



---

---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**INSTITUTO DE GEOFÍSICA**

**POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO AL PELIGRO POR  
INUNDACIÓN EN MOTOZINTLA DE MENDOZA, CHIAPAS, MÉXICO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTAR POR EL GRADO DE:

**DOCTORA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**P R E S E N T A**

**MARY FRANCES TERESA RODRÍGUEZ VAN GORT**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. DAVID A. NOVELO CASANOVA**

**INSITUTO DE GEOFÍSICA**

**México, D. F. Enero de 2015**



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.

*A Carol, Paul y Luis*

*"Por un pequeño  
bocado de carne  
privamos a un alma  
del Sol y de la luz y  
del gozo de la  
porción de vida y  
tiempo por la que  
había nacido  
al mundo"*

**Plutarco (filósofo griego)**

**ss. I-II d.C.**

## AGRADECIMIENTOS

*Quiero agradecer de manera especial a mi tutor, el Dr. Novelo Casanova, impulsor fehaciente de la gestión de riesgos, por todo su apoyo y enseñanzas durante el trabajo del doctorado. Desde el primer día que llegué al posgrado, siempre me brindó su apoyo y orientación para mejorar permanentemente mi trabajo. A mis sinodales por su lectura crítica y atinados comentarios:*

*Dr. Lugo Hubp, incansable geólogo, lingüista y pensador, hacedor de investigaciones sobre los riesgos geológicos y geomorfológicos que impactan las comunidades de nuestro país, por sus empeñadas observaciones para que los trabajos se hagan y se expresen de manera científica, correcta e impecable.*

*Dr. Macías Medrano, geógrafo destacado en el ámbito social de los desastres, con su agudas observaciones sobre el poder de la gestión del riesgo por los propios habitantes en riesgo y sus atinados cuestionamientos acerca de los métodos cuantitativos en la valoración de la vulnerabilidad.*

*Dr. Macías Vázquez, apasionado investigador de los volcanes, mágicos e imponentes elementos del paisaje, así como los riesgos que pueden estar asociados a ellos. Por su trabajo de revisión minucioso sobre la elección y ponderación de las variables que se determinaron para la valoración del riesgo.*

*Dr. Magaña Rueda, voz incansable en el tema de cambio climático de manera científica e imparcial, colega de años en esta empresa de entender y mitigar los riesgos. Por su crítica visión sobre la importancia de comprender y valorar a la vulnerabilidad y el riesgo desde una perspectiva dinámica.*

***A Carol por su revisión y asesoría constantes y su apoyo a cada momento que lo necesité.***

*A todos los compañeros que me acompañaron a Motozintla en el trabajo de campo.*

*Finalmente quiero hacer mención de que esta investigación se desarrolló como parte del proyecto “Construcción de Escenarios de Riesgos para la Reducción de Desastres: Proyecto Piloto en la Sierra Madre y Planicie Costera del Estado de Chiapas (ESRED)” del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (Pto. No. 56624). De igual manera, se desarrolló dentro del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), clave IN118614: Desarrollo Metodológico para el Análisis Integral del Riesgo por Fenómenos de Origen Natural.*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
<b>I.1 VULNERABILIDAD .....</b>	<b>20</b>
<b>I.2 ÁRBOL DE DECISIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>I.3 ESTIMACIONES SINTÉTICAS .....</b>	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO II. CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....</b>	<b>32</b>
<b>II.1 ACTUALIZACIÓN DE LA TRAZA URBANA DE LA LOCALIDAD .....</b>	<b>33</b>
<b>II.2 ELECCIÓN DE VARIABLES PARA LA ENCUESTA .....</b>	<b>34</b>
<b>II.3 MUESTRA MÍNIMA Y SELECCIÓN ALEATORIA DE VIVIENDAS .....</b>	<b>35</b>
<b>II.4 LEVANTAMIENTO DE ENCUESTAS Y CREACIÓN DE BASES DE DATOS ...</b>	<b>38</b>
<b>II.5 SELECCIÓN DE VARIABLES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....</b>	<b>39</b>
<b>II.6 ANÁLISIS ESPACIAL .....</b>	<b>42</b>
<b>II.6.1 Representación cartográfica puntual (por vivienda encuestada) .....</b>	<b>42</b>
<b>II.6.2 Representación cartográfica por áreas a partir de la interpolación de datos .....</b>	<b>50</b>
<b>II.6.3 Representación cartográfica por manzana a partir de la ponderación de niveles de vulnerabilidad .....</b>	<b>55</b>

<b>CAPÍTULO III. RIESGO ASOCIADO AL PELIGRO POR INUNDACIÓN .....</b>	<b>62</b>
<b>III.1 FASE 1: CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....</b>	<b>63</b>
<b>III.2 FASE 2: CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO .....</b>	<b>64</b>
<b>III.2.1 Antecedentes .....</b>	<b>64</b>
<b>III.2.2 Escenarios y caracterización del peligro .....</b>	<b>65</b>
<b>III.2.2 Construcción de la amenaza .....</b>	<b>69</b>
<b>III.3 FASE 3: PONDERACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>71</b>
<b>III.4 FASE 4: ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO .....</b>	<b>72</b>
<b>III.4.1 Matrices y mapas .....</b>	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>81</b>
<b>IV.1 VULNERABILIDAD .....</b>	<b>81</b>
<b>IV.2 RIESGO .....</b>	<b>85</b>
<b>IV.2.1 Tendencia de factores que participan en el riesgo por inundación .....</b>	<b>88</b>
<b>IV.3 FACTORES SOCIALES QUE CONDICIONAN EL RIESGO .....</b>	<b>93</b>
<b>IV.3.1 Factores Estructurales .....</b>	<b>93</b>
<b>IV.3.2 Factores Socio-económicos .....</b>	<b>95</b>
<b>IV.3.3 Factores Organizacionales .....</b>	<b>99</b>
<b>IV.3.4 Percepción del riesgo .....</b>	<b>100</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>113</b>

<b>ANEXO 1. CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN MOTOZINTLA DE MENDOZA (A PARTIR DE LA METODOLOGÍAS DE ESTIMACIONES SINTÉTICAS) .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 2. INSTRUMENTO PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOS EN CAMPO (MOTOZINTLA DE MENDOZA, CHIAPAS) .....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 3. TABLA DE JUSTIFICACIÓN DE ELECCIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>128</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **INTRODUCCIÓN**

Figura 1. Ubicación de la localidad de Motozintla de Mendoza en Chiapas, México .....	17
Figura 2. Vista aérea de Motozintla de Mendoza en octubre de 2005 .....	19

### **CAPÍTULO I**

Figura I.1. Esquema metodológico para la cuantificación de la vulnerabilidad en asentamientos en riesgo por peligros naturales .....	23
Figura I.2. Esquema de componentes básicos asociados con un árbol de decisiones .....	27
Figura I.3 Imagen de un árbol simple .....	28
Figura I.4. Árbol de decisiones para el establecimiento de niveles de vulnerabilidad estructural en Motozintla de Mendoza, Chiapas .....	29

## CAPÍTULO II

Figura II.1. Mapa base de Motozintla de Mendoza (georreferenciado) .....	34
Figura II.2. Mapa de ubicación de las viviendas encuestadas .....	43
Figura II.3. Mapa de viviendas con techo de lámina .....	44
Figura II.4. Mapa de viviendas en condiciones de vulnerabilidad estructural .....	45
Figura II.5. Mapa de viviendas con vulnerabilidad por falta de servicios domiciliarios...	46
Figura II.6. Mapa de viviendas con vulnerabilidad socio-económica .....	47
Figura II.7. Mapa de viviendas con vulnerabilidad organizacional .....	47
Figura II.8. Mapa de viviendas con vulnerabilidad por inadecuada percepción de riesgo.	49
Figura II.9. Mapa de viviendas con vulnerabilidad global .....	49
Figura II.10. Mapa de vulnerabilidad estructural por áreas interpoladas .....	50
Figura II.11. Mapa de vulnerabilidad por falta de servicios domiciliarios por áreas interpoladas .....	51
Figura II.12. Mapa de vulnerabilidad socio-económica por áreas interpoladas .....	52
Figura II.13. Mapa de vulnerabilidad organizacional por áreas interpoladas .....	53
Figura II.14. Mapa de vulnerabilidad asociada a inadecuada percepción de riesgo por áreas interpoladas .....	54
Figura II.15. Mapa de vulnerabilidad global por áreas interpoladas .....	54
Figura II.16. Mapa de Vulnerabilidad Estructural .....	57
Figura II.17. Mapa de Vulnerabilidad Socio-económica .....	58
Figura II.18. Mapa de Vulnerabilidad Organizacional (población-instituciones) .....	59
Figura II.19. Mapa de Vulnerabilidad asociada a Percepción de Riesgo .....	60
Figura II.20. Mapa de Vulnerabilidad Global .....	61

### **CAPÍTULO III**

Figura III.1. Esquema del balance de energía hidráulica .....	65
Figura III.2. Escenario de áreas inundables en la cuenca del río Xelajú Grande en el municipio de Motozintla, Chiapas (528 mm./hr.) .....	66
Figura III.3. Mapa de áreas de exposición ante el peligro por inundación en Motozintla..	68
Figura. III.4. Mapas de vegetación y uso de suelo 1976-2010 .....	70
Figura. III.5. Mapa de vegetación y uso de suelo en la cuenca de Motozintla .....	71
Figura. III.6. Mapa de Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad estructural .....	76
Figura III.7. Mapa de Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad socio-económica .....	77
Figura III.8. Mapa de Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad organizacional (población-instituciones) .....	78
Figura III.9. Mapa de Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad por inadecuada percepción de riesgo .....	79
Figura III.10. Mapa de Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad global ponderada .....	80

### **CAPÍTULO IV**

Figura IV.1. Gráfica de tendencia en la ocurrencia de desastres .....	89
Figura IV.2. Gráfica de población total y tasa de crecimiento en Chiapas .....	90
Figura IV.3. Gráfica de población municipal en Chiapas .....	90
Figura IV.4. Mapa de vulnerabilidad ambiental en la cuenca de Motozintla .....	91
Figura IV.5. Gráficas de precipitación en septiembre en la estación Motozintla .....	92
Figura IV.6. Elementos estructurales de las viviendas (gráficas de los resultados) .....	94
Figura IV.7. Elementos sociales de los habitantes (gráficas de los resultados) .....	95
Figura IV.8. Elementos económicos de los habitantes (gráficas de los resultados) .....	97

Figura IV.9. Servicios domiciliarios presentes en las viviendas (gráficas de los resultados) .....	98
Figura IV.10. Elementos organizacionales-institucionales asociados a la preparación ante contingencias (gráficas de los resultados) .....	100
Figura IV.11. Percepción del nivel de riesgo y daños por inundación (gráficas de los resultados) .....	101
Figura IV.12. Percepción de riesgo sobre los fenómenos naturales y los riesgos asociados a éstos (gráficas de los resultados) .....	102
Figura IV.13. Percepción de riesgo, relacionado con las acciones de la población en materia de preparación ante contingencias (gráficas de los resultados) .....	103
Figura IV.14. Mapa de riesgo asociado a vulnerabilidad global con población informada.	106

## **ANEXO 1**

Figura 1.1. Mapa de la división territorial por AGEB's en Motozintla de Mendoza .....	123
Figura 1.2. Mapa de vulnerabilidad estructural en Motozintla de Mendoza .....	123
Figura 1.3 Mapa de vulnerabilidad socio-económica en Motozintla de Mendoza .....	124
Figura 1.4 Mapa de vulnerabilidad global en Motozintla de Mendoza .....	124

## **ÍNDICE DE TABLAS**

### **CAPÍTULO I**

Tabla I.1 Modelo típico de establecimiento de categorías a partir de la metodología del Árbol de Decisiones .....	27
--	----

## **CAPÍTULO II**

Tabla II.1. Variables y formato que se incluyeron en la encuesta final .....	35
Tabla II.2. Niveles de confianza para obtener la muestra mínima .....	36
Tabla II.3. Valor de la muestra mínima para Motozintla de Mendoza .....	37
Tabla II.4. Elección de variables y asignación de niveles de vulnerabilidad de acuerdo al número de variables presentes .....	40

## **CAPÍTULO III**

Tabla III.1. Ponderación de vulnerabilidades dentro de la vulnerabilidad global .....	72
Tabla III.2. Matriz de riesgo .....	73
Tabla III.3. Matriz de riesgo considerando los cuatro grupos de vulnerabilidad cuantificados .....	74
Tabla III.4. Matriz de riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad global por suma de vulnerabilidades ponderadas .....	75

## **ANEXO 1**

Tabla 1.1 Variables consideradas a partir de datos censales del Censo de Vivienda (INEGI 2005) .....	121
--	-----

## **ANEXO 3**

Tabla 3.1 Justificación de la elección de variables utilizadas para el análisis de vulnerabilidad en Motozintla de Mendoza .....	129
--	-----

## RESUMEN

Motozintla de Mendoza, cabecera municipal de Motozintla, se ubica en la porción sureste del estado de Chiapas, entre las coordenadas 15° 22' N y 92° 15' W, con una altitud de 1,260 msnm, y una población de 23,755 habitantes de acuerdo al Censo de 2010 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Esta comunidad ha enfrentado en fechas recientes, primero en septiembre de 1998 y luego en octubre de 2005, desastres por inundación y desgajamiento de laderas según el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED 2001).

El objetivo fundamental de esta investigación fue desarrollar una metodología para cuantificar la vulnerabilidad social global. En este estudio la metodología es aplicada para determinar el riesgo por inundación que Motozintla registra. Sin embargo, dicha metodología puede ser replicada en otras comunidades del país.

La metodología consistió en realizar la actualización cartográfica del lugar, establecer la muestra mínima de viviendas a caracterizar, seleccionarlas con un método aleatorio simple, determinar las variables fundamentales para la identificación de la vulnerabilidad por grupos (estructural, socio-económica, organizacional, por percepción de riesgo) y global (todas las anteriores por nivel de incidencia ponderado), aplicar el método de interpolación de Distancia Inversa Ponderada (IDW, por sus siglas en inglés) para identificar áreas y niveles de vulnerabilidad y riesgo, y presentar los resultados cartográficamente en mapas generados por un Sistema de Información Geográfica (SIG) para su análisis espacial.

Entre los principales resultados obtenidos se puede destacar que un 30% de las familias en Motozintla cuenta con algún miembro analfabeta, 68% de las familias manifestaron recibir como ingreso menos a un salario mínimo por integrante, lo cual representa dificultad para satisfacer las necesidades básicas, el 81% dijo no contar con un plan gubernamental de contingencias, y 74% expresó haber sufrido daño por inundaciones. Aunado a lo anterior, 72% de la población reportó algún nivel de desconfianza hacia los miembros de su comunidad en cuanto a organización en materia de prevención comunitaria. Finalmente, se pudo observar que en cuanto al riesgo por inundación asociado a la vulnerabilidad global, aproximadamente el 60% del territorio de la localidad se ubica en los niveles alto y muy alto, especialmente en los márgenes del cauce del río Xelajú Grande y en las áreas de nueva creación para uso habitacional desarrolladas por el gobierno local, por lo que resulta prioritario establecer medidas de mitigación de riesgo y reordenamiento territorial.

