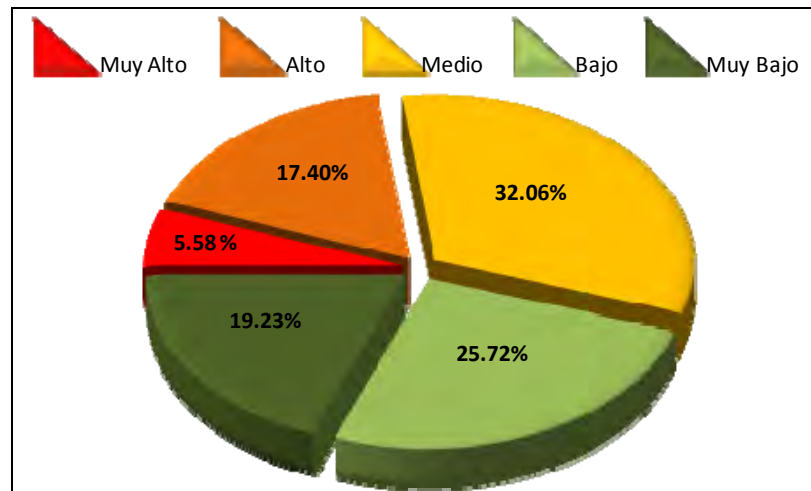


Figura 42. Gráfico de la distribución de la población según su nivel de sensibilidad por condición de edad.
Fuente: Elaboración propia.

Por densidad. Se definió que poco más del 5.58% de las manzanas evaluadas cuentan con distribuciones de género que las hacen muy sensibles, el 16% presentan sensibilidad alta y casi 80% esa en condiciones de media a muy baja (ver Figura 43).

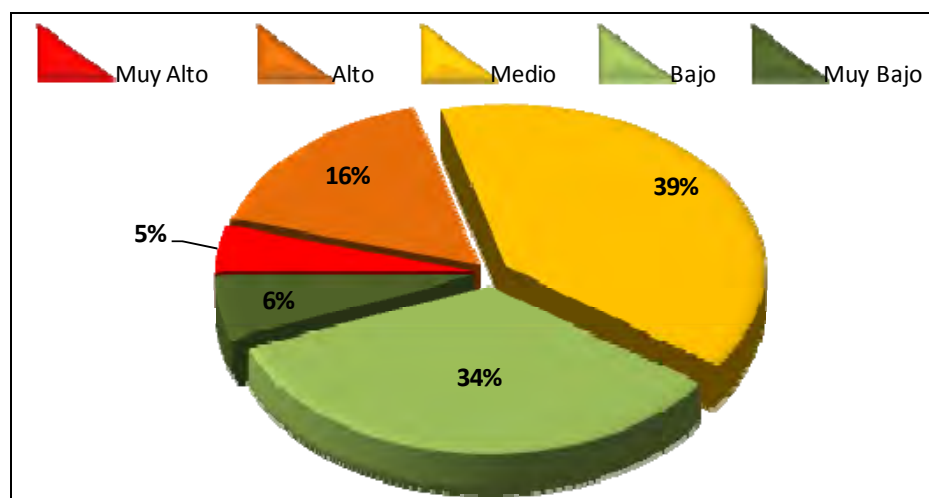


Figura 43. Gráfico de la distribución de la población según su nivel de sensibilidad por condición de densidad.

Fuente: Elaboración propia.

Sensibilidad total de la población en las viviendas

La combinación del índice como se estipula en la metodología muestra que el 1.7% de la población que reside aproximadamente en el 5% de las manzanas evaluadas presenta condiciones de sensibilidad Muy Alta, este grupo se encuentra disperso en un número considerable de manzanas (ver Figura 44). Por otra parte los niveles de sensibilidad Alta llegan hasta el 19% de la población residente de casi el 21% de las manzanas habitacionales. Las categorías de sensibilidad Muy Baja la presenta un porcentaje muy reducido de la población representando menos del 1%, en cuanto a su distribución es importante señalar que este segmento reside en casi el 10% de las manzanas evaluadas.

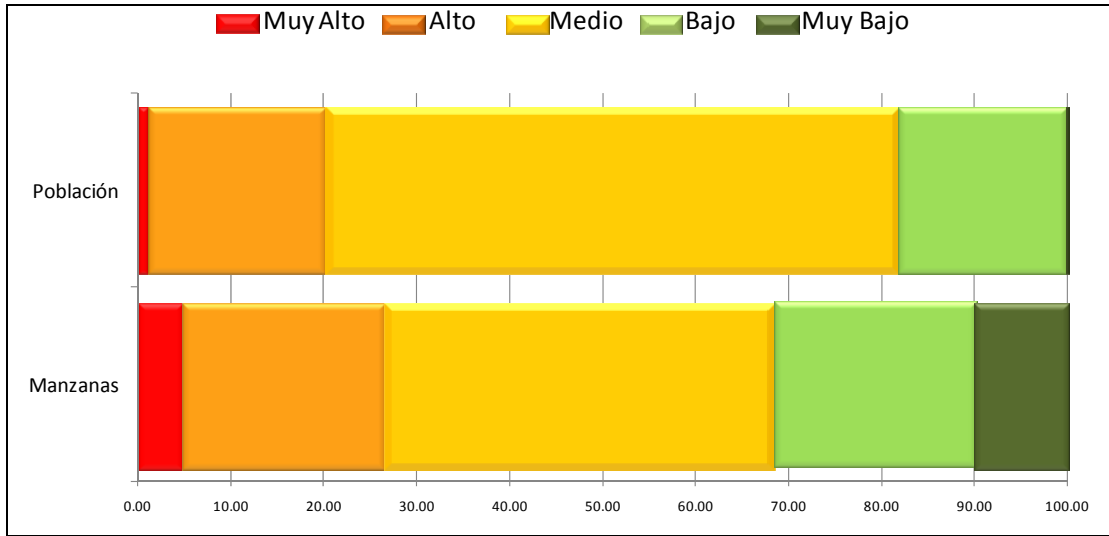


Figura 44. Gráfico de la distribución de los grados de sensibilidad total en zonas habitacionales, agrupados por población y a nivel de manzana. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 45, se presenta el detalle de la distribución de la población según su nivel de sensibilidad total.

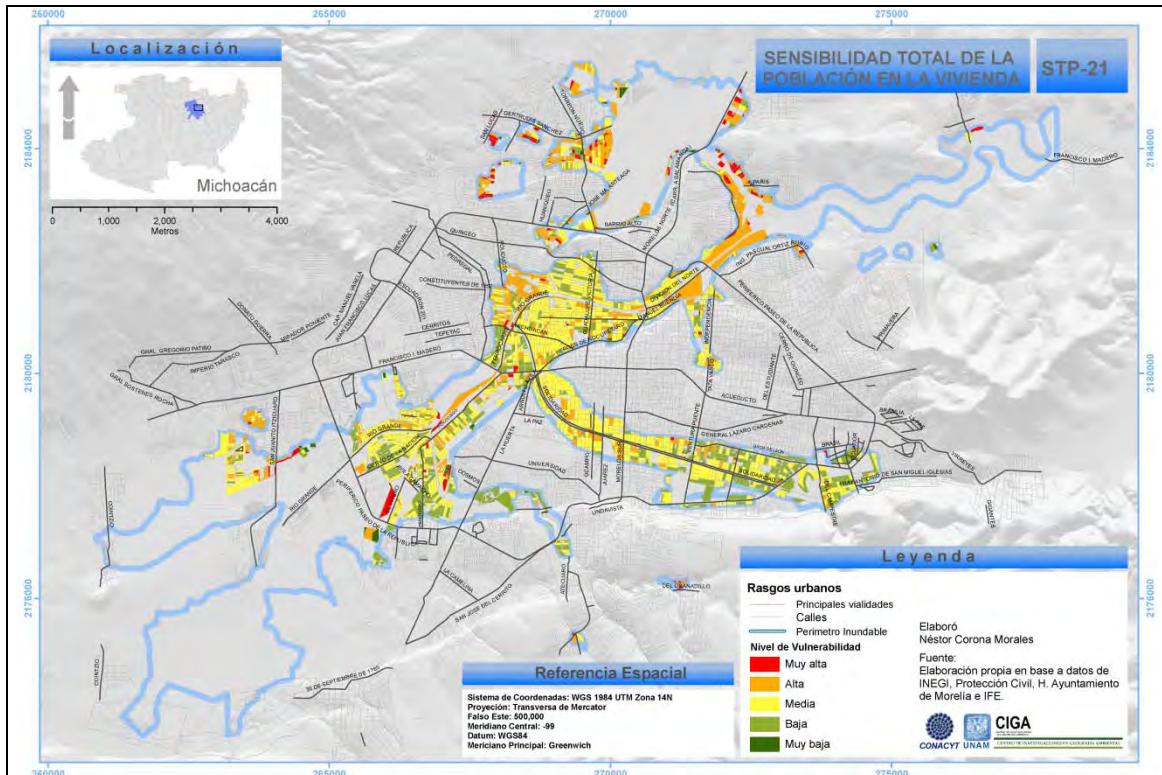


Figura 45. Mapa de exposición total de la población en las viviendas. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2 POBLACIÓN EN ZONAS ESCOLARES

Nivel de Instrucción (Ni). El resultado indica que 42 de los 91 planteles evaluados alojan estudiantes con nivel de sensibilidad Muy Alta. Estos representan escuelas de nivel preescolar o de educación especial y algunos planteles con servicios de educación mixtos. En el cuadro 20 se presenta la relación de planteles por nivel y grado de sensibilidad de la población que asiste a estos. En el cuadro no se incluyen los planteles de los cuales no se obtuvo información referente al nivel de instrucción que imparte. El total de planteles en esta condición es de 56.

Cuadro 20. Distribución de los planteles por grado sensibilidad.

Sensibilidad	Nivel	Número de planteles	Total
Muy alta	Educación especial	1	42
	Preescolar	35	
	Preescolar-Primaria-Secundaria	4	
	Preescolar-Primaria	1	
	Preescolar-Primaria-Secundaria-Bachillerato	1	
Alta	Primaria	29	31
	Primaria-Secundaria	2	
Media	Secundaria	11	12
	Secundaria-Bachillerato	1	
Baja	Bachillerato	5	5
Muy Baja	Profesional	1	1
Total		91	91

Fuente: Elaboración propia.

Condición de hacinamiento (Ch)

Los resultados indican que 70 planteles presentan condiciones de sensibilidad muy alta, siendo la gran mayoría de estas (Ver cuadro 21). En seguida se encuentran 59 entidades sin datos, para evaluaciones más detalladas será preciso recabar bases de datos que contengan información de todas estas.

Cuadro 21. Distribución de la población en planteles educativos según nivel de sensibilidad por condición de hacinamiento.

Grado de Sensibilidad	Planteles	Alumnos	Personal	Total
Muy Alta	33	8,244	746	8,990
Alta	18	4,773	608	5,381
Media	10	3,393	242	3,635
Baja	13	4,403	476	4,879
Muy Baja	10	856	138	994
Sin datos	63	0	0	0
Total	147	21,669	2,210	23,879

Fuente: Elaboración propia en base a información de la SEP

Sensibilidad total de la población en escuelas

La integración de los parámetros de evaluación de los estratos demográficos que asisten a los planteles educativos y el número de alumnos que atiende cada uno, constituyen el indicador de sensibilidad total. Los resultados indican poco más de 21,000 habitantes que asisten a 70 planteles presentan condiciones de sensibilidad Muy Alta, esto representa el 75% de la población evaluada (ver cuadro 22).

Cuadro 22. Distribución de la población en planteles educativos según nivel de sensibilidad total.

Grado de sensibilidad	Planteles	Población
Muy Alta	70	21,396
Alta	6	1,877
Media	8	1,289
Baja	3	225
Sin Datos Población	59	0
Total	76	3,391

Fuente: Elaboración propia en base a información de la SEP

Finalmente la distribución por grado de sensibilidad de la población en planteles educativos se presenta en la figura 46.

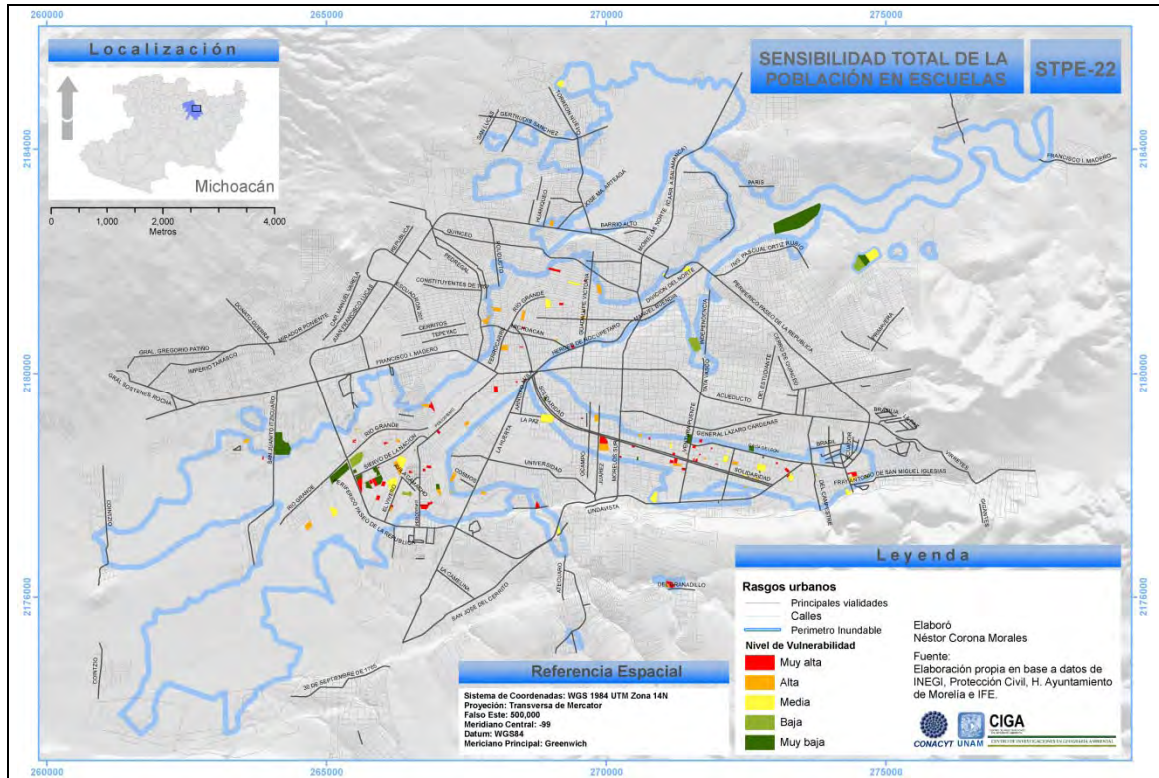


Figura 46. Mapa de sensibilidad total de la vivienda en zonas escolares.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.3 INFRAESTRUCTURA

4.2.2.3.1 Vivienda

Por tipo de vivienda

Los resultados indican que aproximadamente el 60% de la vivienda presenta altos niveles de vulnerabilidad de acuerdo a la estructura de los tipo de vivienda que componen la manzana. Solo el 11% de las viviendas presentan niveles bajos y muy bajos (ver Figura 47).

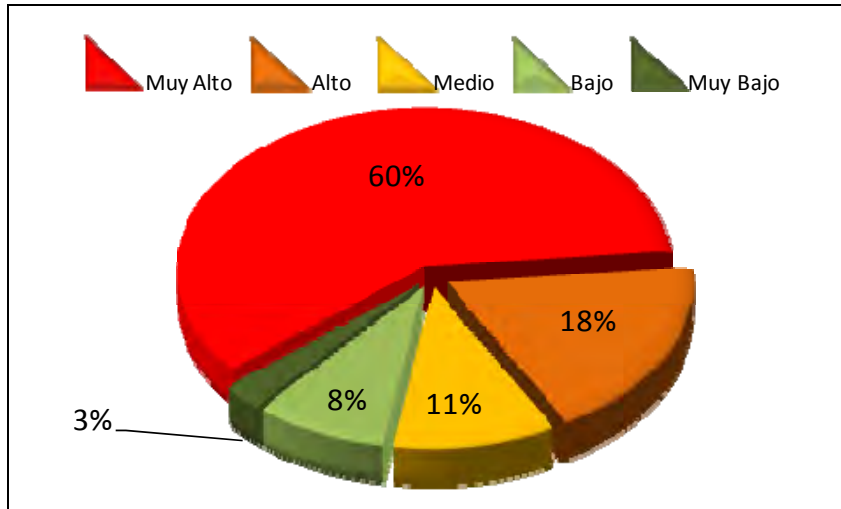


Figura 47. Gráfico de la distribución de la vivienda por sensibilidad según clase de vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

Por edad relativa de la finca

Resultados se presentan en la gráfica, cabe señalar la gran cantidad de viviendas que en rangos de edad de entre 20 y 30 años considerados de nivel medio de vulnerabilidad, constituyen la mayoría de las viviendas evaluadas. Esto coincide con el periodo del boom urbano a mediados de 1970, aparentemente, la urbanización resultante de este periodo se llevo a cabo en las ciénagas o llanuras de inundación del antiguo cauce del río grande (Ver grafico 48).

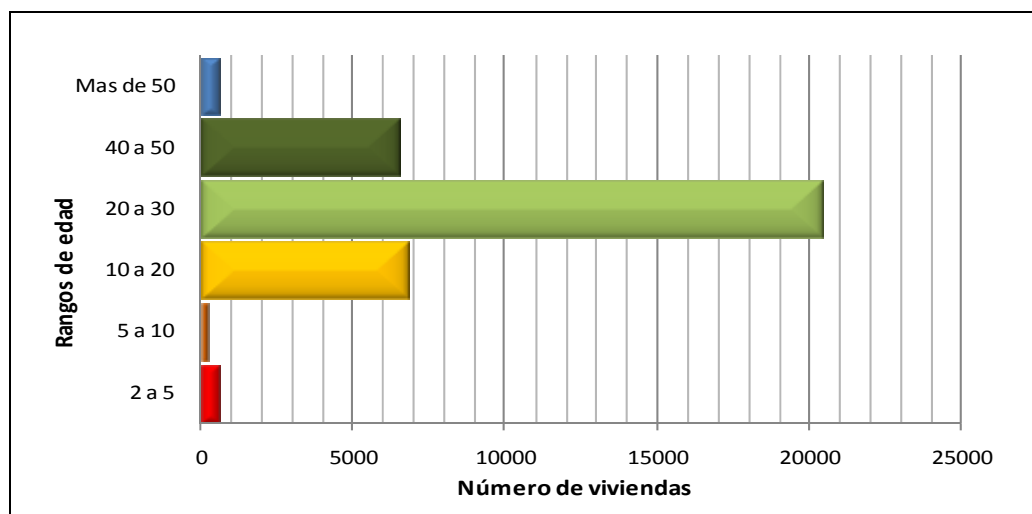


Figura 48. Gráfico de la cantidad de viviendas por rangos de edades de antigüedad de la vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

Por número de cuartos de la vivienda

El resultado muestra que poco más del 1% de las viviendas está en condiciones de vulnerabilidad de altas a muy altas, la condición de vulnerabilidad por este criterio es favorable para la gran mayoría de la vivienda de la zona de estudio. Los resultados indican que el número de viviendas con un solo cuarto se presenta en bajas proporciones en el área evaluada (Ver Figura 49).

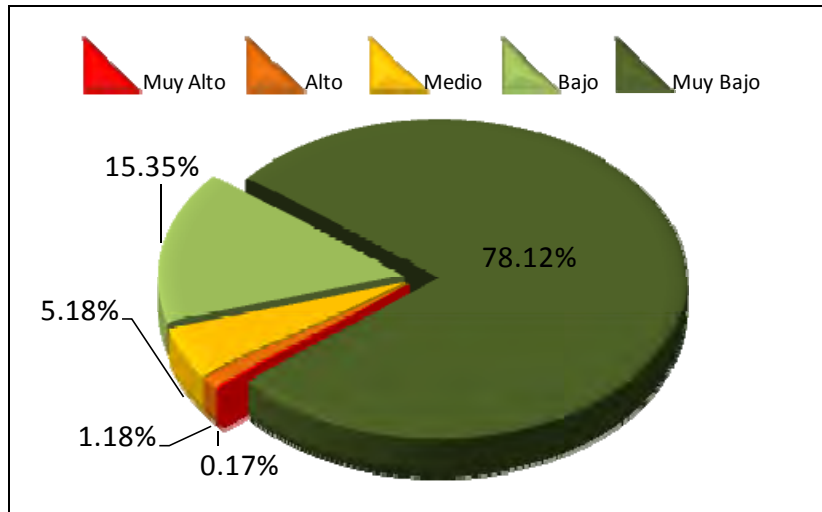


Figura 49. Gráfico de la distribución de la vivienda por sensibilidad según viviendas con 1 cuarto.
Fuente: Elaboración propia

Por número de viviendas en la manzana

Los resultados indican que altas concentraciones de vivienda se presentan en pocos espacios, a razón del 4 al 20% aproximadamente del área evaluada. Por lo tanto la sensibilidad de las viviendas por esta condición alcanza el 20% en niveles Altos y Muy Altos. (Ver Figura 50)

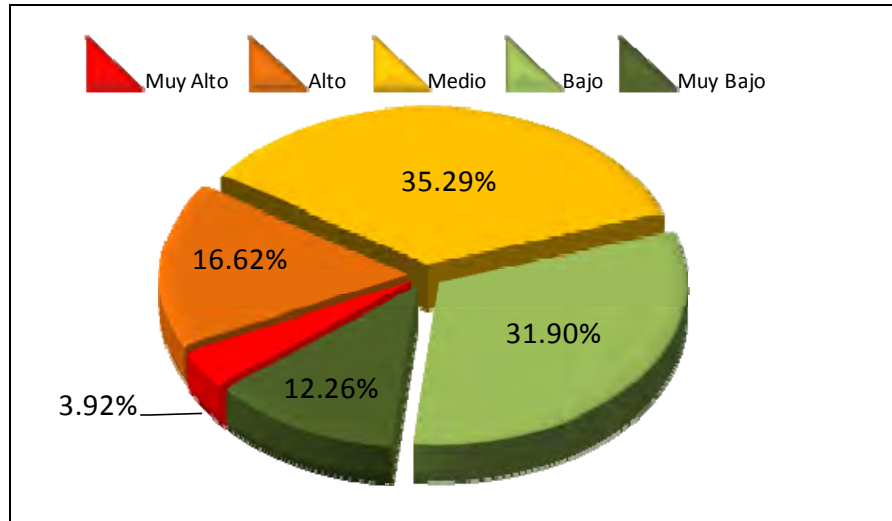


Figura 50. Gráfico de la distribución de la sensibilidad de la vivienda según cantidad de viviendas por manzana.
Fuente: Elaboración propia.

Sensibilidad total de las viviendas

El resultado de la integración indica que el 42% (14,000 viviendas) de las viviendas presentan condiciones de vulnerabilidad Muy Altas, y el 29% condiciones de vulnerabilidad Altas. El resto está en niveles de Media a Baja. En cuanto su distribución, se presentan que la mayoría de las viviendas se localizan en los márgenes del Río Chiquito hasta su intersección con el Río Grande, en esta sección y en los márgenes de este, hasta la avenida Morelos Norte (ver Figuras 51 y 52).

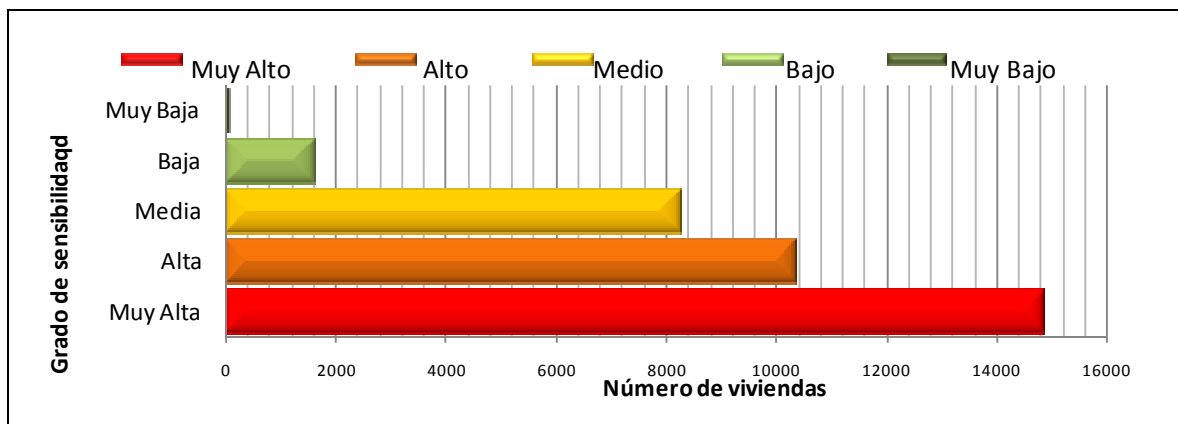


Figura 51. Gráfico de la distribución de la vivienda según su nivel de sensibilidad total.
Fuente: Elaboración propia

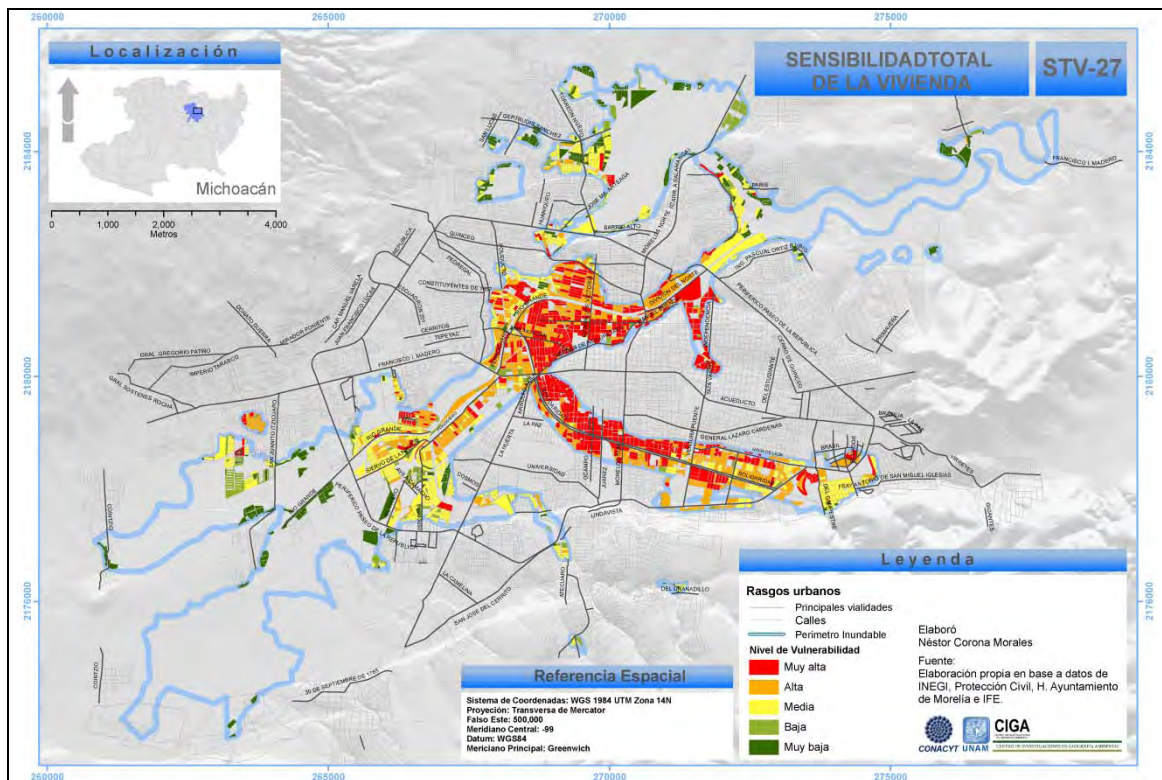


Figura 52. Mapa de sensibilidad total de la vivienda.
 Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.3.2 Vialidades

Sensibilidad de las vialidades por jerarquía

El criterio utilizado para la jerarquización de las vialidades, se basó en la velocidad máxima permitida para circular en la ciudad. Dicha información está referida a nivel de segmento de vía. Por lo tanto indica que las vialidades en las que se puede circular a mayor velocidad son las de mayor jerarquía en la trama urbana y aquellas vialidades en las que es menor la velocidad de circulación, están referidas a aquellas de carácter local, que son de menor importancia para el conjunto del sistema urbano. En el cuadro 23 se presenta la relación de longitud y nivel de sensibilidad resultante de este análisis.