La metodología desarrollada resulta apropiada para la cuantificación de la vulnerabilidad y del riesgo en localidades urbanas medias (20,000 a 50,000 habitantes), ya que permite identificar las áreas y niveles de vulnerabilidad y riesgo y con ello destacar las zonas de atención prioritaria. Esta metodología es especialmente aprovechable para los tomadores de decisiones locales. Por otra parte se identificó a la percepción de riesgo como un elemento fundamental en la construcción de la vulnerabilidad y en la mitigación del riesgo. La participación gubernamental local de gestión de riesgos se evidenció como de bajo perfil, es decir, la toma de decisiones en materia de reducción de riesgos, así como de prevención y atención de desastres se dificulta por factores administrativos, éticos y conceptuales en esta comunidad.

## ABSTRACT

Motozintla de Mendoza is located in the Southeast of the state of Chiapas, Mexico, between the coordinates 15° 22' N y 92° 15' W, with an altitude of 1,260 meters above sea level, and with a population of 23,755 inhabitants according to the 2010 National Census of the Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Recently, this community was severely impacted by disasters due to extensive flooding and landslides in September 1998 and October 2005 (CENAPRED 2001).

The central objective of this research was to develop a methodology for the quantification of global social vulnerability. The methodology is used to determine the risk of flooding in Motozintla. However, such methodology can be replicated in others communities in Mexico.

The methodology consisted in the following steps: (a) the cartographic actualization of the urban layout of Motozintla; (b) the establishment and characterization of a minimal sample of households for this study; (c) selection of variables for the identification of different types of vulnerabilities (structural, socio-economic, organizational, and perception of risk) and global vulnerability (all variables of the analyzed vulnerabilities considering a level of weighted incidence); (d) use of the interpolation method, Inverse Distance Weighting (IDW), to identify areas and levels of vulnerability and risk; and (e) use of a Geographic Information System for cartographic representation of the results and their spatial analysis.

Among the main results of this research we found that in 30% of the households in Motozintla there is at least one illiterate member, 68% earns less than the minimum wage for each one of their members, a financial situation that makes difficult to meet the basic needs of families, 81% of interviewees said not to know the existence of any governmental contingency plan, 74% of households reported that had suffered damage due to flooding, and 72% of the respondents manifested to distrust other members of the community concerning the processes of organization for disaster prevention. Regarding the risk of flooding, this research determined that approximately 60% of the municipal territory could be classified with high and very high levels of global vulnerability, particularly in the Xelajú Grande river basin and the areas of new settlements developed by the local government. These outcomes highlight the necessity of establishing measures for risk mitigation and urban planning.

The methodology developed here is appropriate for the quantification of vulnerability and risk in middle size localities (20,000 to 50,000 inhabitants). It allows identifying the areas and levels of vulnerability and risk and classifying those zones that require priority attention. This methodology is useful for local decision-makers and public sector employees. On the other hand, in this research we identified the perception of risk as a crucial factor in the construction of vulnerability and the mitigation of risk. Finally, this study evidenced the deficient participation of the local government in risk management. In other words, administrative, ethical and conceptual factors obstruct the making-decision processes on risk reduction and disaster prevention in this community.

## INTRODUCCIÓN

La Organización de la Naciones Unidas (2013) calculó que a nivel mundial, entre 2000 y 2006, perdieron la vida 290,000 personas, más de 1.5 millones fueron afectadas, y la pérdida económica ascendió a 422,000 millones de dólares debido a la ocurrencia de 2,163 desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos. En México, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL 2007), determinó que en los desastres ocurridos durante 2005, se perdieron al menos, 1,500 millones de dólares en el estado de Chiapas, y entre 2010 y 2012, se aprobaron 30 declaratorias de desastres por inundaciones en el país, con un monto de 1,235,142.4 miles de pesos de acuerdo con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP 2012). Recientemente, de acuerdo con información periodística, las pérdidas económicas producidas por los fenómenos hidrometeorológicos de Ingrid y Manuel en octubre de 2013 fueron estimadas en 75,000 millones de pesos, afectando en forma directa a más de 1,200 personas, 60,000 de ellos evacuados de 309 municipios que resultaron con declaratoria de desastre.

Ante este escenario, resulta necesario determinar y valorar parámetros como la vulnerabilidad y el riesgo para mitigar el impacto de los desastres. Asimismo, considerando la multiplicidad de los impactos, ambos elementos deben ser gestionados desde un punto de vista multidisciplinario. El riesgo es considerado como el impacto estimado que un evento de riesgo o amenaza tendría sobre las personas, los servicios, las instalaciones, las estructuras y los activos de una comunidad (Crichton 1999). Se define por la siguiente expresión (1):

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} * \text{La exposición} * \text{Vulnerabilidad} \quad (1)$$

Por lo tanto, el riesgo es la probabilidad de una pérdida, y esta pérdida depende de tres elementos: los peligros, la exposición y la vulnerabilidad. “Si cualquiera de estos tres elementos aumenta o disminuye, entonces el riesgo aumenta o disminuye, respectivamente” (Crichton 1999). En términos generales el riesgo resulta de la combinación del peligro y la

vulnerabilidad (Magaña 2012). Dado lo anterior resulta prioritario la valoración de la vulnerabilidad para la reducción del riesgo (Macías 1999; Macías y Capra 2005; Magaña 2012).

La vulnerabilidad es un elemento tan complejo que su estudio ha requerido el desarrollo de diferentes metodologías. Muchos autores han optado por analizar un tipo de vulnerabilidad en especial (social, económica o estructural) para un peligro en particular (Martinelli et al., 2008; Novelo-Casanova y Suárez 2010; Saxenaa, y Geethalakshmib 2013). Por ejemplo, se han llevado a cabo diversos intentos para cuantificar la evaluación de la vulnerabilidad mediante métodos estadísticos. Por ejemplo, Martinelli et al. (2008) desarrollaron un procedimiento para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los edificios residenciales en Celano, Italia, por su parte Kaynia et al. (2008) exploraron una nueva metodología para estimar la vulnerabilidad a los deslizamientos en una localidad de Lichtenstein, en la cual consideraron una aproximación probabilística simple.

El reto principal para determinar la vulnerabilidad es el desarrollo de herramientas de investigación para una evaluación integrada de la vulnerabilidad (vulnerabilidad global), así como la incorporación de los estudios de gobierno con el propósito de reducir el riesgo y la promoción de estrategias de resiliencia (Adger 2006), asimismo, este autor sugiere que es importante incorporar la percepción del riesgo, como un elemento central de la vulnerabilidad.

La percepción del riesgo es la forma en que una comunidad determinada percibe el riesgo en función de su experiencia en desastres anteriores o del nivel de exposición a estos peligros. Por lo que representa un elemento fundamental en la condición de vulnerabilidad de la población ya que influye tanto en las acciones de prevención como en las de mitigación (Macías 1999; Bubeck 2012). Por otra parte la percepción de riesgo por lo general tiene un carácter temporal (De Vries 2007). Para determinar la vulnerabilidad global es necesario tener en cuenta los elementos sociales que construyen esta vulnerabilidad. El análisis de la vulnerabilidad global puede contribuir a la implementación de acciones para la reducción del riesgo (Kappes et al. 2011) .

Para evaluar el riesgo es importante tener en cuenta las características de la población que son susceptibles a ser dañadas (Maantay-Moroko 2009). Asimismo, considerar la experiencia de la población con relación a los eventos de desastres más recientes. Esta experiencia influye en la percepción de riesgo de la comunidad y como consecuencia, en su vulnerabilidad ante las amenazas de origen natural. De Vries (2007), a través de una investigación etnohistórica demostró que la vulnerabilidad a las inundaciones en la ciudad de Kinston, al este de Carolina del Norte, EEUU, era alto debido a la inadecuada percepción de riesgo. Otros elementos que pueden ser considerados en la evaluación del riesgo son los materiales de construcción de las edificaciones y las características sociales de la población, así como la distribución espacial de las zonas expuestas a amenazas naturales, (Kazmierczak y Cavan 2011). Dentro de estas áreas expuestas a amenazas naturales se tienen las zonas de inundación, que pueden deberse a las precipitaciones extraordinarias, asociadas a fenómenos ciclónicos y a inundaciones frecuentes por ubicarse alrededor de los ríos y llanuras (Jiang et al. 2009).

De acuerdo con las técnicas cuantitativas, el riesgo puede ser considerado como una cantidad que puede ser estimada y expresada por relaciones matemáticas de datos de eventos reales. Las técnicas cualitativas se basan principalmente en los procesos de estimación y en la experiencia de los administradores de desastres locales. Las técnicas híbridas son complejas porque incorporan métodos cuantitativos y cualitativos que nos permiten estimar diferentes escenarios de riesgo. Sin embargo, a partir del análisis estadístico, los métodos cuantitativos presentan mayor certidumbre (65,63 %) que los métodos cualitativos (27,68 %) (Marhaviilas et al. 2011). La estimación del riesgo se hace generalmente a partir de datos históricos disponibles para aproximarse a la frecuencia esperada y la gravedad de los acontecimientos (Antonioni et al. 2007). Determinar el riesgo hace posible desarrollar estrategias para las medidas preventivas y para disminuir el impacto económico y social debido a este fenómeno (Bouwer et al. 2010; Ghizzoni et al. 2012).

El propósito de este trabajo es desarrollar una metodología para cuantificar la vulnerabilidad social global y a partir de esta cuantificación determinar el riesgo por inundación en la localidad de Motozintla de Mendoza, en el estado de Chiapas. Los resultados se presentan en mapas generados por un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el análisis espacial.

La vulnerabilidad global se estimó considerando la vulnerabilidad estructural de las viviendas; la vulnerabilidad socio-económica de sus habitantes, la vulnerabilidad institucional (eficiencia de las autoridades correspondientes en el manejo y gestión del riesgo) y la vulnerabilidad asociada a la percepción del riesgo que la población presenta ante el peligro de inundación. Considerando el riesgo como la probabilidad de ocurrencia de un evento con el potencial de afectar a una comunidad dentro de un plazo determinado y un área en particular. En este trabajo se establece el nivel de riesgo de Motozintla (un territorio expuesto a inundaciones, particularmente en la zona urbana) considerando su vulnerabilidad y el peligro de inundación actual.

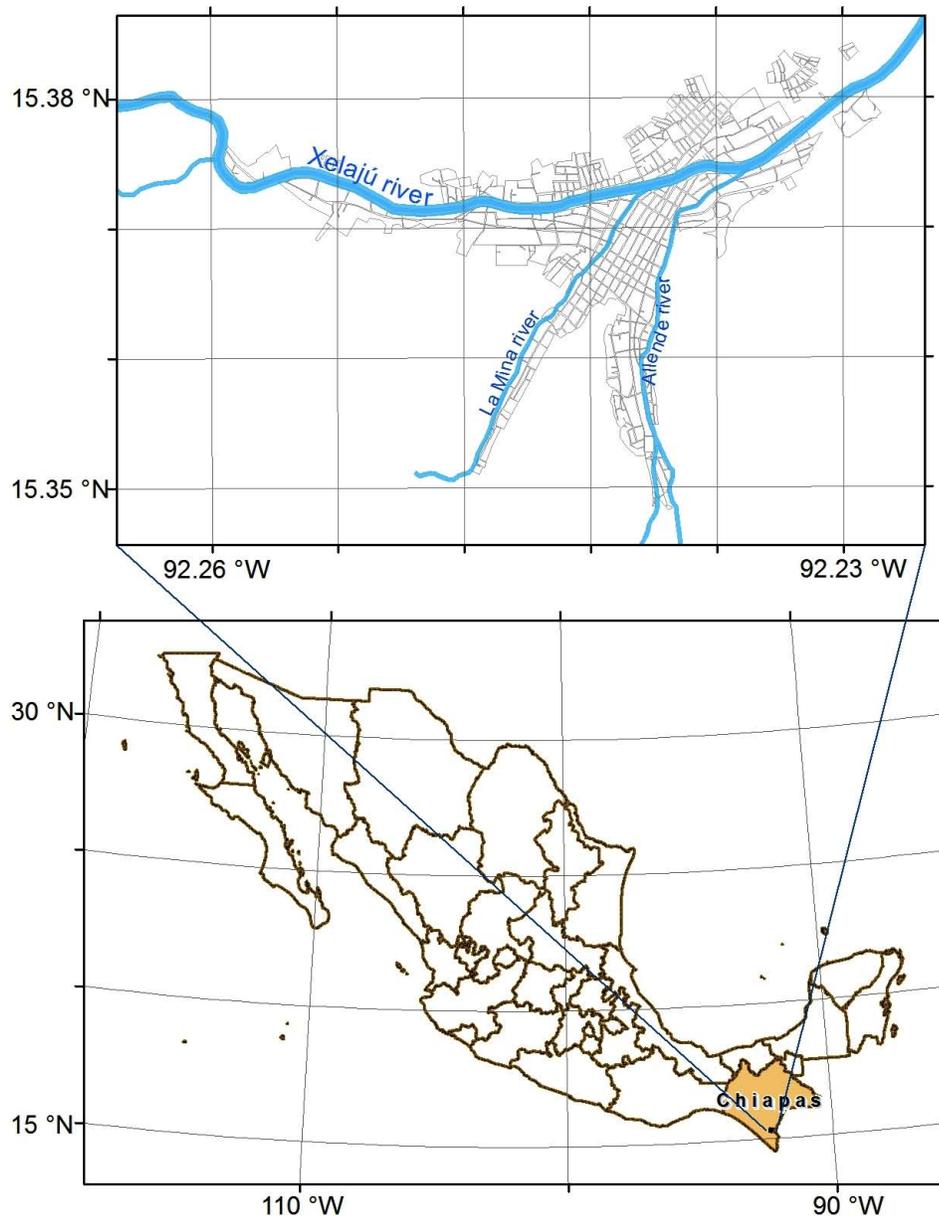


Figura 1. Ubicación de la localidad de Motozintla de Mendoza en Chiapas, México (modificado de Ramírez y Tapia 2007; Larrazábal et al. 2013).

La localidad de Motozintla de Mendoza, cabecera municipal Motozintla, se ubica en la porción sureste del estado de Chiapas (Figura 1), entre las coordenadas 15° 22' N y 92° 15' W, con una altitud de 1,260 msnm. De acuerdo al Censo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 2010a), cuenta con una población de 23,755 habitantes. Esta comunidad ha enfrentado en fechas recientes, primero en septiembre de 1998 y luego en octubre de 2005 (Figura 2), desastres por inundación y desgajamiento de laderas debido fundamentalmente a las amenazas naturales a que está expuesta como son las precipitaciones intensas resultado de la influencia de los huracanes procedentes de las diversas regiones ciclogénicas, de acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED 2001).

El régimen pluviométrico caracteriza a la zona con una moda anual de entre 1,000 y 2,000 mm con precipitaciones máximas en 24 hrs. de entre 200 y 400 mm (Vidal y Gómez 2007; Vidal 2007). Son varios los procesos de remoción en masa a la que está propenso su territorio y al combinarse con la vulnerabilidad física y social de sus habitantes se han visto favorecidas las condiciones de susceptibilidad a las inundaciones pluviales y/o fluviales y que pueden derivar en desastres.

Los objetivos de esta investigación son los siguientes:

#### General

Desarrollar e implementar una metodología de valoración cuantitativa de la vulnerabilidad global de la población que permita con base en la caracterización del peligro por inundación en Motozintla de Mendoza, determinar espacialmente la distribución de ese riesgo.

#### Particulares

- Desarrollar un marco teórico básico para la cuantificación de la vulnerabilidad.

- Determinar y ponderar las variables de mayor incidencia para el establecimiento de niveles de vulnerabilidad y riesgo.
- Caracterizar el peligro por inundación en la cuenca de Motozintla.
- Cuantificar los siguientes tipos de vulnerabilidades en Motozintla: estructural, socio-económica, organizacional y global, así como de la percepción del riesgo de la población.
- Determinar el riesgo por inundación en Motozintla de Mendoza a partir de la cuantificación de la vulnerabilidad y la incorporación de la caracterización de la amenaza.
- Interpretar los resultados espacialmente, a partir de su integración en un SIG.

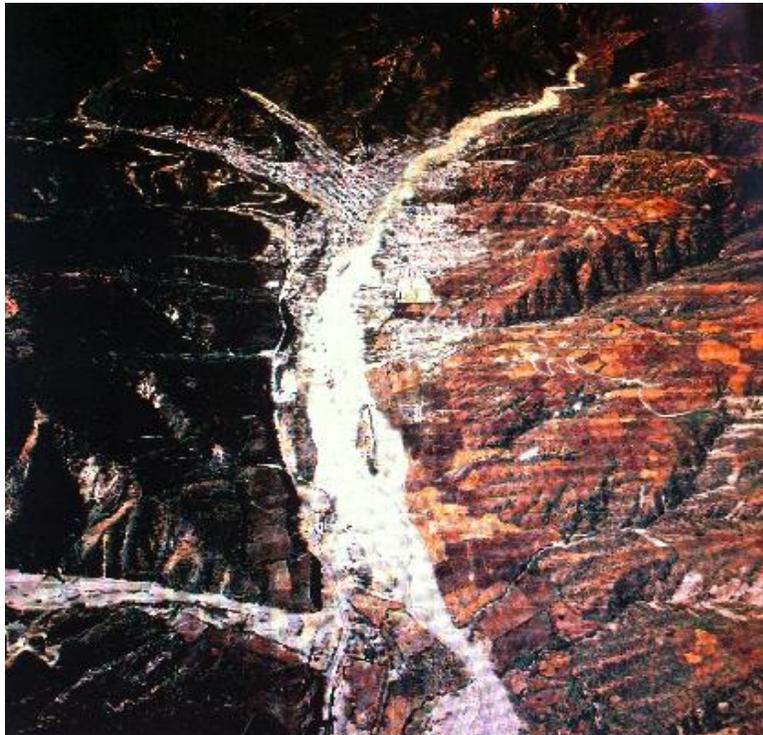


Figura 2. Vista aérea de Motozintla de Mendoza en octubre de 2005 (López 2006).

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### I.1 VULNERABILIDAD

A partir del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (1990-1999) organizado por la Organización de Naciones Unidas (ONU) el área de investigación sobre riesgos se ha fortalecido. Un resultado importante ha sido el reconocimiento de la vulnerabilidad como elemento significativo en el análisis de riesgos. Cabe señalar que ya existían importantes antecedentes de trabajos de valoración del riesgo en los cuales la consideración de la vulnerabilidad incorpora aspectos sociales. Un trabajo relevante es presentado por Araña y Ortiz (1984). En este trabajo se consideran aspectos del peligro volcánico, así como algunas de las características de la sociedad, tales como el tamaño de la población y el trabajo de sensibilización que las autoridades deben manejar para que los asentamientos con riesgo volcánico puedan convivir con las amenazas volcánicas a las que se encuentran expuestos. Además se proponen estrategias de mitigación que consisten fundamentalmente en la evacuación temporal y momentánea ante un evento de actividad volcánica de gran magnitud.

En este contexto la valoración de la vulnerabilidad en el marco de la identificación de las amenazas y el análisis de riesgo se asoció fundamentalmente a dos componentes, por un lado a la inseguridad e indefensión de la población en sus condiciones a partir de un evento económico de gran impacto y por la otra al manejo de recursos y estrategias para enfrentar un evento, generalmente de desastre asociado a fenómenos naturales (Pizarro 2001). Por otra parte, Rodríguez (2001), realizó un estudio para valorar la vulnerabilidad y los grupos vulnerables, dentro de los cuales enfocó su trabajo en el de los jóvenes, referidos en este caso a personas entre 15 y 24 años de edad. Para este grupo vulnerable incorporó tres dimensiones de vulnerabilidad. La dimensión vital, que se refleja en la inestabilidad del

ciclo de vida; la institucional que aborda la asimetría existente entre la familia y el mundo adulto; y la dimensión socioeconómica, reflejas en las expectativas e inequidad entre la educación y el trabajo.

Otro de los trabajos de riesgo que incorporan la valoración de la vulnerabilidad es el realizado por Climent et al. (2003), quienes desarrollaron un estudio de caso sobre vulnerabilidad estructural denominado “Amenazas sísmica y vulnerabilidad física en la ciudad de Cañas, Costa Rica”. En este trabajo establecieron en primer término, una zonificación de las amenazas y posteriormente consideraron la vulnerabilidad física de las edificaciones. Los elementos fundamentales de vulnerabilidad que se tomaron en consideración para este estudio fueron: b) la complejidad en los planos de construcción; b) la forma geométrica del edificio; c) el número de niveles; d) el uso del edificio; e) las características de los materiales de construcción y f) la resistencia y flexibilidad de las estructuras.

Sobre vulnerabilidad estructural, García y Espadas (2004), realizaron un trabajo en el que incorporaron como aspecto necesario para la identificación de la vulnerabilidad a las características de las instalaciones que se utilizan para el abasto y distribución del agua potable en el municipio de Telchac Puerto, en Yucatán. Los elementos de análisis considerados fueron: a) el tipo de equipo; b) el estado actual del mismo; c) los daños estimados en caso de algún desastre y d) los costo de esos daños.

Un área de estudio en la que se han observado importantes avances es en la cuantificación de la vulnerabilidad. Dwyer et al. (2004), por ejemplo, presentan un trabajo interesante en el cual desarrollan una aproximación a una evaluación global de riesgos y la cuantificación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales en Australia. Los autores insisten en la importancia de considerar los aspectos socioeconómicos en la generación de desastres, así como en la mitigación de la vulnerabilidad ante los mismos. El trabajo se enfoca en la valoración del riesgo por cuatro amenazas (ciclones, terremotos, sequías e inundaciones) considerando 15 parámetros socio-económicos tanto en vivienda como en sus habitantes como salario, tenencia de la vivienda, seguro médico, posesión de vehículos y la

posibilidad de ahorrar, entre otros. Basados en la metodología del Árbol de Decisiones (Dwyer et al. 2004), una técnica de datos variables y modelos de micro-estimación, los autores correlacionan los datos de la población real con estimaciones sintéticas. Finalmente, estas estimaciones son plasmadas de forma espacial en mapas por provincia, para representar aspectos de vulnerabilidad social a impactos por peligros naturales.

En este esquema de la Figura I.1 se presentan las fases que Dwyer et al. (2004) consideraron para la cuantificación de la vulnerabilidad en asentamientos medios en riesgo por amenazas naturales. La columna del centro indica los pasos seguidos en dicha metodología, empezando por la selección de indicadores. Un segundo paso consistió en elaborar un cuestionario para apreciar la percepción de la población sobre sus condiciones de riesgo, este cuestionario lo enviaron a los encuestados para que ellos lo respondieran y regresaran a los investigadores. El tercer paso consistió en establecer categorías de vulnerabilidad a partir del análisis del Árbol de Decisiones. Posteriormente, con el método de Estimaciones Sintéticas (considerar los datos de la población a partir de bases de datos censales o catastrales, sin realizar trabajo de campo), se evaluaron las condiciones socioeconómicas de la población a partir de los datos distritales de los censos. Es importante señalar que en cada fase se consideraron tanto la vulnerabilidad de la vivienda así como la vulnerabilidad del modelo económico. En el esquema que los autores propusieron, se considerara que a partir de la identificación del peligro y la cuantificación de la vulnerabilidad, se puede llegar a una aproximación en la valoración del riesgo.

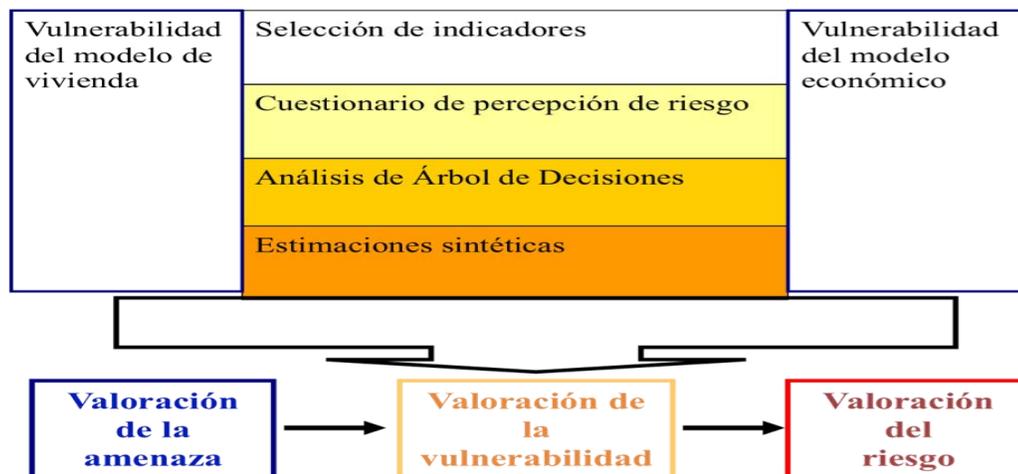


Figura I.1. Esquema metodológico para la cuantificación de la vulnerabilidad en asentamientos en riesgo por peligros naturales, Dwyer et al. (2004).

En México, Aceves-Quesada et al. (2007) realizaron un trabajo sobre peligro volcánico en el Nevado de Toluca e incorporan la valoración de la vulnerabilidad para la evaluación de riesgo volcánico en el centro de México. A partir de técnicas de evaluación multicriterio eligieron variables como: el tamaño de la población, el uso de suelo, la infraestructura y el producto económico por municipio. Finalmente, con la utilización de un SIG establecieron niveles de menor a mayor vulnerabilidad.

Otros elementos como la percepción de riesgo de la población y la gestión pública han sido incorporados a la discusión (Adger 2006), sin embargo, generalmente en los trabajos para la valoración de la vulnerabilidad se considera la mayor cantidad de variables posiblemente manejables, sobre las condiciones socioeconómicas de la población, por ejemplo: las características de la vivienda (materiales de paredes, techos y pisos); el equipamiento del hogar (potabilidad y tratamiento del agua en casa), cantidad de baños, medios de iluminación, ampliación de la cantidad y tipo de elementos de confort como la presencia de electrodomésticos y servicio doméstico en la vivienda); el nivel de instrucción de sus habitantes, la ocupación, el cuidado de la salud y sus ingresos económicos, entre otras variables. Sin embargo, las investigaciones sobre vulnerabilidad incorporan también

elementos de mayor complejidad, Canon (2008) por ejemplo, identifica tres componentes como precursores de la vulnerabilidad: a) las condiciones iniciales de vida; b) la resiliencia medioambiental y c) las medidas de auto-protección de las personas.

Puente (2009), realizó un trabajo sobre riesgo sísmico en la ciudad de México, en el cual consideró que es relevante valorar el riesgo subjetivo, es decir, la percepción que la población tiene de su propia condición de riesgo y contrastarlo con el riesgo objetivo, que se establece a partir de parámetros reales del peligro y vulnerabilidad. Por ejemplo, en cuanto a la vulnerabilidad estructural consideró el número de pisos, los años de construcción, el uso determinado, el uso real, las irregularidades en planta y elevación y la posibilidad de golpeteo de las estructuras. Estos resultados fueron ponderados con otras variables consideradas, con el propósito de establecer gradientes de vulnerabilidad. Y añade el concepto de “índice compuesto de vulnerabilidad”, con el cual pretende afinar el valor de riesgo y por lo tanto el diseño de acciones de mitigación.

Recientemente se han establecido los llamados índices de vulnerabilidad por ámbito, es decir, se desintegra la vulnerabilidad en sus partes para un análisis más detallado, en este sentido, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT 2010) publicó un documento para Honduras que incluye una metodología para el cálculo de los siguientes índices: Índice de Vulnerabilidad Ambiental, Índice de Vulnerabilidad de Población, Índice de Vulnerabilidad Social e Índice de Vulnerabilidad de Infraestructura. Cada uno de los índices se fue creando a partir del anterior y en combinación con nuevos datos base con relación al tema de análisis en cuestión (ambiental, de población, social y de infraestructura). En un siguiente paso, y a partir de la combinación de los cuatro primeros índices, se creó el índice de Ponderación/Priorización. Finalmente y a partir del análisis de cada uno de los índices de vulnerabilidad y del de Ponderación/Priorización, se establecieron los municipios que presentan mayor vulnerabilidad frente a desastres asociados a fenómenos naturales.

La Organización Mundial de Agricultura (FAO 2012), publicó un trabajo que realizó para valorar la vulnerabilidad ante amenazas hidrometeorológicas por cambio climático en Honduras y en él, incorpora elementos de valoración como: el uso de la tierra, la tenencia de la tierra, la inseguridad de la tenencia, el marco jurídico de la tenencia, la existencia de sistemas de información catastral y la tenencia de la tierra y los créditos.

En otro trabajo Kazmierczak y Cavan (2011) consideran que es necesario incorporar a la valoración de la vulnerabilidad factores como las características socio-económicas de la población, el uso de la tierra, la distribución espacial del peligro y los tipos de vivienda en la zona de estudio. Relacionado a cambio climático (Magaña 2012) presenta un trabajo sobre vulnerabilidad, donde establece que generalmente la selección de variables se estima con base en la experiencia del evaluador y que resulta fundamental la selección de pocas variables que sean significativas, especialmente para la valoración cuantitativa de la vulnerabilidad a futuro. En este punto incorpora como necesidad para futuros trabajo la consideración del aspecto dinámico de la vulnerabilidad.

En lo que se refiere a la vulnerabilidad institucional, Varis et al. (2012) consideran que tres indicadores de gobernabilidad son importantes: inestabilidad política, fragilidad del estado y percepción de la corrupción. Para el caso de Motozintla se incorporaron variables sobre la vulnerabilidad organizacional, tanto de la propia población como la relacionada con la implementación de planes de respuesta institucional.

Considerando todo el trabajo que se ha hecho con relación a la valoración de la vulnerabilidad, se puede identificar que los avances han sido significativos, sin embargo, aún quedan retos por alcanzar, algunos de éstos son: la identificación acertada de variables significativas, la construcción de índices representativos y la ponderación de variables y niveles. Aunado a ello el establecimiento de métodos de valoración que nos permitan diseñar acciones de mitigación efectivas para una gestión de riesgo adecuada.

## I.2 ÁRBOL DE DECISIONES

Esta metodología está enfocada en facilitar la toma de decisiones a través de la generación de reglas de decisión basada en la exploración del conocimiento contenido en la información existente. En este sentido, el objetivo básico es adquirir conocimiento por medio de la extracción de información implícita, desconocida y potencialmente útil, desde las bases de datos. Es así que el análisis del árbol de decisiones puede ayudar a aquellos que están inmersos en la producción de decisiones, enfocándose en los datos esenciales que son requeridos para responder preguntas específicas. Se puede determinar que el objetivo de construir un árbol de decisiones, más allá de la disgregación de datos para un manejo más eficiente, es revelar una estructura de dominio entre los datos que nos otorgue un poder predictivo (Quinlan 1986; Blockeel y De Raedt 1998).