Cuadro 23. Clasificación y distribución de las vialidades por grado de sensibilidad por condición de jerarquía

Rango de velocidad	Longitud (km)	Nivel de sensibilidad
Menos de 10.1 Km/h	181.67	Muy Bajo
10 a 20 Km/h	368.33	Bajo
20 a 30 Km/h	1,044.32	Media
30 a 45 Km/h	414.83	Alta
Más de 45 Km/h	48.42	Muy Alta
Total	2,057.57	

Fuente: Elaboración propia en base a información del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia 2004.

Sensibilidad de las vialidades por flujos vehiculares

Para definir la sensibilidad de las vialidades por flujos, se tomaron los datos de los flujos vehiculares de las principales vialidades de la ciudad, publicados en el PDUCPM (2004). El cuadro 24 se presenta el listado de las vialidades con el dato de flujos vehiculares. Cabe señalar que estos datos solo están disponibles para las vialidades mencionadas en la lista del cuadro 24.

La asignación de rangos de sensibilidad para dichas vialidades se realizó considerando que las vías con mayores flujos vehiculares son las más sensibles. Por lo tanto el Periférico es la vialidad con nivel de vulnerabilidad Muy Alto en un tramo cuya longitud es de 32.9 km. Las avenidas Pedregal y Enrique Ramírez presentan los niveles de sensibilidad más bajos en este contexto. (Ver Cuadro 25).

Cuadro 24. Flujos vehiculares en hora pico de las principales arterias de la ciudad.

No	Vialidad	Tramo Inicia	Tramo Termina	Volumen (Vehículos por hora en hora pico)
1	Periférico	Calz. La Huerta	En su totalidad	3,383
2	Carretera a Salamanca-Av. Tecnológico-Av. Morelos	Acceso a Tarimbaro	Aquiles Serdán	2,542
3	Carr. Uruapan-Calz. La Huerta-H. Nocupétaro	Kilometro 8	Av. Madero Pte.	2,463
4	Carr. A Charo-Av. Madero-Carr. A Quiroga	Salida a Charo	Carr. A Coitzio	2,226
5	Av. Ventura Puente	Av. Camelinas	Av. Acueducto	1,949
6	Av. Acueducto-Carr. A Mil Cumbre	Av. Fco. I. Madero	Cristóbal Patiño	1,911
7	Calz. Juárez	Periférico	Benedicto López	1,839
8	Av. Solidaridad	Av. Camelinas	Calz. La Huerta	1,776
9	Blvd. García de León	Av. Camelinas	Av. Ventura Puente	1,426
10	Av. Periodismo	Av. Madero Pte.	Periférico	1,368
11	Av. Del Pedregal	Av. Madero Pte.	Periférico	1,340
12	Av. Enrique Ramírez	Av. Camelinas	Av. Acueducto	1,312

Fuente: Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia 2004.

Cuadro 25. Sensibilidad de las principales vialidades según su flujo vehicular.

Nivel de sensibilidad	Longitud (km)
Muy Alto	32.9928
Alto	28.2836
Medio	13.7543
Bajo	2.0607
Muy Bajo	7.0842
Sin Datos	1973.3951
Total	2057.5706

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia 2004.

Sensibilidad Total de las vialidades (STV)

A nivel urbano la longitud de los segmentos de calles con altos niveles de sensibilidad es muy baja (Ver grafico 53), sin embargo la afectación y pérdida temporal de las capacidades para su uso impacta de forma importante el funcionamiento del sistema en su conjunto. Ejemplo es la Av. Solidaridad, Periodismo, un segmento importante de

Rafael García de León, segmentos del Libramiento, por mencionar algunas (Ver figura 54).

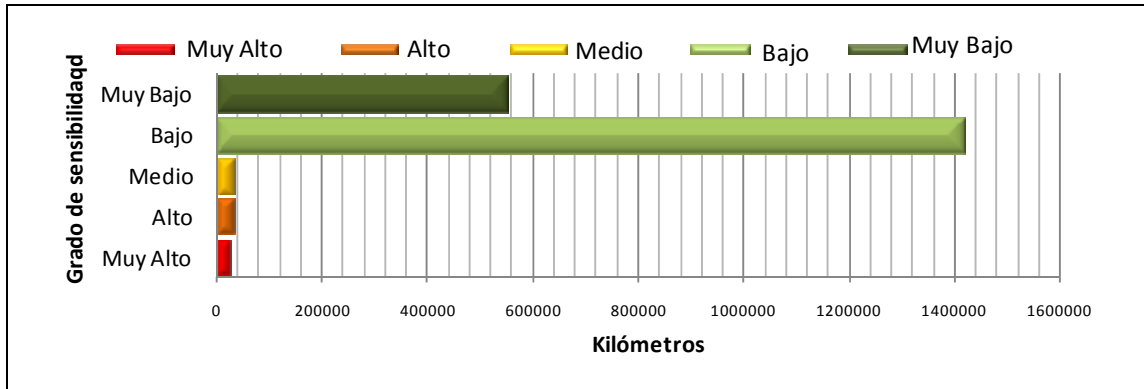


Figura 53. Grafico de la distribución de la longitud de las vialidades según nivel de sensibilidad total.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 54. Mapa de sensibilidad total a inundaciones del sistema vial.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.3.3 Equipamiento

Para este sujeto de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis.

4.2.2.4 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Para este sujeto de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis.

4.2.2.5 RECURSOS NATURALES

Para este sujeto de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis.

4.2.3 VULNERABILIDAD POR CONDICIÓN DE RESILIENCIA

4.2.3.1 POBLACIÓN EN ZONAS HABITACIONALES

Por condición económica

Los resultados indican que poco más del 1% de la población se encuentra en condiciones de resiliencia Muy Altas, seguidas por un bloque de habitantes de nivel alto que constituyen el 17%. Sin embargo más del 50% de la población son medianamente resilientes, lo que indica que la proporción ingreso gasto esta ligeramente por encima de los niveles menos deseados, finalmente, la población en niveles muy bajos de resiliencia son poco menos del 1% (Ver Figura 55).

En cuanto a su distribución espacial, la mayor parte de la población con niveles de resiliencia muy altos reside al oriente de la ciudad, en las manzanas cercanas al comienzo del río Chiquito, estas manzanas están rodeadas de otras con población altamente resiliente. Esta última categoría también presenta concentraciones importantes en algunos segmentos de las avenidas Siervo de la Nación y Periodismo. Las concentraciones más importantes de población con muy bajos niveles de resiliencia se distribuyen al norte del área de estudios, en las inmediaciones de las avenidas Gertrudis Sánchez y Torreón Nuevo.

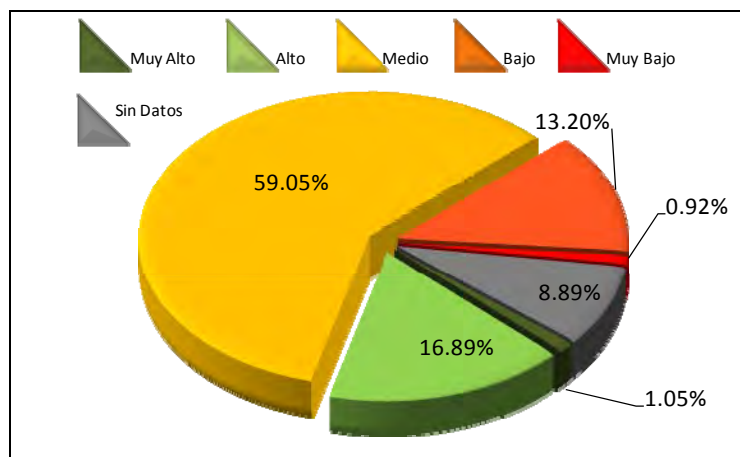


Figura 55. Gráfico de la distribución de la población según nivel resiliencia por condición económica.
Fuente: Elaboración propia.

Resiliencia por condición de acceso a servicios de salud

Los resultados indican que casi el 40% de la población presenta niveles altos y muy altos de resiliencia y poco más del 36% se encuentra en niveles intermedios, Los niveles bajos también se presentan en gran volumen ya que el 22% de la población se caracteriza por esta condición. Los niveles muy bajos representan casi el 3% de la población. La distribución espacial de este indicador es muy similar a la anterior, en términos generales hay coincidencia con las manzanas con población de niveles muy bajos de resiliencia por condición económica al norte del área de estudio (ver Figura 56).

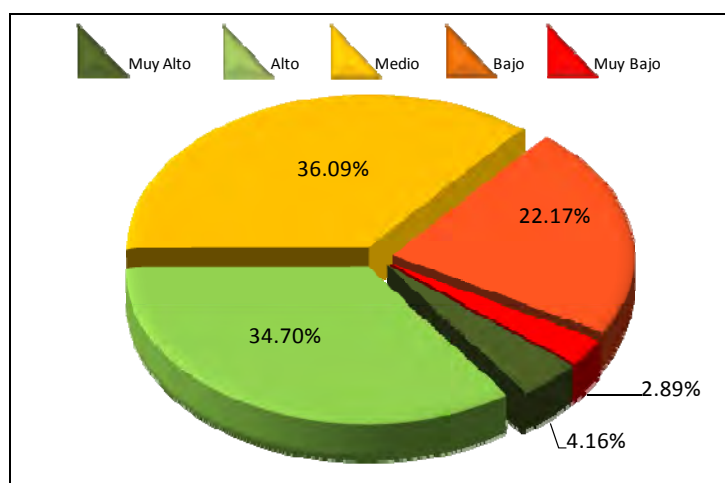


Figura 56. Gráfico de la distribución de la población según nivel resiliencia por condición acceso a servicios de salud.
Fuente: Elaboración propia.

Resiliencia Total de la Población

Poco más del 10% de la población tiende a encontrarse en condiciones de resiliencia Muy Baja, y un 34.8% de la población está en condiciones aceptables (nivel Muy Alto de resiliencia por condición económica). Mientras que los valores presentados cercanos a 0 representan condiciones muy adversas ya que indican población que no cuenta con servicios de salud y cuyo ingreso no es suficiente para satisfacer las necesidades básicas, por lo tanto arreglárselas en condiciones ordinarias ya constituye una dificultad, mas aun si sufren los efectos de inundaciones, el que reponer sus bienes, reparar su vivienda y atender su salud (cuestiones básicas para salir adelante), se torna muy complicado. El 13% de la población en el área de estudio tiene estas condiciones y el 2.14% (alrededor de 3,100 personas), se encuentran en condiciones de resiliencia muy bajas por lo que su vulnerabilidad es crítica (Ver Figuras 57 y 58).

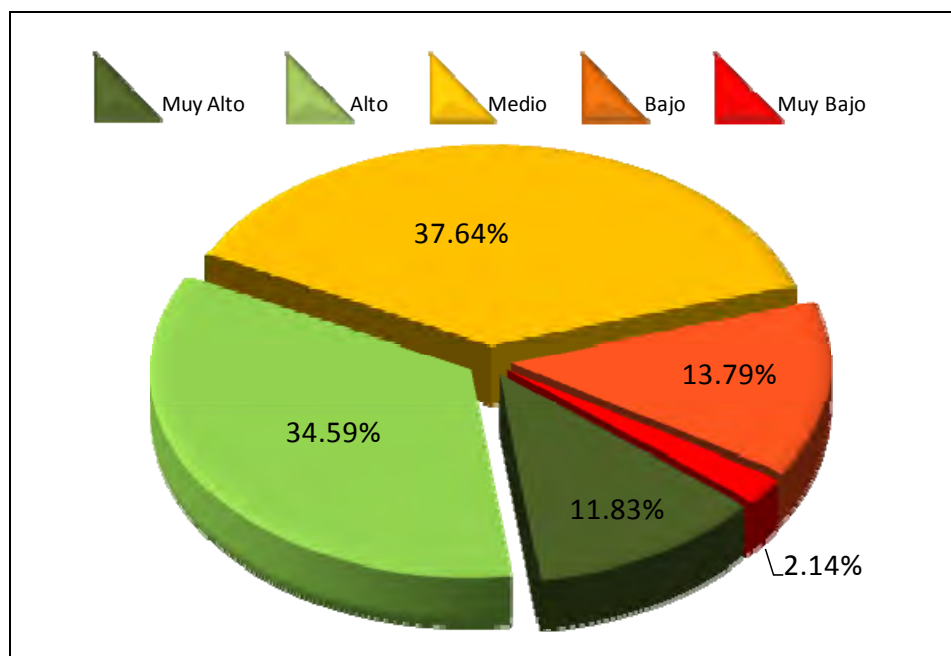


Figura 57. Gráfico de la distribución de la población según nivel resiliencia total.