El diseño del árbol de decisiones se inicia en el nódulo raíz el cual contiene la serie de datos entera, y todos los atributos son probados para determinar cuál atributo es el mejor para dividir los datos en dos diferentes y más homogéneas subseries (Breiman et al. 1984). Por otra parte, para cada atributo se determina el mejor valor de división. Una representación visual de la estructura básica de un árbol de decisiones es mostrada en el esquema de la Figura I.2. Las observaciones individuales son llamadas “ejemplos” o “registros” y una serie de observaciones es llamada “serie de datos”. Todos los registros deben tener el mismo número de *atributos* (también denominados indicadores) y una “catalogación de clases”, sin embargo, no es esencial que cada atributo tenga un valor. La tabla I.1 ilustra un típico modelo de registros consistente en obtención de registros, catalogación de clases y atributos continuos y categóricos.

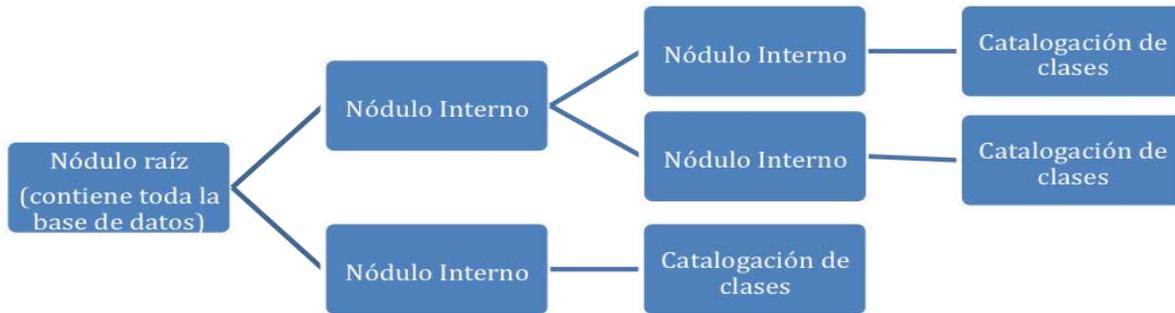


Figura I.2. Esquema de componentes básicos asociados con un árbol de decisiones: el nódulo raíz, los nódulos de decisiones o nódulos internos, la catalogación de clases y las ramas (Breiman et al. 1998).

Tabla I.1 Modelo típico de establecimiento de categorías a partir de la metodología del Árbol de Decisiones, (modificado de Vismara et al. 2008; Rogers y Watson 2009).

ID	Atributos Continuos		Atributos Categóricos		
	Edad	Ingreso	Inglés	Discapacidad	Escala
1	57	317	Sí	No	8
2	32	215	No	No	5
3	24	517	Sí	Sí	7
--	--	---	--	--	--
--	--	---	--	--	--
<i>n</i>	42	1057	Sí	No	2

Las hojas de un árbol de decisión son nombradas clases, otros nodulos representan atributos basados en pruebas con una rama para cada posible resultado. En orden de clasificar un registro, se empieza por la raíz del árbol, se hace la prueba de evaluación y se toma la rama de la respuesta apropiada. El proceso continúa hasta que se encuentra una hoja, al tiempo que se confirma que el registro pertenece a la clase nombrada por la hoja (Quinlan 1986). Tomando el árbol de decisión de la Figura I.3, este proceso concluye hasta que el registro, el cual no es en un principio miembro de la serie tratada, deberá pertenecer a una determinada clase. Es conveniente observar que solo una sub-serie de los atributos puede ser encontrada en un camino particular de la raíz del árbol de decisiones hacia la hoja.



Figura I.3 Imagen de un árbol simple:  
 Nódulos (atributos); Registros; y Clases (hojas) (Quinlan 1986).

Si los atributos son adecuados, siempre es posible construir un árbol de decisiones que clasifique correctamente cada registro dentro de la serie tratada, y usualmente hay muchos árboles de decisiones correctos. Sin embargo, si se tiene que elegir entre dos árboles de decisiones, de los cuales cada uno es correcto, es más apropiado elegir el más simple. Se espera, por consiguiente, que el árbol más simple clasifique correctamente más registros fuera de la serie tratada.

Para el estudio de Motozintla y considerando que las características de las poblaciones de México, son significativamente particulares, se realizaron dos ejercicios previos (visitas a campo para la toma de datos sobre las características estructurales de las viviendas, las condiciones socio-económicas de la población, y la percepción de riesgo) con el fin de establecer los parámetros que se utilizarían en el trabajo final de campo. Para estos ejercicios, especialmente en las etapas de selección de variables en gabinete, fue de gran utilidad la metodología de árbol de decisiones, así como para el establecimiento de los niveles de vulnerabilidad (Figura I.4).

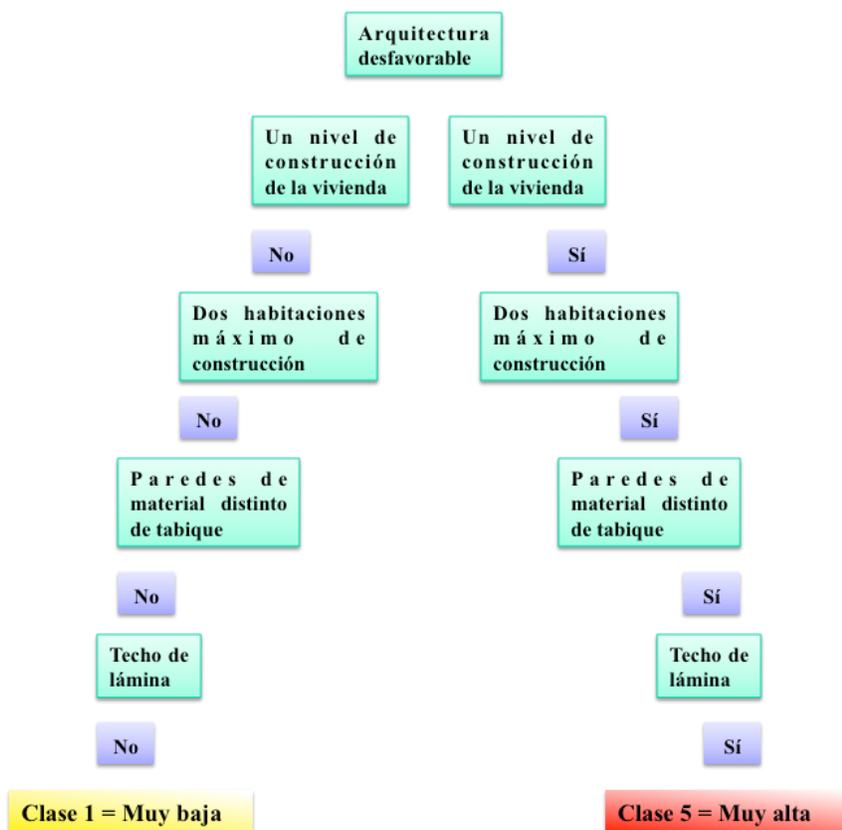


Figura I.4 Árbol de decisiones para el establecimiento de niveles de vulnerabilidad estructural en Motozintla de Mendoza, Chiapas. En la rama que va hacia la izquierda se establece la clase 1 que corresponde al nivel de vulnerabilidad muy bajo y la que va por la derecha a la clase 5, al nivel muy alto.

### **I.3 ESTIMACIONES SINTÉTICAS**

Este método consiste en realizar predicciones y modelos de simulación (Blundell et al. 1988; Merz 1991; Aronsson y Palme 1998). Este tipo de modelos se puede utilizar este tipo de modelos para analizar datos y establecer niveles de vulnerabilidad, con lo cual es factible generar modelos de respuesta generales a escala estatal y municipal ante un eventual desastre. Una cuestión clave en los ejercicios de evaluación y prospectiva de las decisiones es, sin duda, la disponibilidad de bases de datos adecuadas. Probablemente, este es uno de los ámbitos de la microsimulación en el que los avances han sido más lentos.

Una alternativa a las encuestas es el uso de registros de carácter censal. Sin embargo, los límites de este tipo de fuentes radican, sobre todo, en las dificultades para interpretar correctamente los fenómenos detrás de los datos. La subordinación de la información a cambios legislativos hace compleja, en muchos casos, la tarea de discernir las responsabilidades que pueden atribuirse a factores institucionales y las que tienen su origen en procesos naturales.

Como señala Sutherland (1995), a las dificultades anteriores se añade, además, la posibilidad de introducir distintos sesgos que pueden afectar a las conclusiones sobre el alcance de las decisiones públicas alternativas, así como la ausencia de un marco teórico suficientemente sólido como para ofrecer una explicación razonable de las decisiones metodológicas que se quieran asumir.

Es importante distinguir en cada caso cuál es el objetivo principal del análisis para acercarse a la posible solución. Una dificultad que se presenta es el análisis de procesos que exigen largos plazos para ver sus efectos, en los casos en los que puede haber efectos a corto plazo es más fácil la incorporación de variables de comportamiento de la población. Klevmarken (1997), por ejemplo, señala la relevancia que puede tener este tipo de cambios sobre las decisiones de participación, en este caso, de la propia población en

riesgo. Haciendo uso de este modelo de análisis para la cuantificación de la vulnerabilidad estructural y socioeconómica en Motozintla, se realizó un ejercicio a partir de los datos provenientes de los registros censales municipales, que si bien, no se encuentran suficientemente desagregados, permiten una aproximación a los niveles de vulnerabilidad a escala estatal, comparando vulnerabilidades municipales (Anexo 1).

## CAPÍTULO II

### CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Las condiciones de vulnerabilidad de la población representan la parte fundamental en la ecuación del riesgo y debido a la complejidad que presenta es que su estudio resulta también de gran complejidad. ¿Qué elementos son fundamentales? ¿cuáles tienen un mayor peso? Así uno de los principales retos en la valoración del riesgo resulta el logro de la estimación de una vulnerabilidad social para una población determinada (Adger 2006; Magaña 2012).

En este trabajo los resultados de la cuantificación de la vulnerabilidad en Motozintla nos muestran que un elemento fundamental para la metodología de este trabajo se basó en la generación de datos a partir del trabajo de campo, herramienta fundamental (Brid 2009; Jacob et al. 2013), tanto en la actualización de la traza urbana y la generación de la cartografía básica, como en la toma de información sobre las condiciones estructurales de las viviendas, las condiciones de los servicios, la preparación ante contingencia y la percepción que la población tiene sobre sus condiciones de riesgo.

El análisis sobre la percepción de riesgo resultó un elemento relevante, ya que influye de manera fundamental en la mitigación o en el aumento de la vulnerabilidad. En tanto que participa en la forma de comportamiento que las sociedades establecen frente a su condición de riesgo y por lo tanto en su respuesta (Bird 2009; Jiang et al. 2009).

La metodología para cuantificar la vulnerabilidad se compuso de siete fases: 1) Actualización georreferenciada de la traza urbana de la localidad; 2) Selección de variables que condicionan la vulnerabilidad y elaboración del instrumento de encuesta; 3) Cálculo de la muestra mínima estadísticamente significativa y selección aleatoria de viviendas; 4) Levantamiento de encuestas en campo; 5) Creación de bases de datos; 6) Análisis de datos

y ponderación de variables de acuerdo a su influencia en la vulnerabilidad y 7) Análisis espacial de la cuantificación de la vulnerabilidad.

## **II.1 ACTUALIZACIÓN DE LA TRAZA URBANA DE LA LOCALIDAD**

Al visitar la zona de estudio por primera vez (octubre de 2009) y pretender obtener un mapa base en la municipalidad, se observó que los mapas que tenían las autoridades municipales eran obsoletos e incompletos, por lo que se procedió a la actualización de la traza urbana. Para ello, se realizó una primera actualización a partir de las imágenes de satélite de Google y se llevo a cabo una segunda visita de campo en noviembre de 2009, con los mapas obtenidos en la red, se realizaron los recorridos para el levantamiento actual de las calles, y se rediseñó el mapa base de la localidad de Motozintla de Mendoza. A partir de esta base de datos, se realizó una actualización por medio de la identificación de puntos con aparatos de geo-posicionamiento satelital (GPS), con lo cual se obtuvo la cartografía georreferenciada de la localidad (Figura II.1).

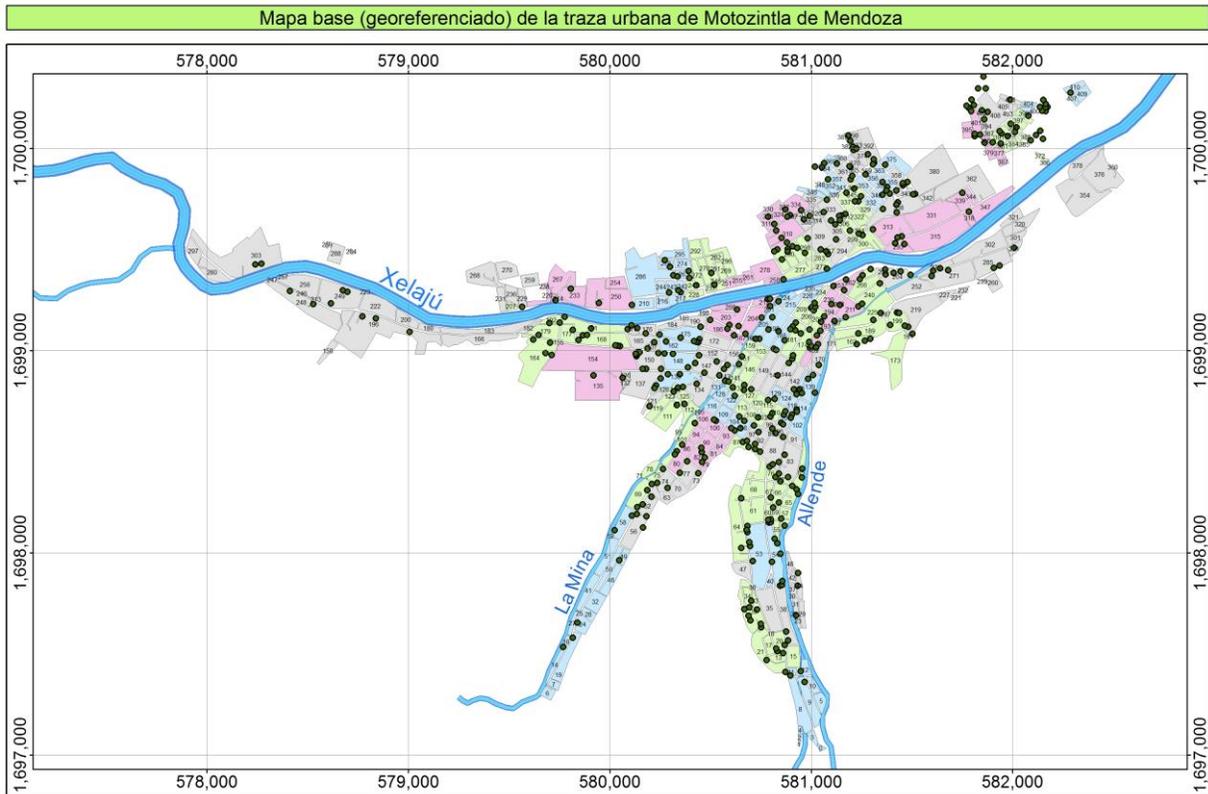


Figura II.1. Mapa base de Motozintla de Mendoza (georreferenciado). Los números corresponden a cada una de las 375 manzanas en el área de estudio y los colores a cada uno de los estratos que se determinaron para que la selección aleatoria de viviendas fuera representativa de todo el territorio de la localidad.