Fuente: Elaboración propia.

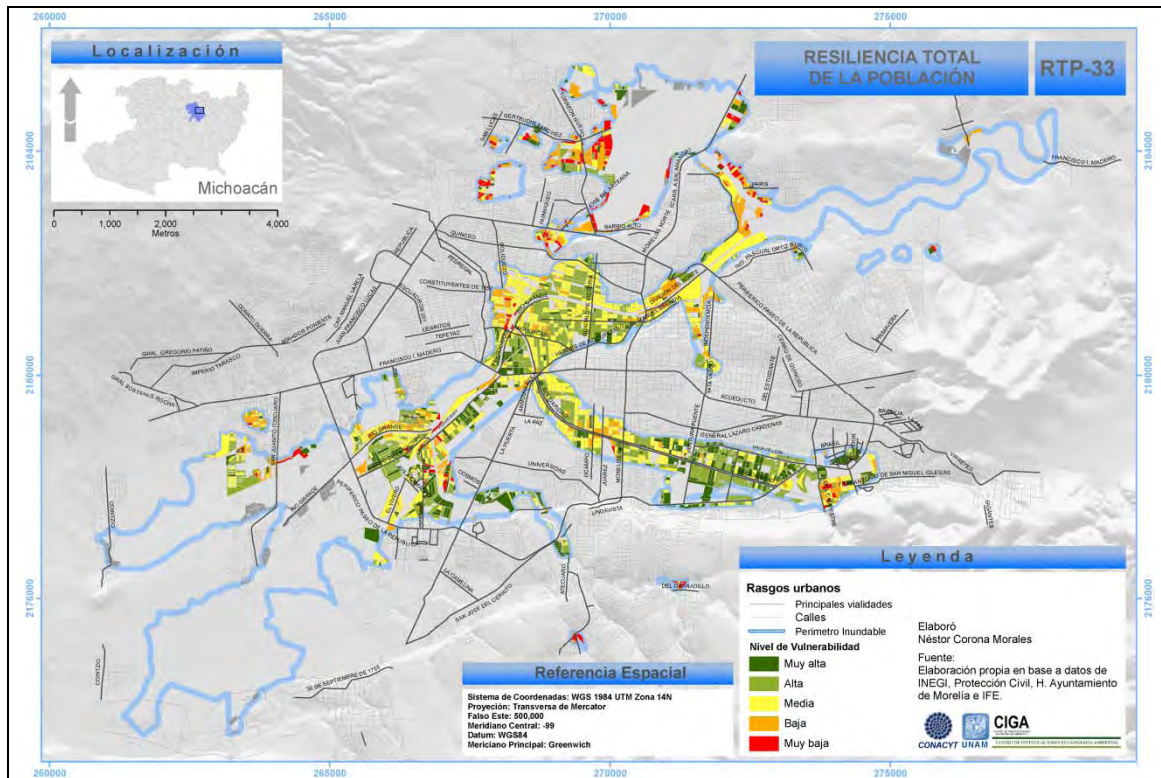


Figura 58. Mapa de resiliencia total de la población.
 Fuente: Elaboración propia.

El patrón de distribución de los niveles de resiliencia se mantiene de forma regular en los dos escenarios descritos, ya que las zonas del norte del área de estudio registran las concentraciones de estos niveles en los dos casos, mientras que las aglomeraciones de niveles muy altos de resiliencia se localizan principalmente al oriente del área de estudio.

4.2.4 VULNERABILIDAD TOTAL

4.2.4.1 POBLACIÓN EN ZONAS HABITACIONALES

Los resultados indican que aproximadamente 16, 459 habitantes se encuentran en condiciones de vulnerabilidad Muy Altas. Su distribución espacial no es muy extensa ya que se presentan como concentraciones, en mayor medida en la ribera norte del río Grande, y de forma aislada en algunas manzanas del resto de la ciudad. Por el contrario, los niveles de vulnerabilidad Altos son de gran extensión y la cantidad de

habitantes que está en esta condición también lo es, cerca de 48,543. La aglomeración más importante de esta clase se localiza en la zona donde se conecta el Río Grande con el Chiquito, son zonas de gran importancia por su vulnerabilidad, aun cuando en algunas de estas manzanas no se han reportado aun daños severos. Las condiciones de media a muy baja se encuentran intercaladas en el resto del área del área de estudio. Esto refleja la gran heterogeneidad de los espacios urbanos, por lo menos desde el enfoque de las variables empleadas para el análisis (Ver Figura 59 y Mapa de Vulnerabilidad Total de la población en la Vivienda).

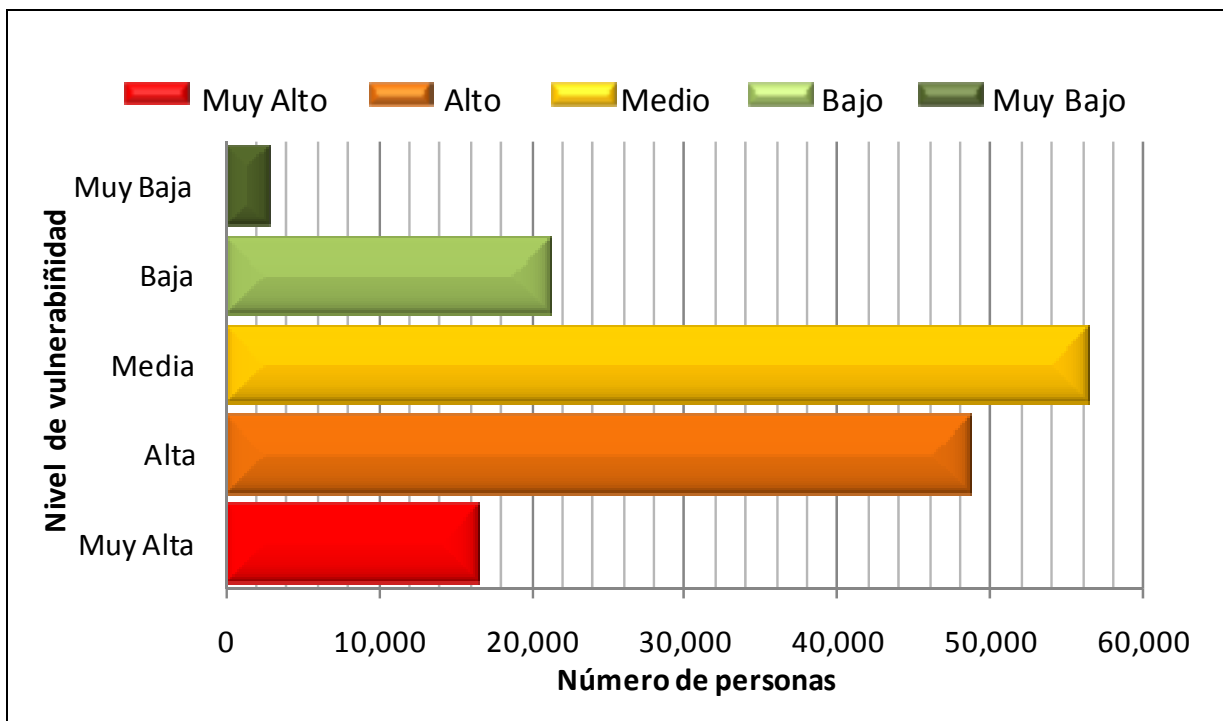
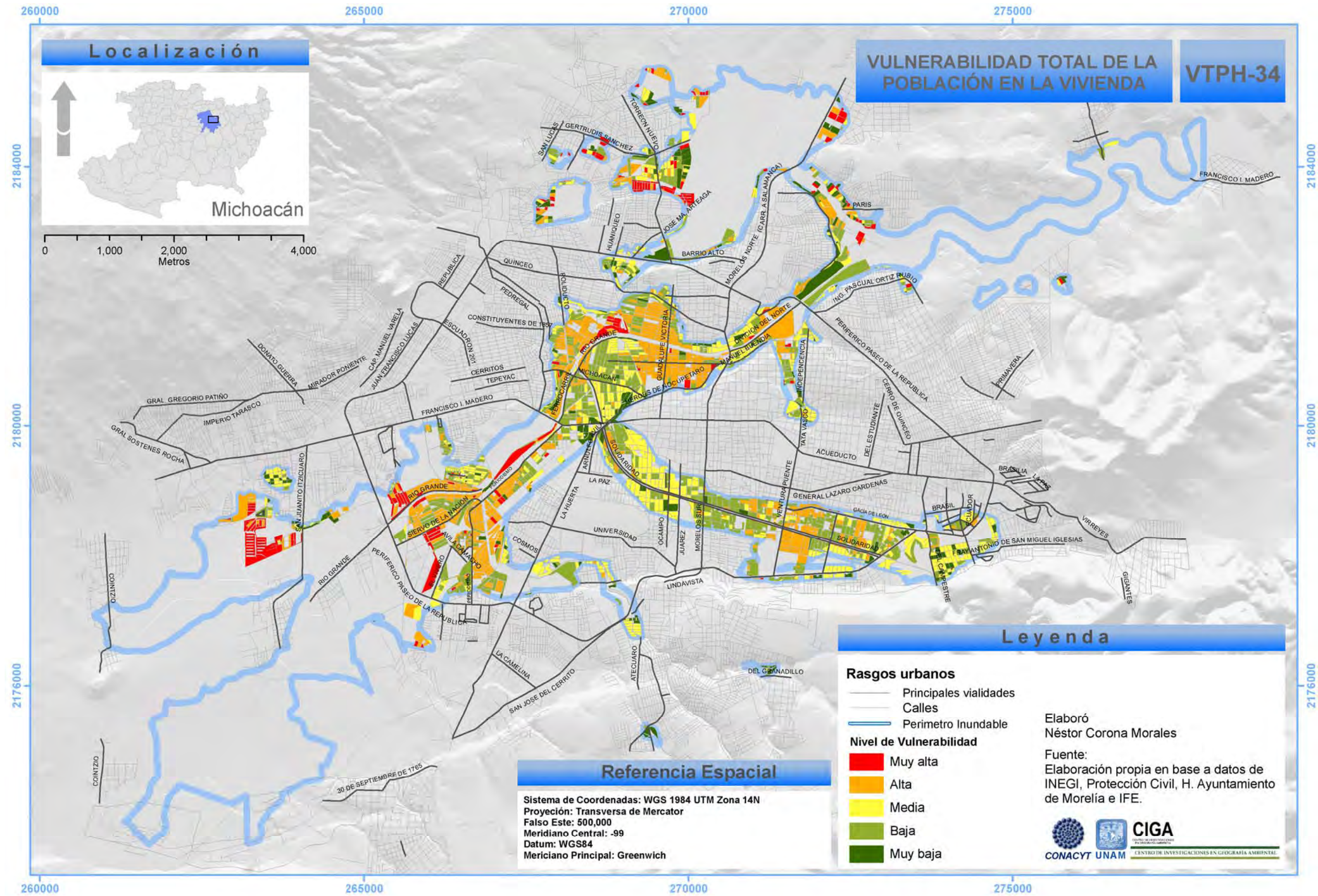


Figura 59. Gráfico de la distribución de la población en zonas habitacionales según su grado de vulnerabilidad a inundaciones.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.4.1 POBLACIÓN ZONAS ESCOLARES

El cálculo del indicador que describe el nivel de vulnerabilidad se efectuó promediando los datos de Exposición con los de Sensibilidad.

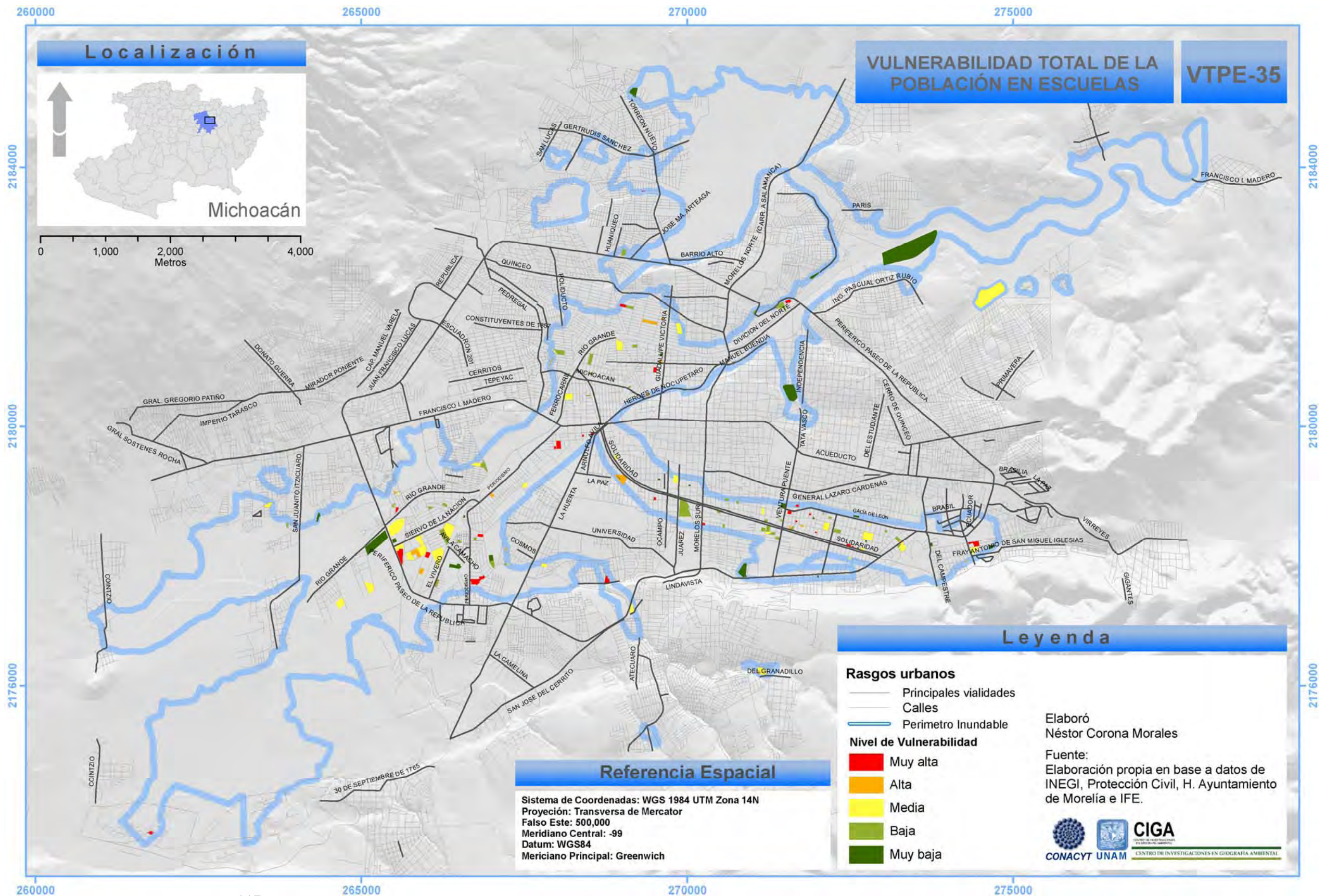
Los resultados indican que 0.61% presenta niveles de vulnerabilidad total Muy Altos, lo que implica que los individuos en estos rangos son en su mayoría niños que asisten a preescolar, en espacios reducidos en donde hay gran proporción de alumnos, además de estar localizados en zonas con Muy Altos niveles de exposición tanto espacial como temporal, aunque la población es reducida respecto al total, esta se concentra en 26 planteles (Ver Cuadro 26).

Cuadro 26. Vulnerabilidad total de la población en planteles educativos.

Nivel de Vulnerabilidad	Planteles	Alumnos	Empleados	Población Total	Porcentaje de la población	Porcentaje Planteles
Muy Alta	26	143	9	152	0.61	17.69
Alta	19	2,445	381	2,826	11.40	12.93
Media	45	9,766	825	10,591	42.73	30.61
Baja	32	8,163	777	8,940	36.07	21.77
Muy Baja	25	1,981	297	2,278	9.19	17.01
Total	147	22,498	2,289	24,787	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

En el mismo cuadro 26, se aprecia el resto de las categorías generadas con el correspondiente número de planteles y población. El resultado indica que más de la mitad de las instalaciones educativas presentan niveles de Medios a Muy Altos de vulnerabilidad. Lo que implica potenciales niveles de riesgo muy altos para la población que asiste a dichos espacios (Ver mapa de Vulnerabilidad Total de la Población en Zonas Escolares).



4.2.4.2 INFRAESTRUCTURA

4.2.4.2.1 Vivienda

Como resultados se obtuvo que 29% de las viviendas presentan condiciones de vulnerabilidad Muy Alta. Estas se localizan principalmente en los bordes del Río Grande. Las viviendas de vulnerabilidad alta representan el 23%, misma que en mayor medida se localizan en la ladera norte de una amplia sección del Río Chiquito (ver Figura 60).

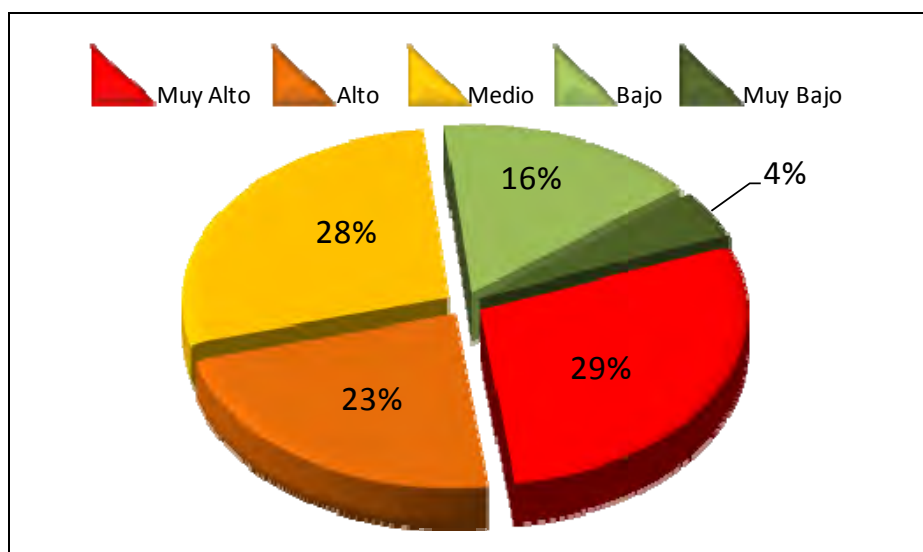


Figura 60. Gráfico de la distribución de las viviendas según el nivel de Vulnerabilidad Total.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.2.2 Vialidades

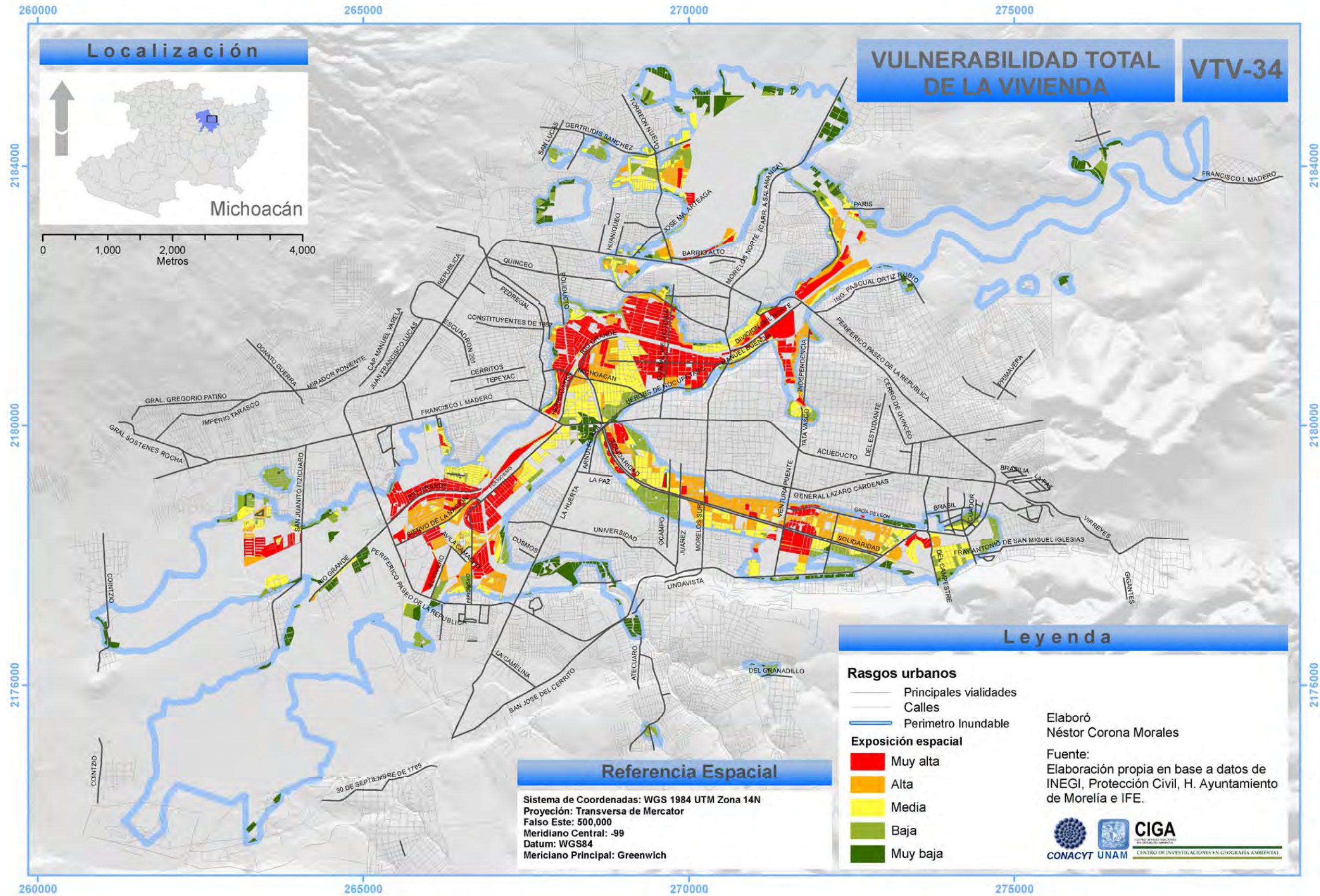
En el Mapa de Vulnerabilidad Total de las Vialidades se expone el esquema de integración para la evaluación de la vulnerabilidad total de las vialidades. Como ya se mencionó en este componente solo se consideran los aspectos de exposición y sensibilidad. La integración se efectuó mediante el cálculo del promedio de sensibilidad y exposición. Donde, los valores de 1 o cercanos definen a aquellas vías de que han sido afectadas y además son muy sensibles, por lo tanto la intensidad de uso que brinda al sistema urbano es muy alta. En este análisis ya es posible distinguir los

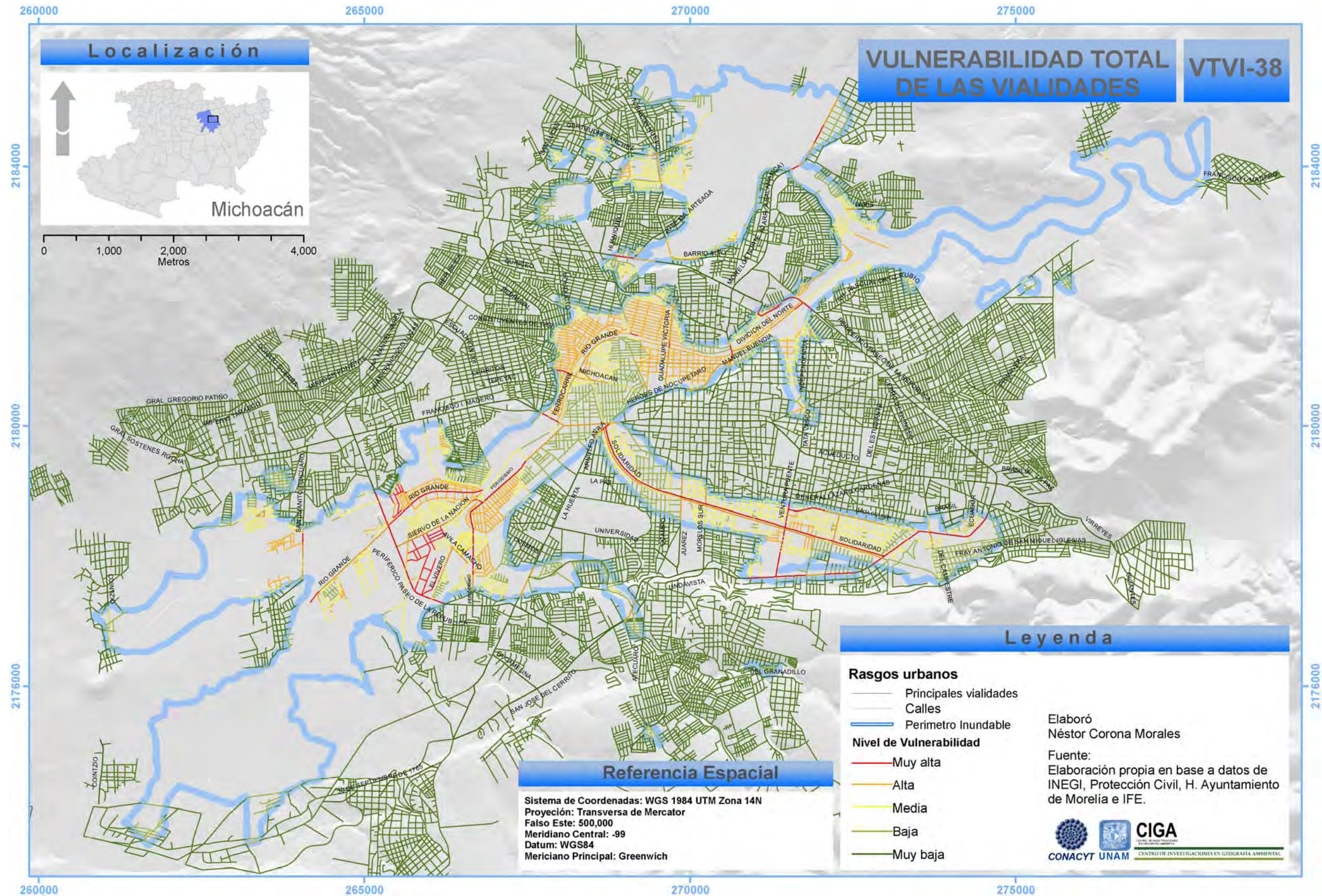
segmentos de vía de mayor criticidad en sistema vial urbano, los cuales requieren atención inmediata para evitar contingencias en caso de que se vuelva a presentar una inundación como en el año 2003, y que corresponde a las vialidades:

- Periférico Pase de la república. Del tramo de Manantial la Escondida a Ignacio Aldama.
- Río Grande. Del tramo de Periférico Pase de la república hasta su entronque con el canal del Río Grande.
- Siervo de la Nación. Toda la avenida, siendo el tramo más crítico el segmento de Onofre Portugal a Periodismo José Tocaven Lavin (Periodismo).
- Junta de Jaujulla. Del tramo de Liberales de México hasta Onofre Portugal.
- Declaración de Independencia. Prácticamente toda la vía.
- Teodoro Gamero. Prácticamente toda la vía.
- Periodismo José Tocaven Lavin (Periodismo). Toda la avenida, siendo el tramo más crítico el segmento de Fray Servando Teresa de Mier hasta Ramón Esparza.
- Periférico Nueva España (Camelinas). Del tramo de Antonio Vivaldi hasta Jacarandas.
- Solidaridad. Desde Periférico Nueva España (Camelinas) hasta la Calzada la Huerta.
- Ventura Puente. Del tramo de Periférico Nueva España (Camelinas) hasta Laguna de Magdalena.
- Rafael García de León (R. García de León). Toda la avenida, siendo el tramo más crítico el segmento de Teniente Isidro Alemán hasta Ventura Puente.
- Agustín Arriaga Rivera. Del tramo de Solidaridad hasta Rafael García de León (R. García de León).
- Calzada la Huerta. Del tramo de Encuentro de Maravatio hasta Circuito Pino Humboldtzi.
- Francisco I. Madero. Del tramo de Puente de Coatzacoalcos hasta Mariano Michelena, especialmente En la intersección con la calle Ferrocarril.
- Michoacán. Del tramo de Alejandro Robles a Puente Río San Lorenzo.
- Periférico Revolución. En su intersección con División del Norte.