## II.2 ELECCIÓN DE VARIABLES PARA LA ENCUESTA

En la selección de variables es importante considerar que los indicadores no sean excesivos y guarden significancia, para que se logre valorar cuantitativamente la vulnerabilidad (Magaña 2012). Se observó que para la toma de datos sobre las características de la población, tanto de sus viviendas, como de los habitantes de las misma, así como de la percepción de riesgo de la población, resulta necesario el trabajo de campo, para lo cual un instrumento importante es la entrevista a partir del uso de cuestionarios básicos (Bird, 2009; Jacob et al. 2012). Para la elaboración del instrumento de encuesta final (Anexo 2), se determinaron cuatro tipos de vulnerabilidad: estructural, socio-

económica, institucional y percepción de riesgo. El instrumento final se constituyó por 51 reactivos, con tres tipos de preguntas (Tabla II.1).

Tabla II.1. Variables y formato que se incluyeron en la encuesta final (agrupados por tema).

<b>Total de reactivos</b>	<b>Formato</b>	<b>Tema</b>
3	Cerrado	Vulnerabilidad estructural
13	Cerrado	Vulnerabilidad social
3	Semiabierto	Vulnerabilidad económica
9	Semiabierto	Vulnerabilidad organizacional-institucional
4	Cerrado	Vulnerabilidad organizacional-institucional
18	De opinión	Percepción de riesgo
1	Cerrado	Percepción de riesgo

### II.3 MUESTRA MÍNIMA Y SELECCIÓN ALEATORIA DE VIVIENDAS

Aplicando la fórmula (2) para el establecimiento de la muestra mínima (Mendenhall, et al. 2003), y el universo de viviendas en la zona de estudio que se determinó en 5,000 viviendas, se obtuvo una muestra mínima de 386. A continuación se describen los elementos del cálculo de la muestra mínima:

$$n = \frac{Z^2(p+q)N}{(N-1)E^2 + Z^2(pq)} \quad (2)$$

Donde:

$Z$ = nivel de confianza

$p$ = variabilidad positiva

$q$ = variabilidad negativa

$N$ = tamaño de la población

$E$ = margen de error

$n$ = tamaño de la muestra

*Tamaño de la muestra.* Para calcular el tamaño de la muestra se tienen que tomar en cuenta tres factores:

- El porcentaje de confianza con el cual se quiere generalizar los datos desde la muestra hacia la población total.
- El porcentaje de error que se pretende aceptar al momento de hacer la generalización.
- El nivel de variabilidad que se calcula para comprobar la hipótesis.

*Porcentaje de confianza.* Es el porcentaje de seguridad que existe para generalizar los resultados obtenidos. Comúnmente se considera un porcentaje de confianza del 95%. En la siguiente tabla se muestran diferentes niveles de confianza de Mendenhall et al. (2003), (Tabla II.2).

Tabla II.2. Niveles de confianza para obtener la muestra mínima (Mendenhall, et. al. 2003).

<b>Nivel de confianza (%)</b>	<b>99.70</b>	<b>99</b>	<b>98</b>	<b>96</b>	<b>95.45</b>	<b>95</b>	<b>90%</b>	<b>80</b>	<b>68.27</b>	<b>50%</b>
<b>Z</b>	3	2.58	2.33	2.05	2	1.96	1.645	1.28	1	0.674
										5

*Porcentaje de error.* Equivale a elegir una probabilidad de aceptar una hipótesis que sea falsa como si fuera verdadera, o a la inversa: rechazar la hipótesis verdadera por considerarla falsa. Comúnmente se aceptan entre 4% y 6% como error, tomando en cuenta que no son complementarios la confianza y el error. En este caso se tomará un porcentaje de error del 5%.

*Variabilidad.* El porcentaje con que se aceptó tal hipótesis se denomina *variabilidad positiva* y se denota por  $p$ , y el porcentaje con el que se rechazó esa hipótesis es la *variabilidad negativa*, denotada por  $q$ .

Se debe considerar que  $p$  y  $q$  son complementarios, tal como se muestra en la ecuación (3) por lo que nuestra variabilidad positiva será del 95% y nuestra variabilidad negativa del 5%.

$$p + q = 1 \quad (3)$$

A pesar de que durante el trabajo de gabinete se obtuvo como tamaño de la muestra mínima 386 lotes para levantar la encuestas (Tabla II.3), a lo que se agregó un margen de 10% (dando un total de 425 encuestas). Sin embargo, se estableció como meta el levantamiento de 500 viviendas.

Tabla II.3. Valor de la muestra mínima para Motozintla de Mendoza a partir de la Fórmula 2 (Mendenhall et al. 2003).

Variable	Descripción de la variable	Valor de la variable
<b>Z</b>	Nivel de confianza	95%
<b>p</b>	Variabilidad positiva	.95
<b>q</b>	Variabilidad negativa	.05
<b>N</b>	Tamaño de la población	5000
<b>E</b>	Precisión o el error	5%
<b>n</b>	Tamaño de la muestra	386

Con base en estos datos y con la cartografía digitalizada, se realizó una tercera visita de campo a la zona de estudio con la finalidad específica de realizar un conteo de manzanas, lotes y viviendas que sirvieran para la conformación de una base de datos que permitiría realizar, a través del corrimiento de uno de los programas de Arc GIS 3.9 de elección aleatoria simple, la elección aleatoria y de mayor representatividad de las viviendas que se encuestarían en el trabajo de campo (Banning et al. 2012).

A partir del mapa base que se obtuvo para el levantamiento de encuestas, donde se ubicaron 375 manzanas y 5,600 lotes (Figura II.1), se aplicó el método de estratos, donde la muestra total es X y la muestra mínima es Y. Se consideraron 40 estratos a partir de su ubicación geográfica, considerando que cada estrato contara con 140 lotes, a cada uno se le asignaron 10 lotes para encuestar al momento de correr el programa de elección aleatoria. Con esta base, la información se incorporó al programa Arc GIS 3.9 que utiliza un método de elección aleatoria simple, donde cada uno de esos 10 lotes tiene la misma probabilidad de ser elegido.

En el mapa base se consideraron los 40 estratos o áreas geográficas divididos por colores, al interior de cada manzana se aprecia el número de manzanas, 375 en total y los puntos verdes (500) indican los lotes o viviendas que el programa de elección aleatoria simple que se corrió en Arc GIS 3.9 fueron designadas para realizar las entrevistas (Figura II.1).

#### **II.4 LEVANTAMIENTO DE ENCUESTAS Y CREACIÓN DE BASES DE DATOS**

En campo se entrevistaron 486 viviendas, sin embargo, de éstas se descartaron 42 por diversas razones (ilegibilidad, por estar repetidas, o por tener una ubicación errónea, es decir, en vez de vivienda eran lotes baldíos u otro tipo de predio). Por lo tanto, se contó con 444 encuestas finales para la base de datos sobre la vulnerabilidad y la percepción de riesgo. Con estos resultados se creó una base de datos en Excel. Posteriormente, se realizaron gráficas para cada una de las 30 variables, las cuales se presentan y discuten el capítulo IV.

## **II.5 SELECCIÓN DE VARIABLES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

A partir del modelo de árbol de decisiones se seleccionaron 25 variables inicialmente, considerando que para la valoración de la vulnerabilidad, cada una de ellas es un elemento fundamental que aumenta el nivel de vulnerabilidad (Anexo 3). Durante el proceso de análisis de los datos se observó que la ponderación de variables debería incorporar las mayor cantidad de datos que por su calidad de representación permitieran un mejor nivel de precisión en la cuantificación de la vulnerabilidad por lo que se procedió a una nueva selección en esta ocasión de 30 variables (Tabla II.4).

Tabla II.4. Elección de variables y asignación de niveles de vulnerabilidad de acuerdo al número de variables presentes.

Tipo de vulnerabilidad	Variables	Número de variables que determinan el nivel de vulnerabilidad
<b>Estructural</b>	Paredes de material distinto de tabique rojo (generalmente presentan paredes de block)	Muy bajo: 1
	Techo de lámina	Bajo: 2
	Un nivel de construcción	Moderado: 3
	Hasta dos habitaciones de construcción como máximo	Alto: 4
	Arquitectura desfavorable	Muy alto: 5
	<b>Socio-económica</b>	Más de seis habitantes en la vivienda
Algún miembro de la familia mayor de 70 años		Bajo: 3 a 4
Algún miembro de la familia menor de 5 años		Moderado: 5 a 7
Algún miembro de la familia analfabeta		Alto: 8 a 9
Algún miembro de la familia con discapacidad		Muy alto: 10 o más
Sin servicio médico perteneciente al IMSS o al ISSSTE		
Sin radio ni televisión		
Sin teléfono fijo o móvil		
Con un ingreso menor a un salario mínimo por integrante		
Sin posibilidad de ahorrar		
Sin agua potable		
Sin energía eléctrica		

---

<b>Organizacional- institucional</b>	Falta de un Plan de Contingencias	Muy bajo: 1
	Falta de organización vecinal	Bajo: 2
	Falta de apoyo gubernamental en caso de inundación	Moderado: 3
	Falta de conocimiento de las rutas de evacuación	Alto: 4
	Falta de conocimiento de los refugios institucionales	Muy alto: 5
<b>Desfavorable percepción de riesgo</b>	Los fenómenos naturales suelen convertirse en desastres	Muy bajo: 1
	Los desastres no se pueden evitar	Bajo: 2
	Los desastres suelen ser castigo divino	Moderado: 3 a 5
	No se manifiesta interesado en los planes de prevención	Alto: 6
	No confía en los miembros de su comunidad	Muy alto: 7
	No suele seguir las instrucciones de Protección Civil	
	No se manifiesta dispuesto a ser reubicado a pesar del riesgo al que se encuentra expuesto	
<b>Global</b>	Muy bajo: 1 a 6	
	Bajo: 7 a 12	
	Moderado: 13 a 18	
	Alto: 19 a 24	
	Muy alto: 25 a 30	

---

## **II.6 ANÁLISIS ESPACIAL**

A partir de los cuatro grupos de vulnerabilidad analizados (estructural, socio-económica, organizacional-institucional y percepción del riesgo), se llevó a cabo la representación cartográfica de la distribución espacial. Finalmente, se identificó la vulnerabilidad global, considerando la sumatoria de todos los grupos.

A partir de esta identificación de la vulnerabilidad se elaboraron grupos de mapas para cada tipo de vulnerabilidad con diferentes criterios espaciales que permitieran identificar la distribución de la vulnerabilidad en la localidad, tanto por grupo de vulnerabilidades, como por vulnerabilidad global. Los niveles de vulnerabilidad se establecieron a partir de criterios ponderados que permitieran identificar los elementos que son de mayor o menor peso en el aumento de la vulnerabilidad y en el número de variables que se consideraron para el levantamiento de datos.

Estos mapas se generaron en tres etapas: a) puntuales, por vivienda encuestada; b) por áreas, a partir de la interpolación de datos y c) por manzanas, estableciendo niveles de vulnerabilidad administrativamente. Se observó que este último análisis espacial de la vulnerabilidad resultó el más adecuado para el manejo y gestión del riesgo.

### **II.6.1 Representación cartográfica puntual (por vivienda encuestada)**

En estos mapas podemos ubicar cada una de las viviendas encuestadas y conocer sus características de vulnerabilidad. Esto nos permite identificar las viviendas con un mayor número de variables desfavorables y que por lo tanto presentan un nivel mayor de vulnerabilidad. En la Figura II.2 se aprecia la ubicación de las viviendas en las que se levantó una encuesta. Cada vivienda encuestada está asociada al punto georreferenciado que se incorporó al momento de la entrevista a partir de un GPS.

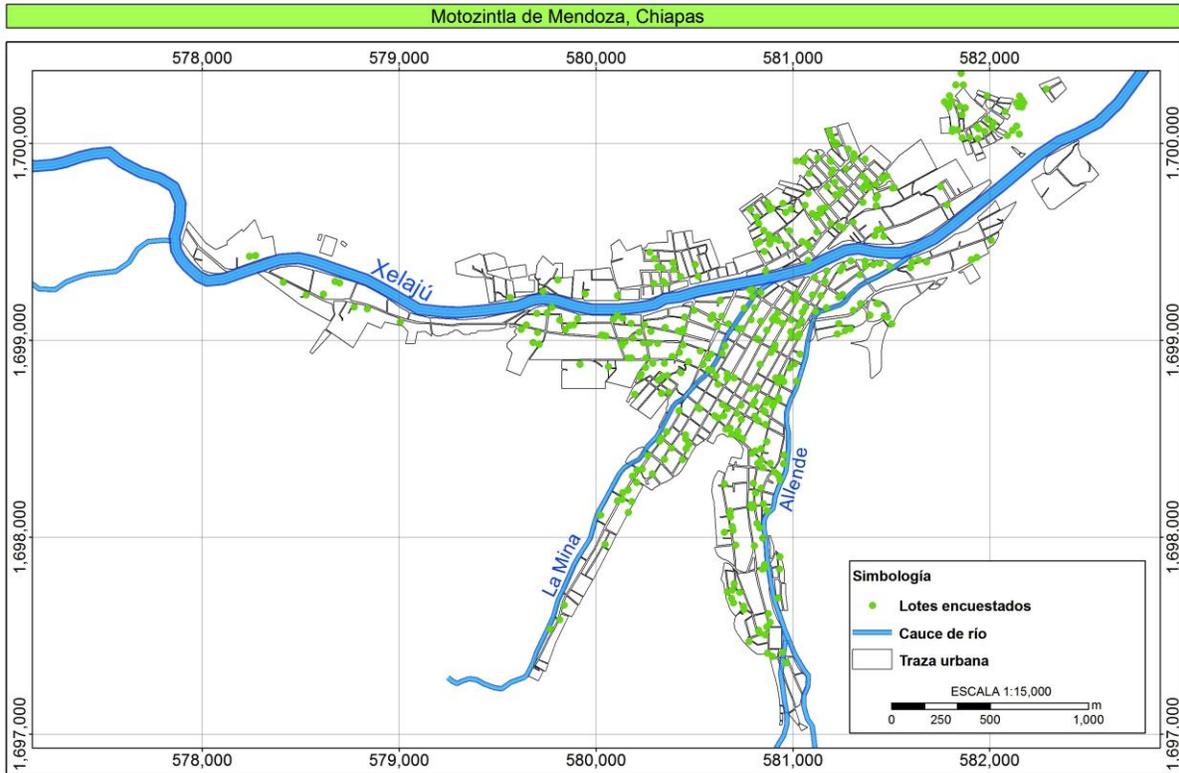


Figura II.2. Mapa de la ubicación de las viviendas encuestadas en Motozintla de Mendoza, Chiapas.

En la Figura II.3 se ubican las viviendas en Motozintla que fueron encuestadas y que presentan dentro de sus características estructurales, construcción con techo de lámina. En este caso, es importante señalar que la mayoría de estas viviendas son construcciones recientes en comparación con las casas construidas en el centro de la localidad. Podemos apreciar que se ubican hacia las partes periféricas al centro (que se constituye de unas cuantas manzanas).