- Morelos Norte (Carretera a Salamanca). Del tramo de Héroes de Nocupetaro hasta Prof. Melesio Aguilar Ferreira.

Entre otras, Mapa de Vulnerabilidad Total de las Vialidades.





4.2.4.2.3 Equipamiento urbano

Para este sujeto de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis completo de los tres factores, por lo tanto la condición de vulnerabilidad de estas, están dadas exclusivamente por la condición de exposición ya descrita en la sección 4.2.1.2.2.

4.2.4.3 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Para este sujeto de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis completo de los tres factores, por lo tanto la condición de vulnerabilidad de estas, están dadas exclusivamente por la condición de exposición ya descrita en la sección 4.2.1.4

4.2.4.4 RECURSOS NATURALES

Para este sujeto de vulnerabilidad no se dispuso de la información necesaria para efectuar el análisis completo de los tres factores, por lo tanto la condición de vulnerabilidad de estas, están dadas exclusivamente por la condición de exposición ya descrita en la sección 4.2.1.3

CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El marco conceptual utilizado (Turner et al, 2003), así como las metodologías empleadas (Morales, 2007) fueron ajustadas gradualmente en función de las características y disponibilidad de información. Las discrepancias entre el esquema metodológico presentado en el capítulo 2 y los esquemas utilizados en cada sección de la evaluación responden a dichas condiciones.

Mediante la integración de la información existente en cada una de las dependencias de investigación, atención y evaluación de la amenaza de inundaciones con métodos y técnicas de sistematización y evaluación, fue posible definir un escenario integral de amenaza de inundaciones.

Se diseñaron métodos de verificación en campo que posibilitaron verificar los elementos presentados por cada dependencia. Sobre todo la utilización de sistemas de información geográfica facilitó en gran medida el análisis y permitió identificar a cada sujeto genérico de vulnerabilidad.

Se diseñó un esquema de evaluación de vulnerabilidad a inundaciones para cada sujeto de acuerdo con los datos gestionados en el marco de los tiempos programados para esta investigación. Aunque estos fueron suficientes en el caso de la población, para efectuar un análisis completo, para la infraestructura, las actividades económicas y los recursos naturales no fueron suficientes, ya que para la mayoría de estos sujetos sólo se efectuó el análisis de la condición de exposición. En este sentido, se considera necesario gestionar y generar la información necesaria para evaluar estos aspectos de forma más detallada, los productos informáticos derivados de esta investigación son una base cartográfica sistematizada que posibilita estas acciones.

En cuanto a los objetivos, estos fueron alcanzados en cada caso, lo que permitió demostrar que identificando los aspectos de cada sujeto de vulnerabilidad determinados

por sus condiciones de exposición, sensibilidad y resiliencia, es posible definir un escenario integral de las condiciones de vulnerabilidad a las que esta está expuesto cada sujeto. Por lo tanto, la hipótesis fue comprobada en forma satisfactoria, ya que por lo menos para el caso de la población, se conjugaron los factores que responden a los requerimientos conceptuales de exposición, sensibilidad y resiliencia, demostrándose que se pudo construir un escenario integrado de las condiciones de vulnerabilidad a inundaciones según el modelo SAVE. Para el resto de los sujetos fue posible diseñar al menos un esquema de evaluación equivalente al empleado en la población, aunque en la práctica, por falta de información adecuada, no se logró evaluar de manera completa su condición de vulnerabilidad.

Dado que a falta de información detallada fue una constante en el desarrollo de esta investigación, se recomienda generar y mantener datos con estándares de calidad y que además cuenten con fácil acceso y utilización. Se detectó que existe gran cantidad de trabajo orientado a evaluar las condiciones de riesgo en la ciudad de Morelia, sin embargo, las dificultades para su integración, desde aspectos de proyecciones cartográficas, geométricas hasta inconsistencias en las bases de datos representan un gran obstáculo debido a que los tiempos requeridos para compatibilizar información generalmente son muy extensos.

En el rubro de la integración de bases de datos cartográficas que permitieran delimitar zonas susceptibles a inundaciones, se logró coleccionar el listado de colonias afectadas. Que fueron identificadas en el plano de colonias y mediante la utilización del software Arcview fue posible agregar el atributo de condición de afectación a inundaciones registrado por PC. Aunque no fue posible especificar los daños sufridos en cada una de las colonias, por lo menos se pudo recabar información que permitió confrontar las bases de datos recabadas para poder generar un mapa integral de zonas susceptibles a inundaciones.

En cuanto a las ventajas que presenta la arquitectura de las bases de datos desarrolladas en este trabajo para cada sujeto y para cada condición, permiten explorar

la configuración de los datos a nivel de manzana (en el caso de que estas sean puramente habitacionales) o a nivel de predio o elemento puntual (en el caso del equipamiento) e identificar los atributos y la medida en que estos contribuyen a la configuración de la condición de vulnerabilidad de cada sujeto. Por lo tanto ofrece la posibilidad de diseñar políticas y estrategias de reducción de la vulnerabilidad atendiendo puntualmente los aspectos que demanda cada sujeto. Por ello, el impacto social de esta investigación puede ser muy alto ya que implica la evaluación de condiciones de vulnerabilidad a inundaciones (de cerca de 145,000 habitantes en poco más de 35,000 viviendas) donde la metodología empleada no es una *caja negra*, ya que se describe paso a paso la secuencia de las operaciones empleadas y los razonamientos que orientan a su aplicación. Aunque este no abarca la totalidad de la complejidad que implica el concepto de vulnerabilidad desde enfoques más desarrollados, éste estudio ofrece una alternativa operacional y replicable para espacios que dispongan como mínimo de esta cantidad de información. Condición en la que se incluyen la gran mayoría de los espacios urbanos en México, debido a que las fuentes de datos consultadas tienen esta cobertura.

En cuanto a la información disponible y la deseada, en este caso la diferencia es muy amplia, siempre que se cuente con bases de datos más detalladas, a nivel de predio y núcleo familiar, a nivel específico de cada uno de los sujetos de vulnerabilidad será posible diseñar e implementar mecanismos de evaluación mucha más detallada. A este respecto, en la fase de recopilación de información se trabajó con directivos y personal operativo de protección civil y bomberos, con quienes se diseñó un pre-proyecto que consiste en una estrategia de recopilación de información a los niveles deseados. La propuesta está actualmente en fase de valoración. Referente al punto de vulnerabilidad, se diseñó de manera conjunta una estrategia para recabar información de las zonas afectadas a escala de vivienda. El documento se diseñó a escala de pre-proyecto o esquema conceptual, para el cual se citan las actividades a realizar, los involucrados, la estrategia y un prototipo de encuesta que incluye los rubros más relevantes (de acuerdo a las necesidades institucionales de PC, estos documentos se incluyen en los Anexos II

y III), en la evaluación de las condiciones vulnerabilidad de la población hacia las inundaciones.

Por otra parte, se detectó que existen obras de ingeniería en la mayoría de los canales, en respuesta a las inundaciones sufridas en 2003 (posteriormente con menor intensidad en 2005) que tienden a mitigar el desarrollo de la amenaza. Sin embargo, en el periodo de investigación en campo de esta investigación, no se presentaron precipitaciones lo suficientemente intensas como validar su efectividad.

Finalmente esta investigación se presenta como un aporte en el grupo de las medidas no estructurales, a través del estudio de la vulnerabilidad, en el proceso de gestión del riesgo para la prevención de desastres asociados a inundaciones en la ciudad de Morelia.

5.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones se efectúan de acuerdo a los siguientes tópicos:

- En cuanto a la información generada por las estaciones meteorológicas del OOAPAS, se recomienda integrar y almacenar de manera consistente las bases de datos, ya que el potencial de la información a esta escala de detalle puede contribuir a diseñar modelos precisos del comportamiento del fenómeno de las inundaciones en Morelia.
- Modelar en forma detallada el fenómeno de las inundaciones, ya que en el caso de Morelia hay gran cantidad de factores que posibilitan el desarrollo de este fenómeno, desde condiciones meteorológicas hasta el diseño estructural de las redes de drenaje, el cambio de uso de suelo en las cuencas alimentadoras, los lineamientos de construcción, los puentes, la densidad y capacidad de los canales, la topografía, etc.
- En cuanto a la colaboración interinstitucional, se detectó que la integración entre aquellas que de forma directa o indirecta intervienen en los procesos de gestión

del riesgo es muy débil aun con la existencia de lineamientos específicos que dictan la medida y la importancia de la colaboración interinstitucional. La complejidad de los aspectos que intervienen en la gestión del riesgo obliga a las instituciones a tener un objetivo conjunto.

- Dando continuidad al punto anterior, un aspecto que daría poder de decisión a la sociedad en los temas de riesgos es la disponibilidad y movilidad de datos, con flujos continuos de información que garanticen el entendimiento de la problemática y el papel que cada sector de la sociedad puede desempeñar en labores de prevención, atención, rehabilitación y vigilancia del cumplimiento de las ordenanzas que contribuyan a evitar que el fenómeno de las inundaciones se agudice en la ciudad.
- En el rubro de la vulnerabilidad, se recomienda alimentar y actualizar constantemente las bases de datos en la medida en que la comprensión del fenómeno de las inundaciones se vaya incrementando.
- Diseñar estrategias, traducidas en acciones, orientadas a disminuir los niveles de vulnerabilidad de cada sujeto. Como ya se mencionó, se han implementado medidas estructurales para mitigar la incidencia de las inundaciones, pero en caso de que dichas adecuaciones sean rebasadas por el fenómeno, el trabajo sobre la reducción de las condiciones de vulnerabilidad impactaría de forma directa sus efectos y por lo tanto minimizaría el impacto de un desastre.
- El tema del recurso "suelo", desde la perspectiva de esta investigación, requiere especial atención. Al tratarse de espacios altamente sensibles a la urbanización, requieren estricta vigilancia para evitar su uso inadecuado ó para diseñar medidas de uso y edificación acordes a los niveles de exposición y el comportamiento del fenómeno en cada espacio de esta categoría.
- Se detectó la necesidad de integrar bases de datos referentes a la medición y documentación de los eventos con fines de investigación, inventarios de las zonas afectadas a fin de efectuar análisis conjuntos de vulnerabilidad y cálculos de riesgos asociados no solo a las inundaciones sino al conjunto de amenazas que atentan contra la ciudad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN.

- Alexander, D., 2000. *Confronting Catastrophe*. New York: Oxford University Press.
- Allende, T. y Mendoza M., 2007, Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo: 63,65.
- Arreygue, E., Canuti, P., Iotti, A., Garduño-M., V.H., 1998, Hydrogeological hazard in the urban area of Morelia, Mich. (México), in *Association for Engineering Geology and the Environment, Eight International Congress International, Proceedings, Vancouver, Canada: Rotterdam, A.A. Balkema, 3, 2245-2250*
- Arreygue-Rocha E., *et al.*, 2004a, Eventos excepcionales e inundaciones en la ciudad de Morelia, Michoacán: Ciencia Nicolaita, Morelia, [s.n.], 12-15.
- Arreygue-Rocha E, *et al.*, 2004b, Inundaciones históricas y potenciales en la ciudad de Morelia relacionadas con el Río Chiquito: Contribuciones a la geología e impacto ambiental de Morelia, 2004, 225-238.
- Arreygue-Rocha E., 2007, Evaluación de las constantes inundaciones en la ciudad de Morelia, Michoacán, México: 8º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. – Cusco, [s.n.], 1-9.
- Ayala-Carcedo, F. J., 2002, La inundación torrencial del camping Las Nieves (Biescas, Pirineos) del 7 de agosto de 1996”: Riesgos Naturales. Una perspectiva global, Ayala-Carcedo y Olcina Cantos, coords., (edits). Ariel, Barcelona.
- Aysan, Y. F., 1993. Keynote Paper: Vulnerability Assessment. In: P. Merriman and C.
- Birkmann, J., N. Fernando, S. Hettige, et al., 2007, Rapid Vulnerability Assessment in Sri Lanka: SOURCE, 7, 43.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B., 1994, *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge, London, UK.

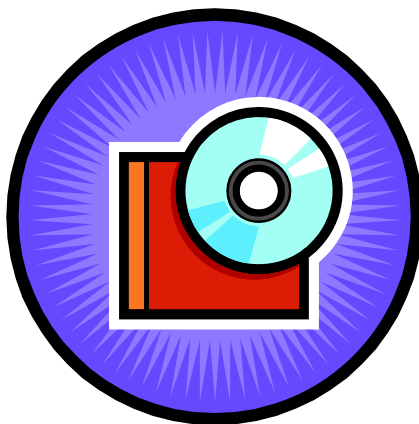
- Burton, I., Kates, R. W., White, G. F., 1978, The Environment as Hazard (Oxford Univ. Press, Oxford).
- Comité Fronterizo de Obreros (CFO), 2006, Cuánto cuesta vivir a una familia de trabajadores de las maquiladoras, Disponible en: http://www.cfomaquiladoras.org/listaacuna_sep06.es.html
- Cutter, S., 2001, American Hazardscapes (Joseph Henry, Washington, DC).
- Fokkens, B., 2005, The Dutch strategy for safely and river flood prevention, Institute for inland water management and waste water treatment, the Netherlands.
- García-Acosta V., 2002, Historical Disaster Research [Publicación periódica] // Catastrophe & Culture. The Anthropology of Disaster / ed. Oliver-Smith S.M. Hoffman y A.. - Sante Fe y Oxford : School of American Reseach-James Currey Ltd., 49-66.
- García-Acosta V., 2005, El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos: Desacatos, 19, 11-24.
- Hewitt, K., 1983, The Idea of Calamity in a Technocratic Age, en Interpretations of Calamity. Allen and Unwin. London.
- Hewitt, K., 1996, Desastres modelo para armar, daños ocultos y riesgos Encubiertos: Haciendo visible el espacio social de los desastres, E. Mansilla (eds), LA RED.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), 2000, XII Censo General de Población y Vivienda, 2000, México.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), 2005, II Conteo de Población y Vivienda 2005, México.
- International Strategy Disaster Reduction (ISDR/UN), 2007, Terminology on Disaster Risk Reduction, Disaster Risk Reduction: Global Review 2007, Geneva, Switzerland.
- International Strategy Disaster Reduction (ISDR/UN), 2009, Terminology on Disaster Risk Reduction, disponible en: <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng.htm>

- Kasperson, R. E., Renn, O., Slovic, P., Brown, H., Emel, J., Goble, R., Kasperson, J. X., Ratick, S., 1988, Risk Anal. 8, 177–187.
- Kates, R. W., 1985, Climate Impact Assessment, eds. Kates, R. W., Ausubel, J. H. & Berberian, M. (Wiley, New York).
- Lavell, A., 1994, Prevention and Mitigation of Disasters in Central America: Vulnerability to disasters at the local level. en: A. Varley, ed., Disasters, Development and Environment, 49- 63.
- Lavell, A., 1993, los desastres no son naturales, Ciencias Sociales y Desastres Naturales en América Latina: Un Encuentro Inconcluso, Ed. A. Maskrey La Red. Bogotá, Colombia.
- Mitchell, J., Devine, N., Jagger, K., 1989, Geogr. Rev. 79, 391–409.
- Morales, L.M., 2007, SAVE: a geographic approach to vulnerability assessment. Annals of the Association of American Geographers, (en prensa).
- Palm, R., 1990, Natural Hazards, Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore.
- Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia (PDUCPM), 2004, Honorable Ayuntamiento de Morelia, Capítulo II Diagnostico, 116-117.
- Rincón, R.M., Agua, vialidades y seguridad, los principales problemas de Morelia: El El Sol de Morelia, 6 de mayo de 2008, 10.
- Rofi, A., S. Doocy, and C. Robinson (2006) 'Tsunami Mortality and Displacement in Aceh Province, Indonesia'. Disasters, 30 (3): 340-50.
- SAHOP, Glosario de términos sobre asentamientos humanos. Secretaría de asentamientos humanos y obras públicas, SAHOP, México.
- Turner, B. L. II, Matson P. A., Kasperson, R. E., & Kasperson J. E. X., 2002, Vulnerability in Human-Environment Relationships en AAAS Symposium: Science and Technology for a Transition Toward Sustainability, 2002, Boston, MA.
- Vargas, G.. "Crecimiento demográfico y proceso de urbanización en Guayangareo-Valladolid-Morelia 1541-1993". Notas censales. No. 12. INEGI. Aguascalientes.

- White, G. F., 1974, Natural hazards research: concepts, methods and policy implications, In White, G. (ed.), Natural Hazards: local, national, global, Oxford University Press, New York.
- Wisner, B. 2001, Vulnerability' in Disaster Theory and Practice: From Soup to Taxonomy, then to Analysis and finally Tool, International Work-Conference, Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre, Oberlin College.

ANEXOS

ANEXO I. ATLAS DIGITAL DE VULNERABILIDAD A INUNDACIONES



ANEXO II. PRE-PROYECTO PARA LA DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN EN CAMPO PARA EVALUAR LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD A INUNDACIONES

En los estudios de evaluación de riesgos a escala detallada, es indispensable contar con datos detallados de la población, las viviendas y las actividades que se realizan en el territorio. La disponibilidad y veracidad de esta información permite definir esquemas de intervención; antes durante y después de la presencia de fenómenos dañinos a las personas y a sus bienes. Operativos dirigidos permiten llevar a cabo: obras, campañas, operativos y en general un conjunto de acciones orientadas específicamente a reducir los niveles de vulnerabilidad de acuerdo a las características de cada asentamientos población.

Otro aspecto relevante además de los indispensables datos duros, es la experiencia de los habitantes de cada colonia o sector de la ciudad ya que ellos son los protagonistas y observadores permanentes que conocen a la perfección las condiciones en que los fenómenos de las inundaciones se presentan en su entorno, además de vivir año con año, los embates de las aguas dificultando el desempeño de sus actividades, exponiendo sus vidas y sus bienes.

Por tanto la efectividad y precisión con la que las autoridades municipales en su papel de representantes, gestores y coordinadores dependerá en gran medida de la disponibilidad de la población para mitigar, reducir o erradicar los impactos de las lluvias en la población.

DESCIPCION GENERAL DEL OPERATIVO

El operativo de recolección de información en campo, no es otra que un censo de población y vivienda, en donde se incluirán las actividades comerciales y de bienes y servicios existentes en las zonas que históricamente han presentado problemas de inundaciones.

La modalidad de levantamiento de información se hará con base a una encuesta que será entregada en cada una de las viviendas para que los habitantes los llenen a mano. El tipo de preguntas estará orientado a conocer las características de los habitantes, las viviendas y las actividades que definen sus niveles de vulnerabilidad frente a las inundaciones.

En este operativo se requerirá el compromiso y la participación de varios sectores de la ciudadanía. El factor más importante lo constituye la población ya que ellos mismos serán los que proporcionen la información y llenen las encuestas, la efectividad y el grado de error de la información recabada estará directamente bajo su control, el grado de participación y el compromiso que establezcan permitirán efectuar diagnósticos más detallados y estrategias de reducción de los riesgos específicas para cada sector de la ciudad susceptible a las inundaciones.

Esta estrategia no es del todo novedosa, ya que es la forma de censar que aplica en algunos países del primer mundo. En materia de prevención de desastres y reducción de las condiciones riesgos en México al menos se conoce una experiencia en la cual la población se comprometió a realizar este operativo en donde la totalidad de sus habitantes llenaron con puño y letra cada uno de los formatos, aun los que no sabían escribir solicitaron apoyo con los vecinos que si lo hacían. Este proyecto fue elaborado en 2003, en la colonia Nuevo Israel, municipio de Tonalá, Jalisco²⁰.

La coordinación del operativo por parte de protección civil y bomberos del municipio, con la amplia experiencia en atención de emergencias y con la gran disposición que han mostrado para salvaguardar a la población y a sus bienes ayudara para distribuir los formatos de encuesta y alentar a la ciudadanía a colaborar en este proyecto conjunto para la reducción de los riesgos.

En su carácter de coordinadores del proyecto estarán encargados de convocar a los medios de comunicación, así como, a las oficinas de gobierno, asociaciones civiles y Organizaciones no Gubernamentales para informarles del operativo y solicitar su apoyo en la medida que cada uno de estos agentes deseen colaborar.

²⁰ Corona, N. (2003), Estudio de riesgo naturales asociados fenómenos geológico-geomorfológicos e hidrometeoro-lógicos en la colonia Nuevo Israel, Tonalá, Jalisco, Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara, 2003.

OBJETIVO

Recabar información de las características de la población, la vivienda y los edificios que ofertan bienes y servicios.

PARTICIPANTES

- Dirección de Protección Civil y Bomberos (PCyB). **Coordinador General del Operativo**
- Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA). **Asistencia técnica y apoyo en operativo.**
- Población de las zonas inundables. **Informantes y colaboradores.**
- Medios de comunicación. **Difusión.**
- Dirección de urbanización y Medio Ambiente del municipio de Morelia. **Asistencia técnica y Apoyo directo.**
- Universidad Michoacana. **Asistencia técnica y prestadora de servicio.**

FASES DEL OPERATIVO.

FASE 1. *Consenso* con las autoridades de Protección para evaluar la viabilidad del proyecto.

Requerimientos: Enlaces de CIGA y PCyB.

FASE 2. *Diseño*, discusión, ajustes y aprobación del formato de encuesta.

Requerimientos:

- *Prototipo de encuesta*
- *1 PC con Excel.*
- *Personal de protección civil*
- *Enlace del CIGA*
- *Disponibilidad y espacios adecuados para presentar y discutir la encuesta.*

FASE 3. *Definición de zonas* de aplicación de la encuesta, en función de lo los reportes históricos atendidos por los cuerpos de Bomberos y Protección Civil y los

limites definidos por en el Atlas de Riesgos de Morelia. En esta etapa se determinaran las colonias, las manzanas y el número de encuestas requeridas.

Requerimientos:

- Apercebimientos de Servicios Cartografiados y clasificados.
- Delimitación de las zonas inundadas en 2003.
- PC con ArcView, Google earth y shapes temáticos (manzanas, número de viviendas por manzana o lotes, Colonias).
- Identificación de potenciales zonas inundables en función de características morfológicas del terreno.
- Identificación de fraccionamientos susceptibles a inundaciones por condiciones de diseño y cálculos de descargas de aguas residuales mal ejecutados. (caso Fracc. Real San Diego, requerimiento mínimo de diámetro de tubos de drenaje 12" vs. Construido 8").

FASE 4. *Convocar a medios* de comunicación e informar del operativo, solicitando su apoyo, labor de convencimiento fundado en la acción colectiva en pos de un Morelia fortalecido para enfrentar el problema de las inundaciones, aminorar los impactos y prevenir futuras condiciones de vulnerabilidad. Este operativo puede ser un primer paso hacia la construcción de una sociedad cooperativa, participativa y comprometida con la seguridad en su entorno.

Requerimientos:

- Oficios emitidos por parte de PCyB a medios de comunicación
- Espacio adecuado para presentar el informe.
- Una presentación ejecutiva en Power Point con dos o tres láminas donde se presente proyecto.
- PC y cañón proyector.

FASE 5. Esta fase es opcional, se pueden diseñar varios miles de **volantes** con la información requerida, el diseño correrá a cargo de PC con el apoyo técnico del enlace del CIGA. La gestión de recursos se para el pago de papelería puede hacerse vía institucional (oficinas de gobierno en los distintos niveles de gobierno [de acuerdo a los

criterios del director y subdirector de PCyB]). La otra alternativa es solicitar el patrocinio de empresas establecidas en Morelia.

- PC con software de diseño (hasta Power Point puede servir)
- Impresora para imprimir los prototipos
- Recursos económicos para el pago volantes
- Cuadrilla con vehículo, para distribuir los volantes.

FASE 6. *Distribución* de las encuestas en las zonas seleccionadas. En esta etapa se proponen varias cuadrillas (o las disponibles), para cubrir la ciudad por sectores y facilitar la labor, en cada vivienda se entregara un formato de encuesta foliado, y se tomara registro de las viviendas en las que fue destinado, se llevaran **formatos de entrega** de encuestas, en los cuales se incluirá el datos de: tipo de vivienda, niveles de edificación, estado de la vivienda, el numero exterior, notas adicionales y el folio de encuesta que fue entregado. Esta fase debe de ser exprés, las campañas previas de difusión habrán preparado a la población para recibir las encuestas y no consumir mucho tiempo de los distribuidores. La duración del operativo no se debe de exceder de una semana (pero se estimara de acuerdo al número de viviendas que resulte seleccionado, puede ser mas).

En caso de que el inmueble tenga un uso distinto al habitacional:

- Educativas: Gestionar ante la SEP los datos de los planteles dentro del área estudio.
- Salud: Solicitar a la SSP, IMSS, ISSTE o instituciones públicas de salud.
- Empresas privadas, industrias y oficinas no gubernamentales: solicitar entrevista con gerente o encargado para conocer datos de: trabajadores, horarios de trabajo, aforos por segmento del día.
- Oficinas de gobierno. Solicitar información vía institucional.
- Parques y espacio abiertos. Solo señalar localización, estado de conservación y e identificación de elementos asociados a la dinámica de los causes.

En todos los casos se señalaran las condiciones físicas del inmueble, por lo menos desde la parte exterior, en este operativo y por el tipo amenaza que se estudia y por

tratarse de escurrimientos superficiales, solo se observaran las señales de deterioro o rastros de depósito de materiales de arrastre en las fachadas de las construcciones.

Requerimientos:

- Vehículos oficiales. Tantos como zonas o sectores señalados, para eficientizar los tiempos de entrega). La cantidad estará lejos del 100% del parque vehicular y recurriendo a un mínimo del personal.
- Personal de las dependencias para la distribución de los materiales (tantos como sea necesario), recurriendo al mínimo indispensable para no menguar la fuerza de apoyo de la institución.
- Paquetes de encuestas, formatos de encuesta y planos catastrales de las zonas de trabajo.
- Apoyo económico para gasolina.

FASE 7. Una vez entregado el material, se proporcionaran un par de días para que sean llenados, durante esta etapa las **campañas** de promoción deben intensificarse para que las personas asuman el compromiso y las llenen.

Requerimientos:

- Apoyo de los medios de comunicación.