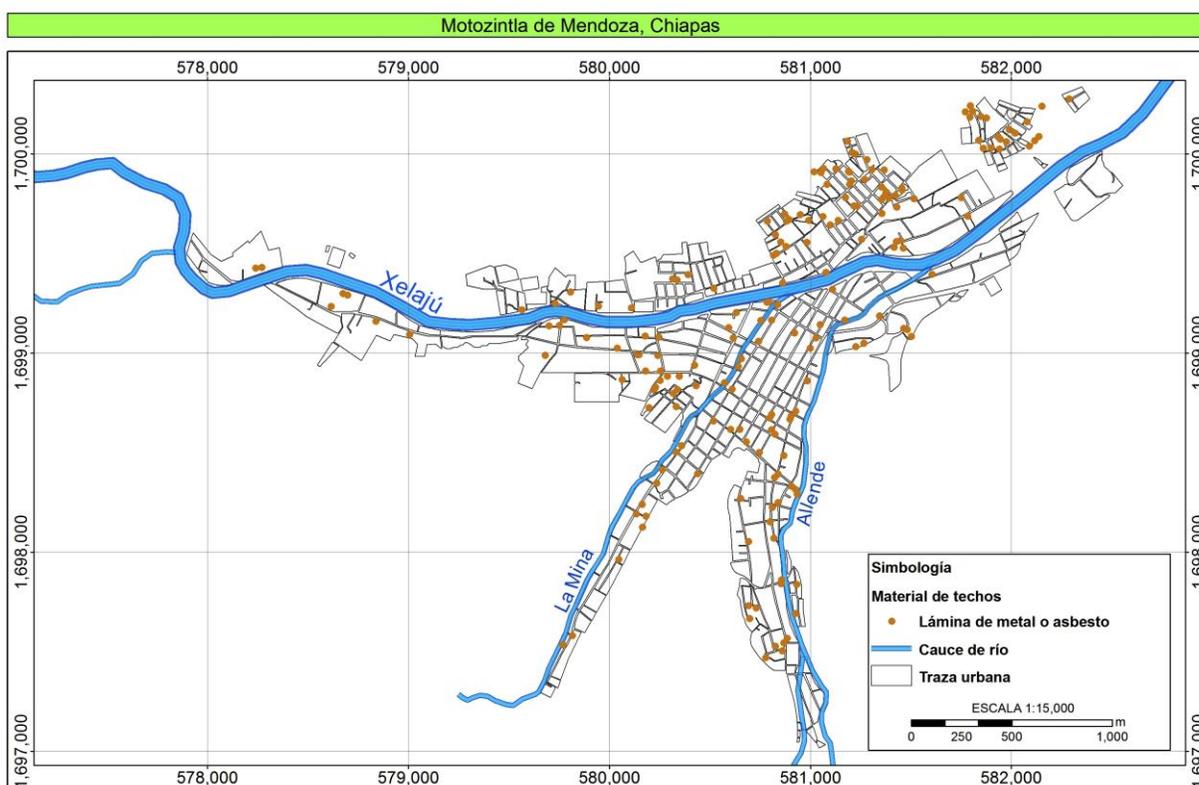


Figura II.3. Mapa de viviendas con techo de lámina en la localidad de Motozintla de Mendoza.

Para la valoración de las características de vulnerabilidad estructural, en una primera instancia se consideraron cuatro elementos fundamentales: 1) que sus paredes no fueran de tabique; 2) que el techo fuera de un material distinto de losa; 3) que el número de habitaciones total en la casa fuera de dos y 4) que solamente tuviera un nivel de

construcción. Finalmente se agregó otra variable: 5) que la vivienda presentara una arquitectura desfavorable. Se consideró que estos elementos son fundamentales para que una vivienda resista en mayor medida un evento de inundación. La Figura II.4 indica que las viviendas que presentan mayor vulnerabilidad se ubican, precisamente al norte del río Xelajú Grande.

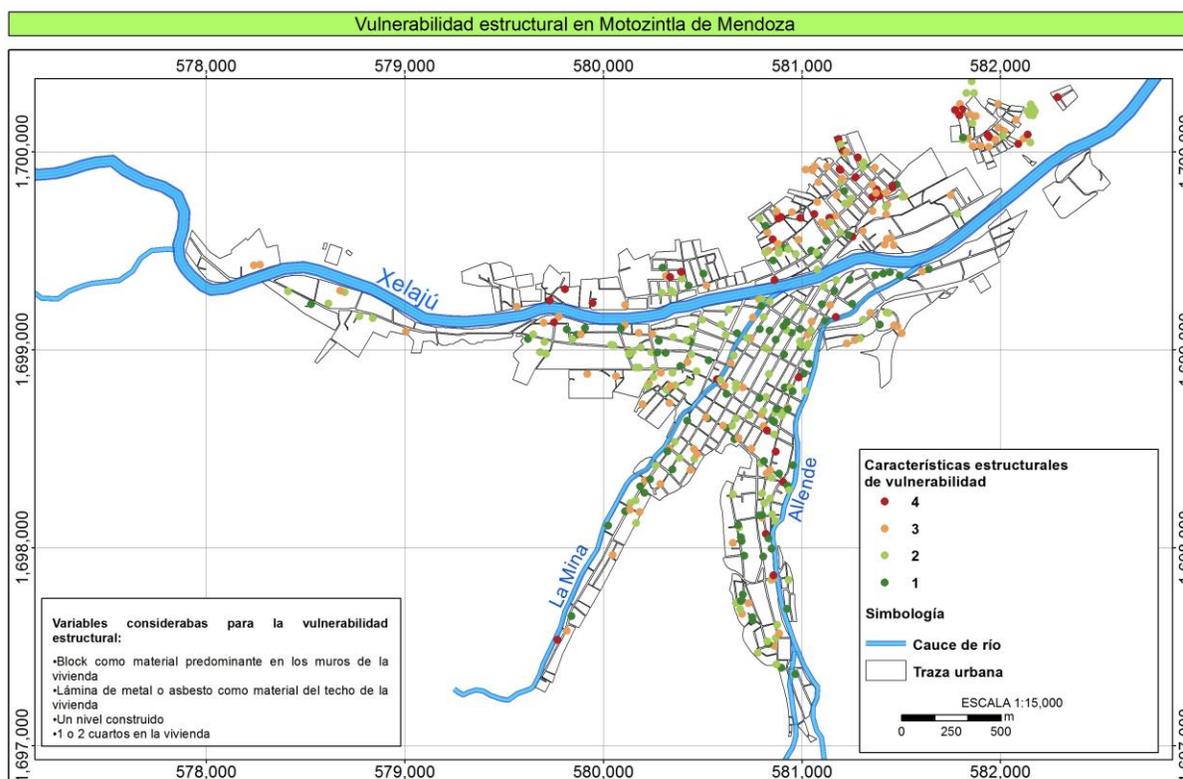


Figura II.4. Mapa de viviendas en condiciones de vulnerabilidad estructural en la localidad de Motozintla de Mendoza.

En cuanto a los servicios domiciliarios, podemos apreciar que difícilmente las viviendas carecen de los tres servicios domiciliarios considerados (agua potable conectada a la red, drenaje y alumbrado público), por lo que un número limitado de viviendas presentan alta

vulnerabilidad por falta de servicios domiciliarios (Figura II.5) en comparación con las viviendas que presentan alta vulnerabilidad estructural (Figura II.4).

Para la vulnerabilidad socio-económica inicialmente se tomaron en cuenta 10 parámetros (Tabla II.4; Figura II.6). Sin embargo, posteriormente se consideró que los servicios domiciliarios deberían estar contenidos en las características socio-económicas de la población. En cuanto a la preparación que la población tiene ante una contingencia, en este caso, una inundación similar a las que han enfrentado, tanto en 1998 como en 2005, la gran mayoría de las viviendas no cuentan con un plan de emergencia, ni institucional, ni vecinal (Figura II.7).

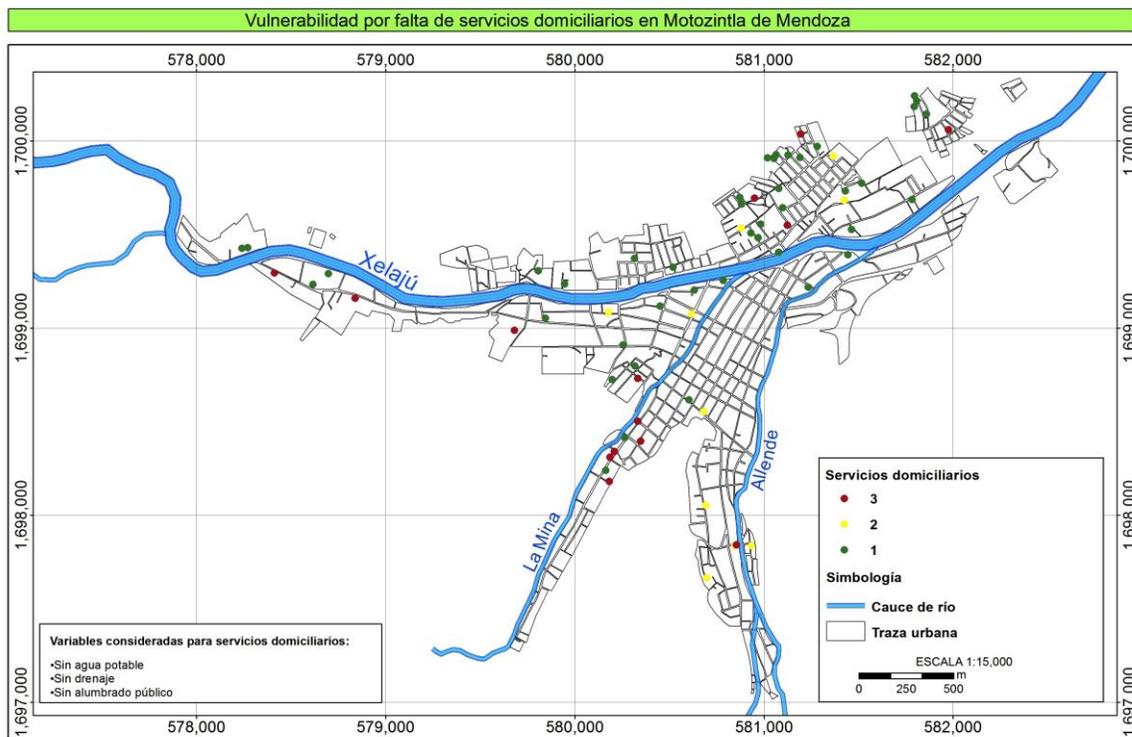


Figura II.5 Mapa de viviendas con vulnerabilidad por falta de servicios domiciliarios en la localidad de Motozintla de Mendoza.

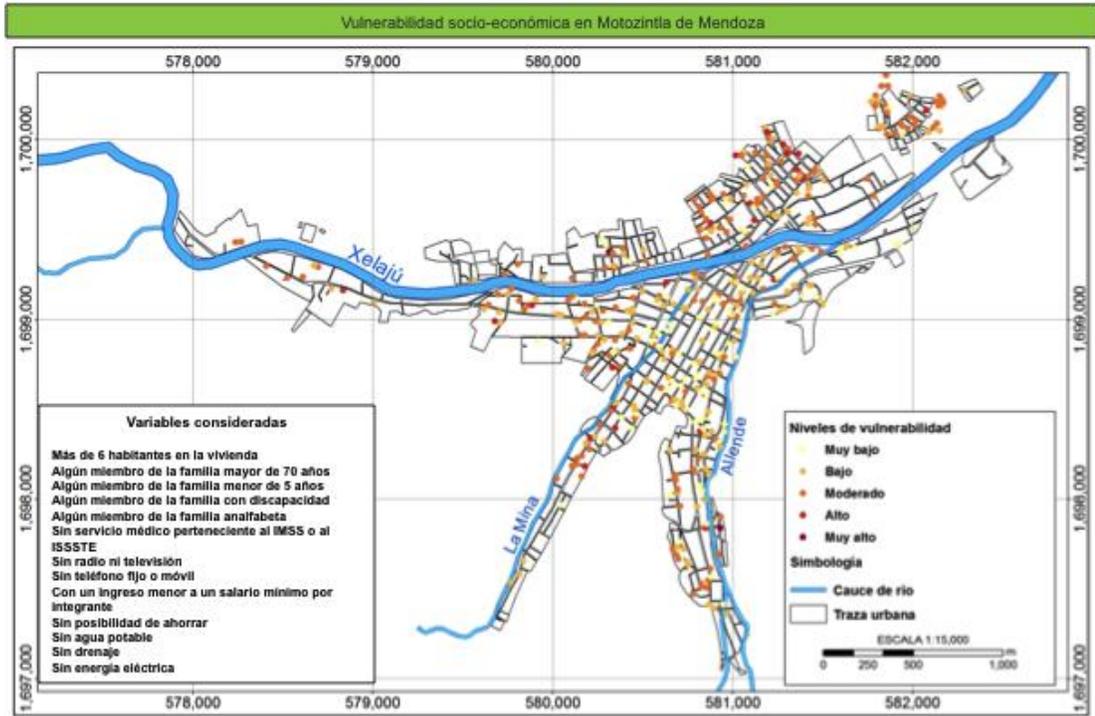


Figura II.6 Mapa de viviendas con vulnerabilidad socio-económica en la localidad de Motozintla de Mendoza.

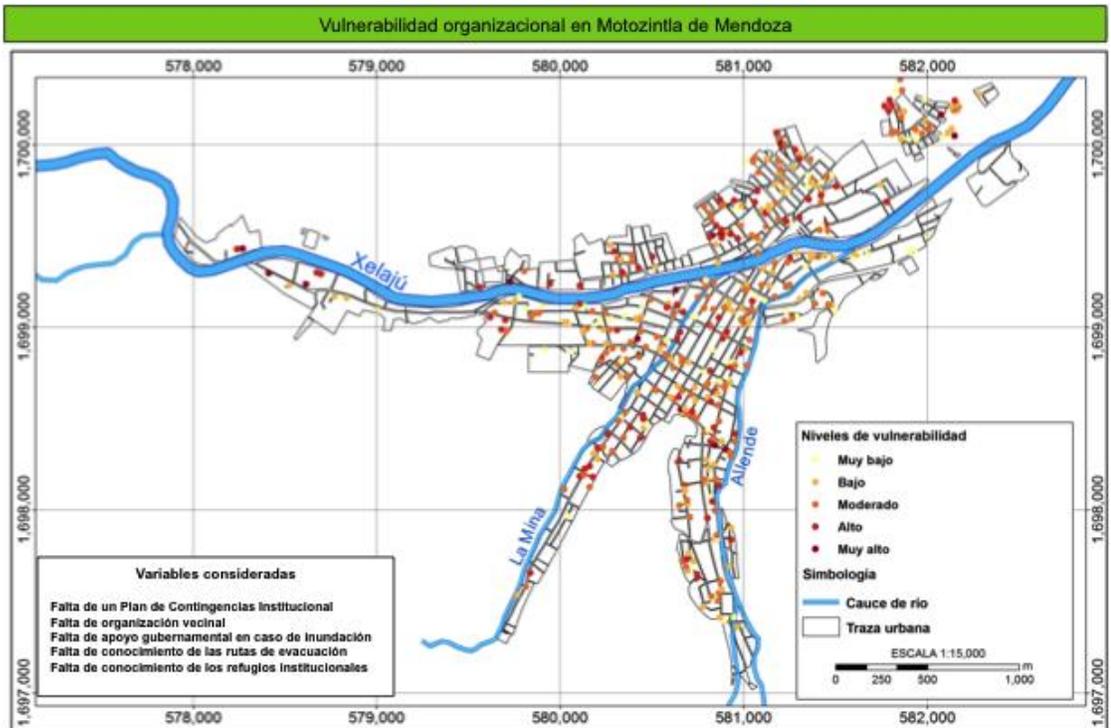


Figura II.7 Mapa de viviendas con vulnerabilidad organizacional en la localidad de Motozintla de Mendoza.

En el caso de la percepción de la población ante su riesgo asociado a inundaciones, la vulnerabilidad se distribuye de manera diferente. En general, la mayor parte de la población aparece entre los niveles que abarcan tres a cinco elementos de vulnerabilidad asociados a su inadecuada percepción del riesgo. Este fenómeno se relaciona fundamentalmente con la consideración que las personas tienen de que los desastres no se pueden evitar, que los fenómenos naturales casi siempre se convierten en un desastre y, por lo tanto, que preocuparse por conocer los planes de emergencia en caso de una contingencia es relativamente irrelevante (Figura II.8).

La Figura II.9 muestra el resultado del ejercicio de incorporar las 25 variables consideradas inicialmente. En este mapa la distribución espacial de la vulnerabilidad cambia nuevamente, sin embargo, el centro de la localidad recupera su condición de menor vulnerabilidad que prevalece cuando se analiza la vulnerabilidad socioeconómica (Figura II.6). Los niveles de vulnerabilidad se establecen a partir de formar grupos de cinco elementos desfavorables. Resulta interesante observar que a mayor número de elementos considerados, el resultado es más homogéneo, lo cual es de gran utilidad cuando se evalúa la vulnerabilidad a nivel municipal. Sin embargo, para efectos de la mitigación y prevención resulta de mayor utilidad el análisis más específico de la vulnerabilidad, tal como se generó en el esquema que establece distintos grupos de vulnerabilidades (Tabla II.4).

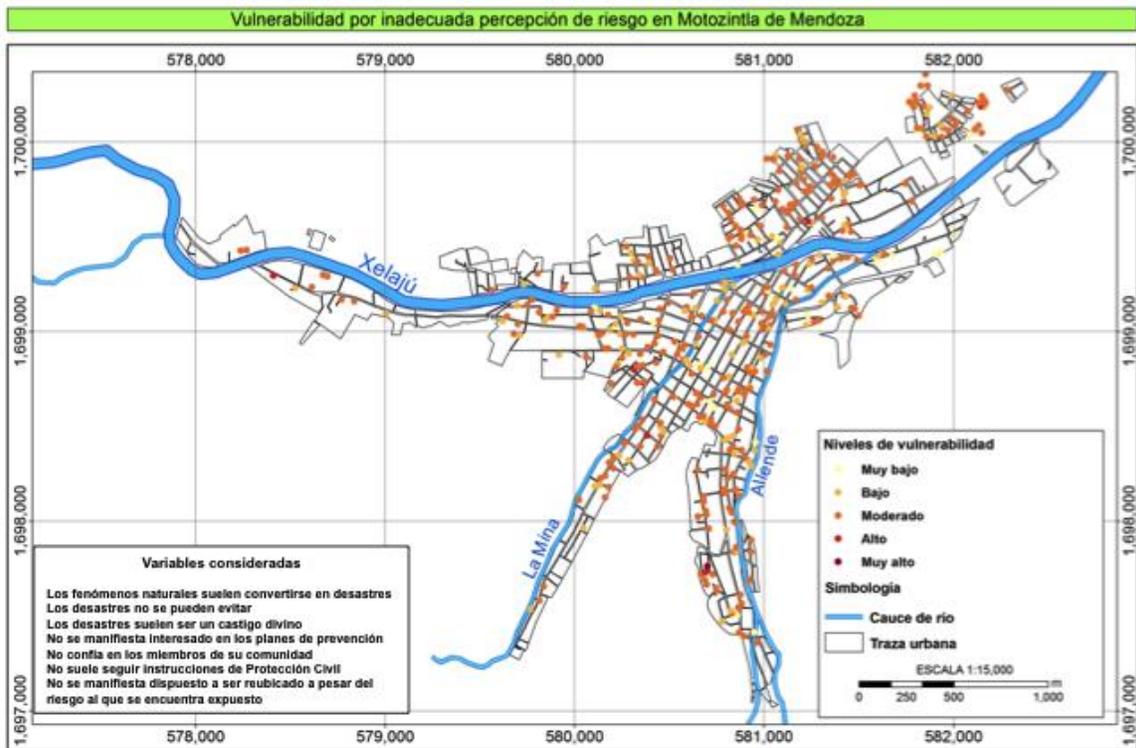


Figura II.8 Mapas de viviendas con vulnerabilidad por inadecuada percepción de riesgo.

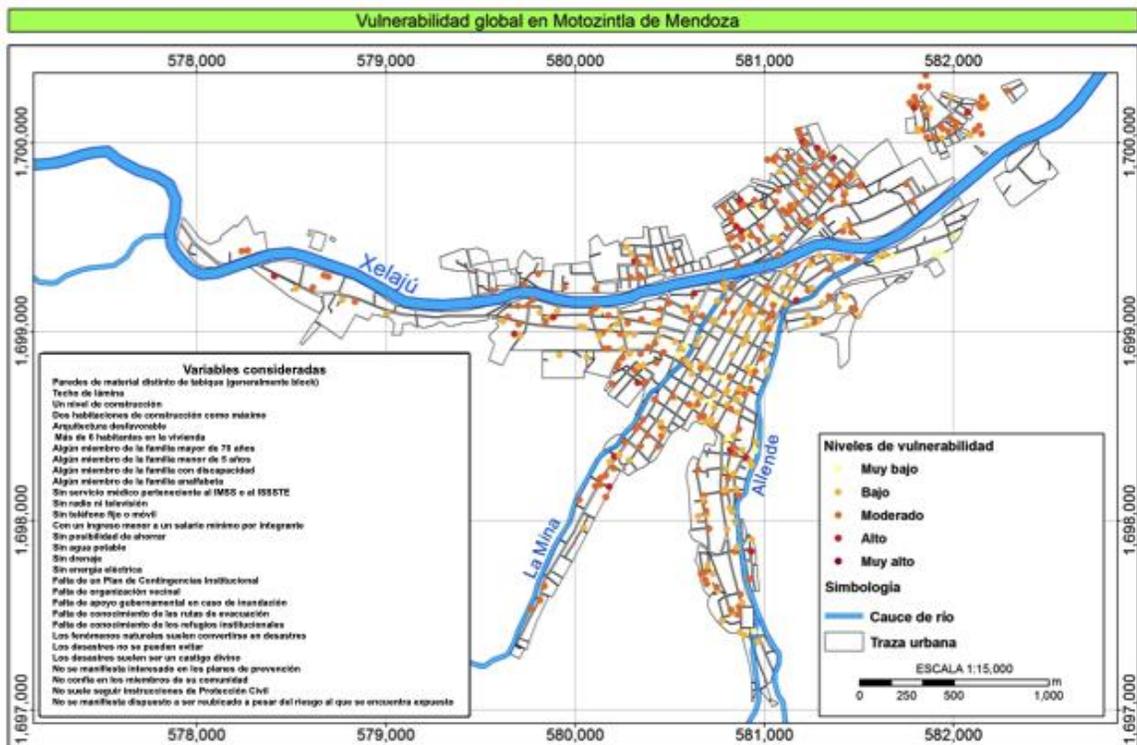


Figura II.9 Mapa de viviendas con vulnerabilidad global en Motozintla de Mendoza.

## II.6.2 Representación cartográfica por áreas a partir de la interpolación de datos

Para el análisis espacial de los resultados se utilizó el método de Interpolación de Distancia Inversa Ponderada IDW para generar áreas de vulnerabilidad. Este método es de gran versatilidad y precisión en el establecimiento de rangos en las condiciones que se analizan (Lahm 1983; Watson y Philip 1985; Philip y Watson 1986). El análisis de la zonificación de los diversos elementos de la vulnerabilidad indica que las condiciones estructurales de las viviendas presentan mayor vulnerabilidad conforme se aproximan a las periferias, especialmente hacia el norte y noreste de la localidad (Figura II.10).

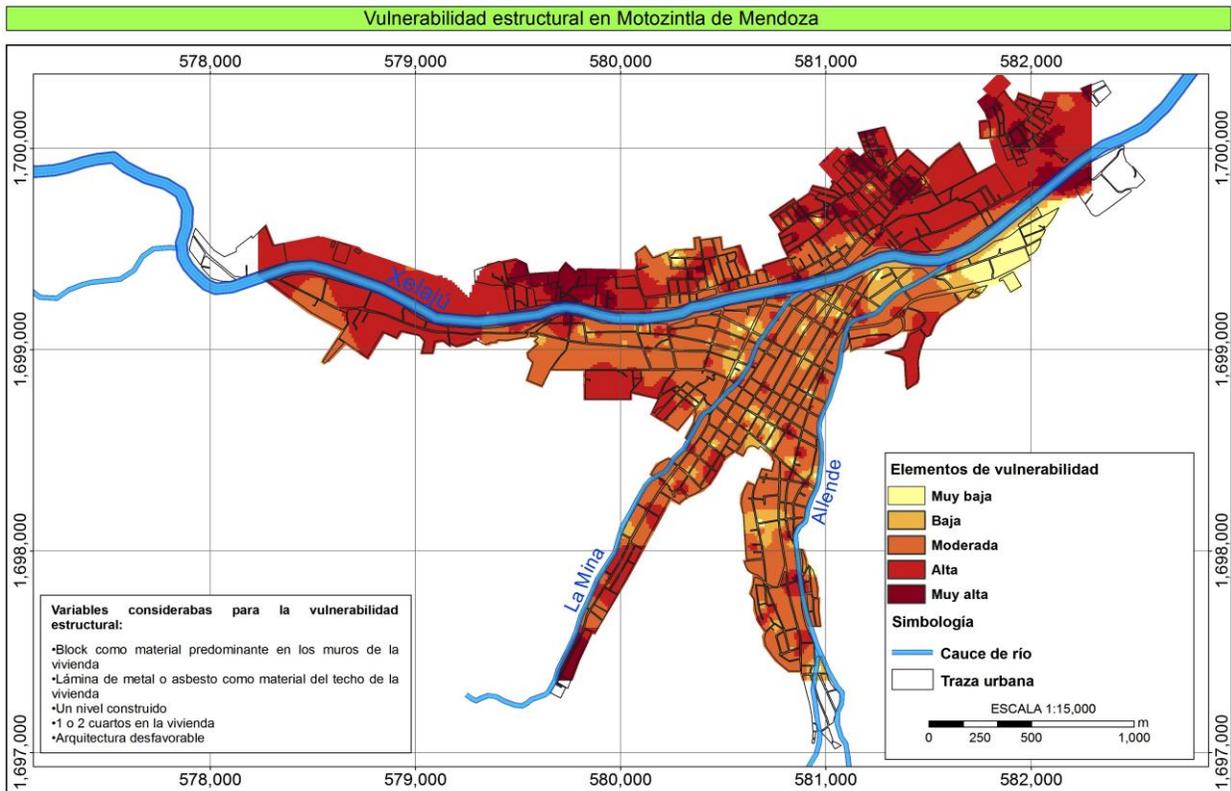


Figura II.10. Mapa de vulnerabilidad estructural por áreas interpoladas en Motozintla de Mendoza.

En cuanto a la configuración espacial que arroja el mapa de vulnerabilidad por falta de servicios domiciliarios (Figura II.11), al interpolar la información, obtenemos una gran área homogénea con solo un elemento de vulnerabilidad y algunas pequeñas zonas de dos variables en la porción noroeste (en asentamientos recientes y precarios) y algunos puntos con los tres elementos de vulnerabilidad.

En el caso de la vulnerabilidad socio-económica (Figura II.12), la distribución se muestra más diferenciada, se puede apreciar que una gran porción del territorio presenta entre 4 y 5 variables de vulnerabilidad, mientras que las áreas donde se ubican las viviendas con más variables desfavorables (entre 6 y 7) representan áreas más pequeñas y espaciadas. Una constante es la ubicación de áreas con mayor vulnerabilidad hacia las periferias de la localidad.

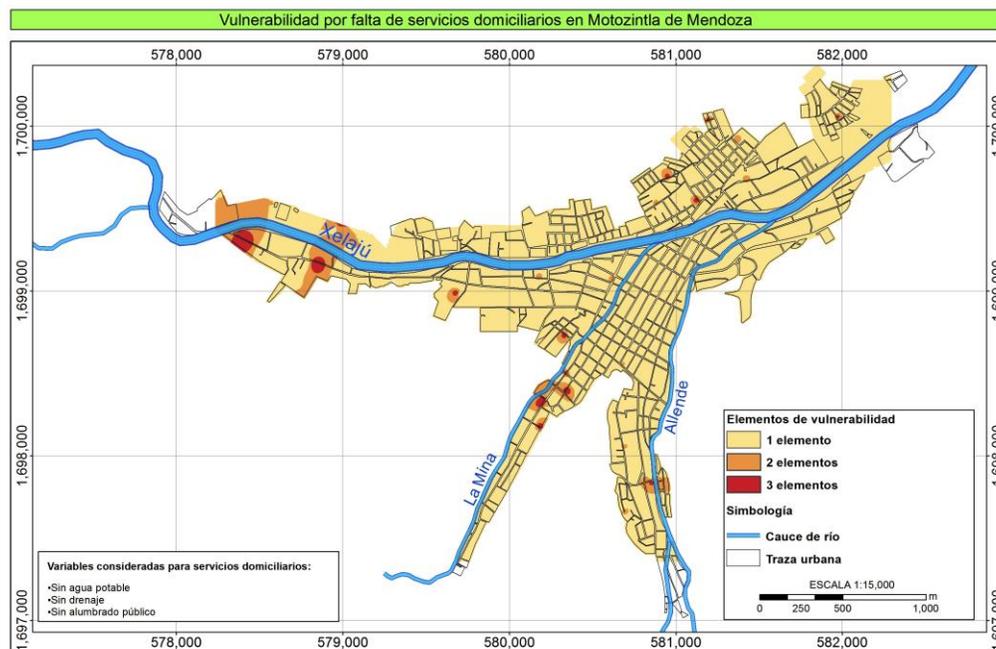


Figura II.11. Mapa de vulnerabilidad por falta de servicios domiciliarios por áreas interpoladas en Motozintla de Mendoza.

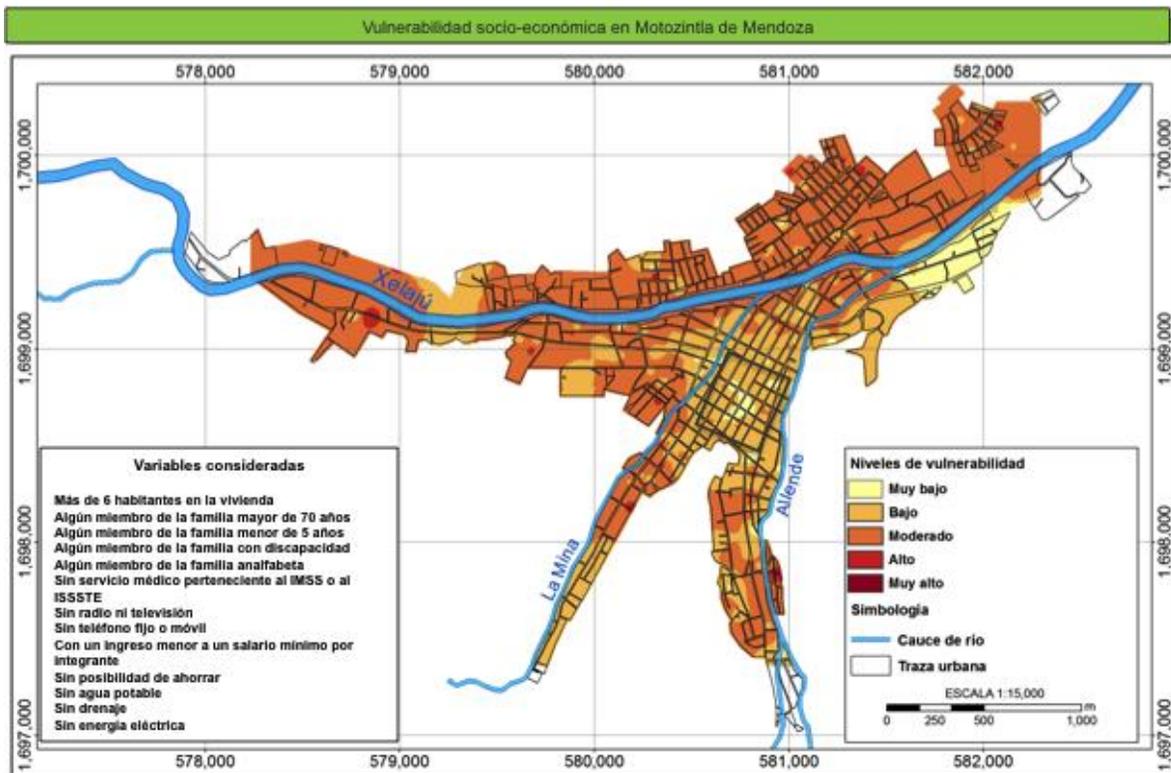


Figura II.12. Mapa de vulnerabilidad socio-económica por áreas interpoladas en Motozintla de Mendoza.