FASE 8. Recolección de los formatos de encuesta. Después de la entrega de los formatos se exhortara a la población a llenarlos de inmediato, lo que posibilitaría la incursión de una cuadrilla para la recolección de formatos que trabaje de manera simultánea a los equipos de distribución. Esta cuadrilla tendrá **formatos de “colecta”** en donde marcara las viviendas y en las que ha colectado los formatos, la velocidad de esta cuadrilla será mucho mayor que la de los equipos de distribución. Lo ideal sería hacer un barrido con un desfase de un día para cubrir las áreas de forma ordenada. Y no dejar rezagos, después de la colecta, los formatos serán canalizados a las oficinas centrales de PCyB, en donde se procederá a la captura.

Requerimientos:

- Vehículos oficiales. Tantos como zonas o sectores señalados, para eficientizar los tiempos de entrega). La cantidad estará lejos del 100% del parque vehicular y recurriendo a un mínimo del personal.

- Personal de las dependencias para la recolección de los materiales (tantos como sea necesario), recurriendo al mínimo indispensable para no menguar la fuerza de apoyo de la institución.
- formatos de recolección y planos catastrales de las zonas de trabajo.
- Apoyo económico para gasolina.

FASE 9. Captura de formatos de encuesta. La captura se efectuara en la Dirección general de PC, con el apoyo de personal de PCyB, Voluntarios con PC y Enlace del CIGA. La modalidad de captura permitirá generar un base de datos con códigos ID, para integrarlos al Sistema información geográfica. Lo que permitirá analizar los datos y generar los modelos de evaluación de daños. En esta etapa estará cubierta buena parte de los componentes de la vulnerabilidad de las viviendas y sus habitantes.

Requerimientos:

- Personal para captura de datos
- Equipo de computo para la captura de datos
- Formato de captura de datos en Excel
- Equipo con Arcview.
- Shapefile de cartografía catastral.
- Técnico en SIG (Enlace del CIGA).

FASE 10. Cierre de campaña publicitaria y agradecimiento a la población por su cooperación e informe de los logros alcanzados.

Requerimientos:

- Personal para captura de datos
- Equipo de computo para la captura de datos
- Formato de captura de datos en Excel
- Equipo con Arcview.
- Shapefile de cartografía catastral.
- Técnico en SIG (Enlace del CIGA).

SOBRE LA ENCUESTA.



La estructura de la encuesta debe de ser semi-cerrada, en la cual se incluyan preguntas tanto de opción múltiple como abiertas, estas últimas en menor proporción pero encaminadas a rescatar la percepción de las personas respecto a su condición de riesgo. Mientras que las preguntas cerradas manifestaran su características; socio-económicas, y datos de las inundaciones que han vivido en su contexto inmediato (su calle o su casa específicamente).

CRONOGRAMA IDEAL PARA EL OPERATIVO.

Este estará condicionado al número de manzanas que resulte seleccionado. Este esquema esta hecho de acuerdo a la experiencia previa de un levantamiento en campo de información correspondiente a una muestra de 2000 viviendas y negocios aplicado en un estudio de origen-destino aplicado para el proyecto de “Pre-tren, extensión de la línea 2 al poniente de la ciudad de Guadalajara, y en donde se conto con una equipo operativo de 60 encuestadores, 4 supervisores, un coordinador general y un vehículo, y horario de trabajo de 14 horas.

ACTIVIDADES <small>(ADJUNTO A TODAS LAS ACTIVIDADES SE DESTINARA POR LO MENOS 1 HORA AL DIA A CAPACITACION EN MANEJO DE SIG. PPALMENTE ARCVIEW)</small>	SEMANA 1							SEMANA 4 (AGOSTO)							SEMANA 4 (AGOSTO)						
	LUN 14	MAR 15	MIÉ 16	JUE 17	VIE 18	SÁB 19	DOM 20	LUN 14	MAR 15	MIÉ 16	JUE1 7	VIE18	SÁB 19	DOM 20	LUN 14	MAR 15	MIÉ 16	JUE1 7	VIE18		
FASE 1	■																				
FASE 2		■																			
FASE 3			■																		
FASE 4				■																	
FASE 5					■																
FASE 6						■															
FASE 7							■														
FASE 8								■													
FASE 9										■											
FASE 10																			■		

ANEXO III. FORMATO DE ENCUESTA.

FORMATO DE ENCUESTA PARA VIVIENDAS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES		 	
		Hoja 1 de 4	
1. ANTECEDENTES			
1.1.- Desde cuando vive usted en esta Casa?			
1.2.- Cual es su lugar de Origen?			
1.3. Antes de vivir aquí, en que colonia residía?			
1.4 Por que motivos se mudo a esta casa?			
<input type="checkbox"/> Rentaba	<input type="checkbox"/> Trabajo		
<input type="checkbox"/> Era Casa prestada	<input type="checkbox"/> Estudio		
<input type="checkbox"/> Vendió la casa anterior	<input type="checkbox"/> Reubicación		
<input type="checkbox"/> Matrimonio	<input type="checkbox"/> Otro		
1.5 Su estadía en esta vivienda es temporal o definitiva?			
<input type="checkbox"/> Temporal	<input type="checkbox"/> Definitiva		
2. CARACTERISTICAS DE LA VIVIENDA			
2.1.- La vivienda en la que usted habita es:			
<input type="checkbox"/> Propia	<input type="checkbox"/> Prestada		
<input type="checkbox"/> Rentada	<input type="checkbox"/> La esta pagando		
2.1.1- si la esta Pagando, Cuanto tiempo le falta para liquidarl			Años
2.2.- Conoce la antigüedad de esta vivienda, hace cuantos años fue construida?			Años
2.3.- Si vivienda cuenta con escrituras?		<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.3.1.- Si cuenta con escrituras, a cuanto paga de impuesto predial?		\$	
2.4.- Cuantos niveles tiene su casa? _____			
2.5.- De que material están hechos los muros de su vivienda?			
<input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Ladrillo	<input type="checkbox"/> Madera	
<input type="checkbox"/> Panel W	<input type="checkbox"/> Block	<input type="checkbox"/> Otros	
2.6.- De que material están hecho el techo de su vivienda?			
<input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Ladrillo	<input type="checkbox"/> Madera	
<input type="checkbox"/> Panel W	<input type="checkbox"/> Block	<input type="checkbox"/> Otros	
2.7.- Que estilo de construcción tiene el techo de su vivienda?			
<input type="checkbox"/> Dos Aguas	<input type="checkbox"/> Otro	Cual? _____	
<input type="checkbox"/> Plano			
2.8.- De que material esta cubierto el piso de su vivienda (la planta baja, en caso de ser de mas de 1 n			
<input type="checkbox"/> Vitropiso	<input type="checkbox"/> Cemento	<input type="checkbox"/> Madera	
<input type="checkbox"/> Mosaico	<input type="checkbox"/> Tierra	<input type="checkbox"/> Laminado	
2.9.- Que profundidad tienen los cimientos de su casa?			Metros
2.10.- Ha efectuado alguna obra de restauración de su vivienda?			
		<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.10.1.- Cuales?			

FORMATO DE ENCUESTA PARA LAS FAMILIAS ASENTADAS EN TERRENOS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES			
			Hoja 2 de 4
2.11 Especificar la existencia y cantidad de cada una de las siguientes áreas físicas de su vivienda?			
<input type="checkbox"/>	Dormitorios	<input type="checkbox"/>	Regaderas
<input type="checkbox"/>	Sanitarios	<input type="checkbox"/>	Cocina
<input type="checkbox"/>	Cochera (para Cuantos Autos ())	<input type="checkbox"/>	Jardín
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Comedor
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Área común
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Patio o carral
2.12.- Ha efectuado alguna obra de restauración de su vivienda?			
		<input type="checkbox"/>	Si
		<input type="checkbox"/>	No
2.12.1.- Hace cuanto tiempo? Meses			

2.13.- Cuanto cree que sea el precio comercial de su vivienda: \$ _____			
2.14.- En el tiempo que tiene viviendo aquí, ha visto algún deterioro en su vivienda que haya sido causada por los encharcamientos, inundaciones o crecidas de la corriente del agua ?			
		<input type="checkbox"/>	Si
		<input type="checkbox"/>	No
2.14.1.- Describalos brevemente por favor:			

2.15.- En tiempo de lluvias, el agua se mete a su casa? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2.15.1.- De que forma?			
<input type="checkbox"/>	Goteras	<input type="checkbox"/>	Emerge de las coladeras
<input type="checkbox"/>	Por debajo de las puertas de la calle	<input type="checkbox"/>	Se acumula en algún lugar de la casa
<input type="checkbox"/>	Por debajo de las puertas del patio u otro sitio de la casa		
<input type="checkbox"/>	Otro	Cual(es)?	_____
2.16.- Que nivel aproximadamente alcanza el agua dentro de su vivienda _____ cm			
2.16.1- Si no tiene una idea clara de cuanto es, utilice alguna referencia que indique hasta donde alcanza a subir el agua, marque la opción o especifique			
<input type="checkbox"/>	Le cubre los tobillos	<input type="checkbox"/>	Le llega a la cintura
<input type="checkbox"/>	Le llega hasta las rodillas	<input type="checkbox"/>	Cubre los coches
<input type="checkbox"/>	Alguna otra referencia, escríbala por favor	_____	
2.16.- Que nivel aproximadamente alcanza en la calle, afuera de su vivienda _____ cm			
2.16.1- Si no tiene una idea clara de cuanto es, utilice alguna referencia que indique hasta donde alcanza a subir el agua, marque la opción o especifique			
<input type="checkbox"/>	Le cubre los tobillos	<input type="checkbox"/>	Le llega a la cintura
<input type="checkbox"/>	Le llega hasta las rodillas	<input type="checkbox"/>	Cubre los coches
<input type="checkbox"/>	Alguna otra referencia, escríbala por favor	_____	
2.17.- Siente que las lluvias severas, los encharcamientos y las inundaciones ponen en riesgo su patrimonio? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
2.18.- Siente que las lluvias severas, los encharcamientos y las inundaciones ponen en riesgo a su Familia? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			

FORMATO DE ENCUESTA PARA LAS FAMILIAS ASENTADAS EN TERRENOS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES					
					Hoja 3 de 4
3. CARACTERISTICAS SOCIODEMOGRAFICAS					
3.1 Cuantas personas viven en esta casa?					Personas
Favor de llenar la tabla que a continuación se muestra con las características de las personas					
Nombre (este es opcional, solo para diferenciar a los individuos)	Sexo	Edad	Nivel de estudios (ultimo grado cursado u obtenido)	Ocupación	horario en que realiza la actividad o esta ausente de la casa
3.2 Cuantos miembros de la vivienda tienen acceso a servicios de salud?					Personas
3.2.1 Que dependencia publica le brinda el servicio?					
3.3.- Algún miembro del hogar padece algún tipo de discapacidad?					
				<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.3.1.-Cuantos ?					Personas
3.3.2.- En caso de que si haya alguna persona, que tipo de discapacidad?					
<input type="checkbox"/> Auditiva		<input type="checkbox"/> Psicomotriz			
<input type="checkbox"/> Motriz		<input type="checkbox"/> Otra			
<input type="checkbox"/> Visual					
3.4.- Participa en alguna actividad, grupo o asociación vecinal que se relacione con la mejoría de las condiciones de su colonia, barrio o ciudad?					
				<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.4.1 En caso de que si participe en algún tipo de asociaciones menciónela					
3.4.- Las autoridades han hecho algo para resolver el problema de las inundaciones o encharcamie					
4. CARACTERISTICAS ECONOMICAS					
4.1 Aproximadamente ¿cual es el ingreso mensual en la vivienda (sumando lo que ganan todos los individuos que trabajan)? \$					

FORMATO DE ENCUESTA PARA LAS FAMILIAS ASENTADAS EN TERRENOS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES					
					Hoja 4 de 4
4.1.1 Del ingreso mensual, ¿Aproximadamente, cuanto destina en:					
1. Alimentación	\$		A Vivienda	\$	
2. Vestido	\$		Renta	\$	
3. Transporte	\$		Crédito	\$	
4.2 De los bienes y servicios que se listan enseguida señale los que tiene con el numero de ellos con los que cuenta. (en el caso de los servicio marcar con una "X" si cuenta con el):					
<input type="checkbox"/> Automóvil		<input type="checkbox"/> Lavadora		<input type="checkbox"/> Agua potable	
<input type="checkbox"/> Refrigerador		<input type="checkbox"/> Tanque de gas estacionario		<input type="checkbox"/> Servicio de Teléfonos	
<input type="checkbox"/> Televisor		<input type="checkbox"/> Estufa		<input type="checkbox"/> Servicio de internet	
<input type="checkbox"/> Computadora		<input type="checkbox"/> Drenaje		<input type="checkbox"/> Televisión por cable	
<input type="checkbox"/> Camas		<input type="checkbox"/> Servicio de energía eléctrica			
5. PERCEPCION Y ATENCION DEL RIESGO					
5.1.- En el tiempo que lleva residiendo en esta casa, ¿Alguna vez le ha tocado vivir una inundación?					
<input type="checkbox"/> Si		<input type="checkbox"/> No			
5.1.1.- Si la respuesta es "Si", cuantas veces?				Veces	
5.1.2.- Recuerda la fecha exacta, el mes o el año en que ocurrió, méncionela:					
5.1.3.- Que acciones se llevaron a cabo Durante la inundación?, escríbalas por favor:					
1.-					
2.-					
3.-					
5.1.4.- Que acciones se llevaron a cabo Después la inundación?, escríbalas por favor:					
1.-					
2.-					
3.-					
5.1.5.- Considera que recibió el apoyo suficiente de parte del gobierno para poder seguir adelante?					
<input type="checkbox"/> Si		<input type="checkbox"/> No			
5.1.5.1.- ¿Por que?, describalo brevemente por favor.					
5.2.- Que acciones recomienda que deben ser puestas en marcha para reducir los riesgos hacia las inundaciones o evitarlas de forma definitiva?					
1.-					
2.-					
3.-					

ANEXO IV. GRÁFICOS DE DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CIUDAD DE MORELIA (DURANTE EL TRABAJO DE CAMPO)