Al cartografiar las condiciones de vulnerabilidad organizacional-institucional (Figura II.13), se aprecia que las áreas generadas a partir del método de interpolación, en su mayoría presenta cuatro variables de vulnerabilidad y en algunas zonas, se aprecia el nivel más alto de vulnerabilidad. Esto se debe a que efectivamente, la mayoría de la población no conoce o no sabe en que consiste el plan municipal de contingencias, no tiene una estrategia vecinal de comunicación, y no conocen ni las rutas de evacuación ni los albergues temporales.

Al interpolar los datos sobre la percepción de riesgo de la población en Motozintla (Figura II.14), se aprecia que entre cuatro y cinco de estas variables aumentan la vulnerabilidad. Se observa una vulnerabilidad muy homogénea, de hecho el área con menor vulnerabilidad se debe a que ésta se encuentra sin asentamientos humanos. Por otra parte aparecen pequeñas

áreas con mayor vulnerabilidad que reflejan familias que presentan todas las variables de análisis que aumentan su vulnerabilidad. Estas áreas generalmente están asociadas a hogares con fuerte creencia religiosa. Como es usual en México, en cada localidad se tiene la iglesia de origen católico en la zona centro, pero en el caso de Motozintla, además, prácticamente cada barrio tiene su propia iglesia (la mayoría de ellas protestantes), durante el trabajo de campo se detectaron al menos ocho diferentes religiones.

La vulnerabilidad global que se generó a partir de la interpolación de datos, nos muestra a la mayor parte del territorio de Motozintla con condiciones que van de 10 a 15 variables de vulnerabilidad, la porción central con un intervalo entre 5 y 10 variables y algunos pequeños puntos dispersos y espaciados que presentan el nivel más alto y que van de 15 a 20 elementos. Cabe señalar que no se registraron viviendas con más de 20 variables de vulnerabilidad por lo que el intervalo mayor se estableció entre 15 y 20. Por otra parte se destaca una zona localizada al este de la localidad que se ubica en el intervalo de 0 a 5 y que corresponde a varios lotes que se encuentran sin viviendas (Figura II.15).

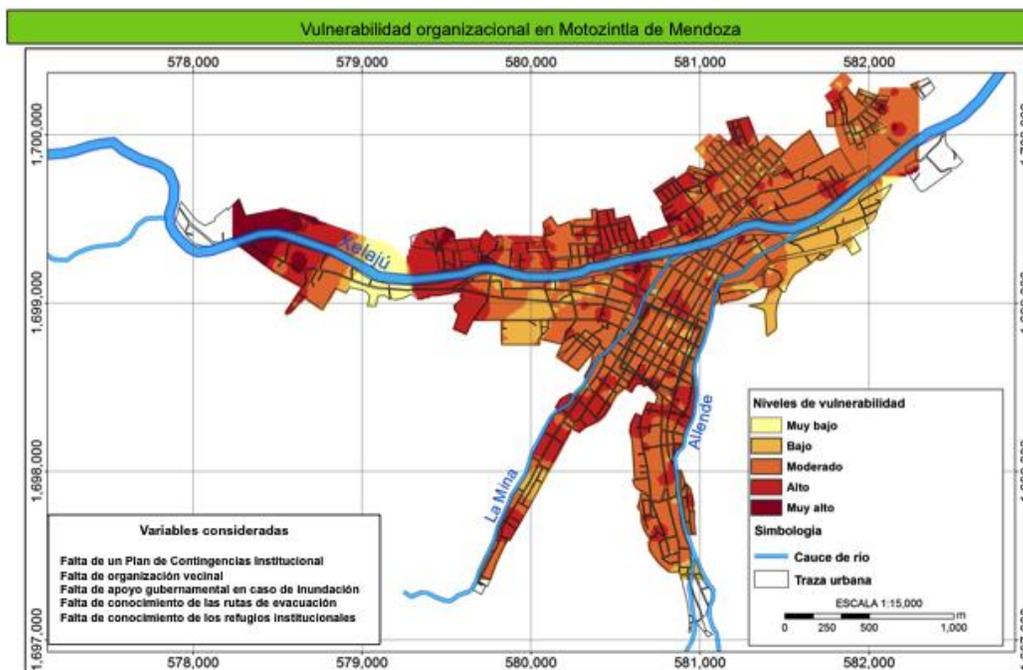


Figura II.13. Mapa de vulnerabilidad organizacional por áreas interpoladas en Motozintla de Mendoza.

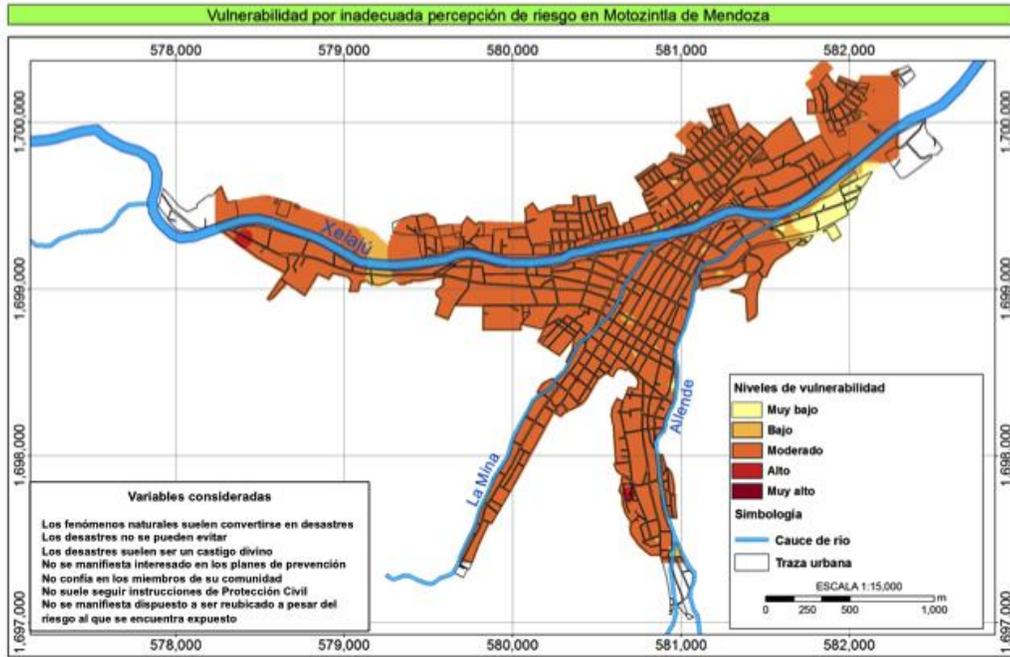


Figura II.14. Mapa de vulnerabilidad asociada a inadecuada percepción de riesgo por áreas interpoladas en Motozintla de Mendoza.

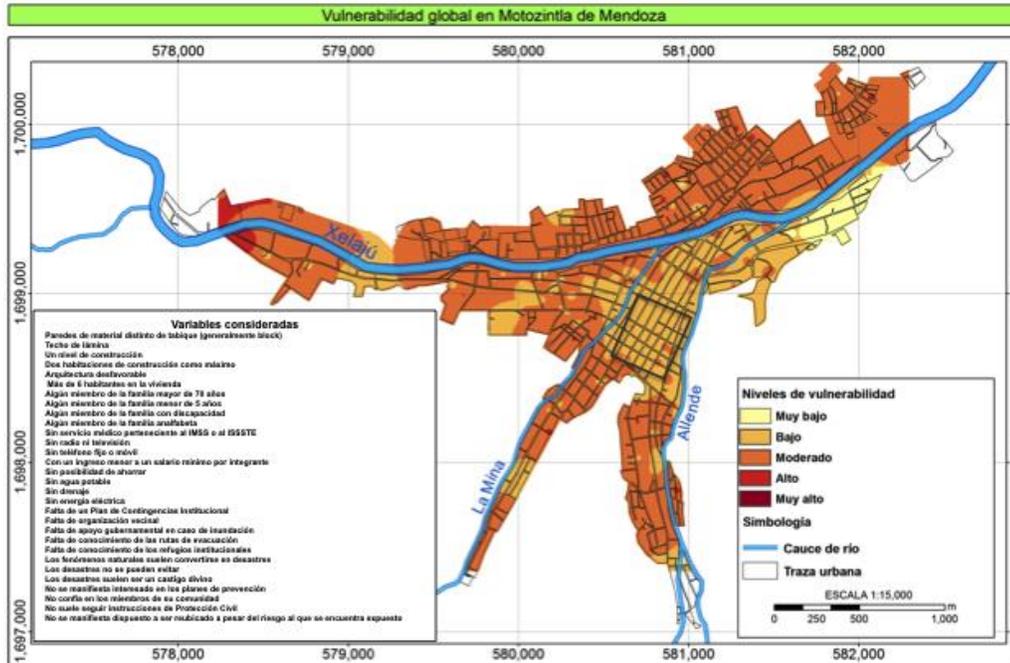


Figura II.15. Mapa de vulnerabilidad global por áreas interpoladas en Motozintla de Mendoza.

### **II.6.3 Representación cartográfica por manzana a partir de la ponderación de niveles de vulnerabilidad**

Con el propósito de establecer de manera más precisa la cuantificación de la vulnerabilidad, así como para favorecer el análisis espacial, se optó por incorporar la ponderación de variables de vulnerabilidad por manzana. En cuanto a la cuantificación de la vulnerabilidad se establecieron diferentes niveles de vulnerabilidad que agruparan los distintos elementos considerados. Se incorporaron cinco variables adicionales, por considerarlas relevantes. Así, se cuantificó la vulnerabilidad con un total de 30 variables (Tabla II.4). Para una mejor representación cartográfica se optó por considerar el promedio de los valores por área interpolada para ajustarlo a la traza urbana. Los resultados que se muestran en estos mapas resultan de mayor precisión, lo cual favorecer la gestión de riesgo, tanto para la implementación de medidas de prevención y mitigación, como para la atención de la emergencia.

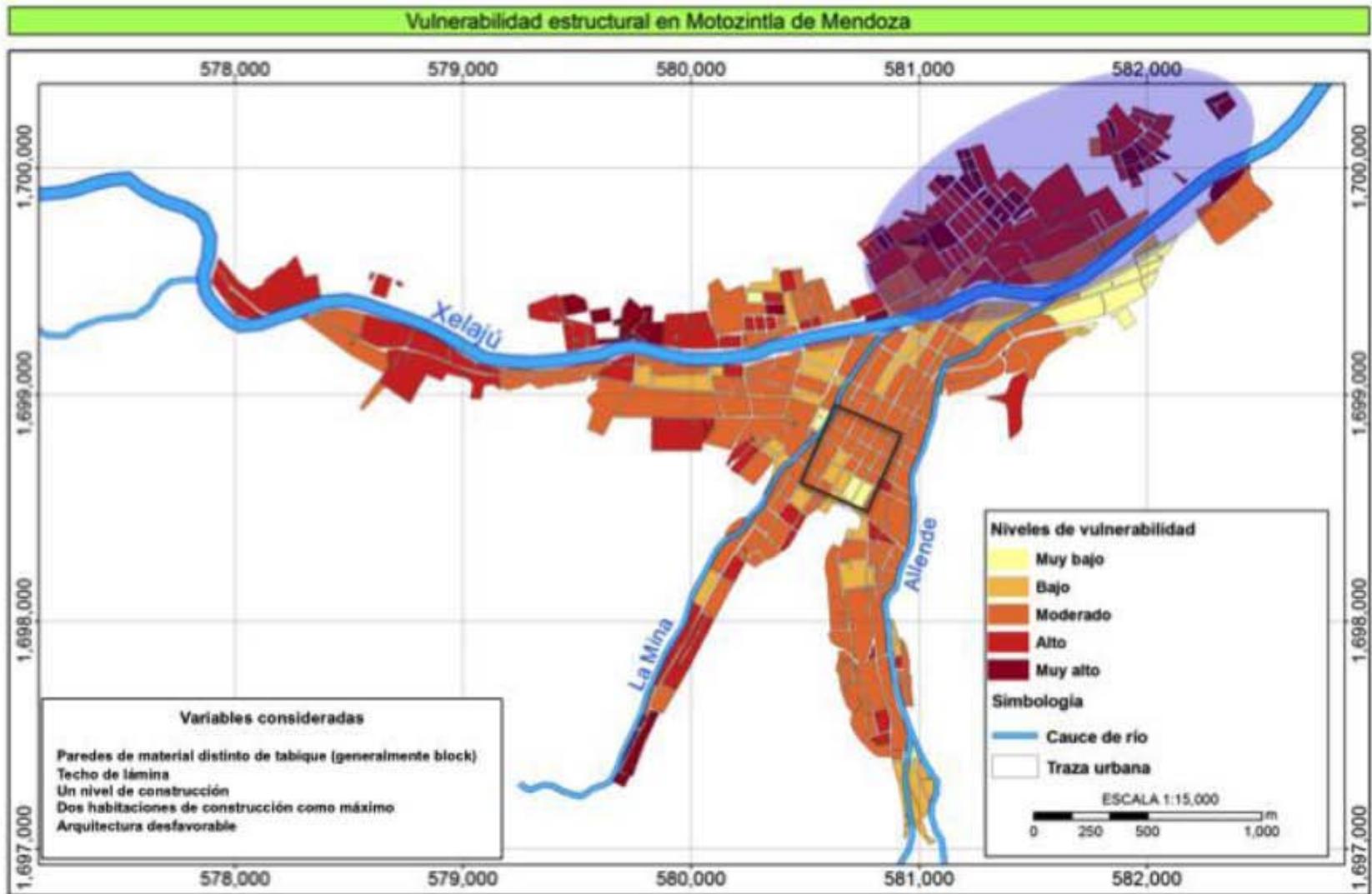
En los mapas que resultan de esta ponderación de niveles de vulnerabilidad podemos apreciar con mayor claridad las áreas de vulnerabilidad en el territorio de la localidad. Por ejemplo, en el mapa de vulnerabilidad estructural (Figura II.16) se pueden observar con mayor detalle las manzanas con mayor nivel de vulnerabilidad. Especialmente en la zona noroeste se identifica un área mucho mayor en el mapa de vulnerabilidad estructural interpolada (Figura II.10). Con el proceso de ponderación de variables y el ajuste espacial de manzanas se puede observar que la zona no es tan extensa y que hacia el norte del río Xelajú Grande no existen viviendas, por lo tanto no correspondía con el nivel de vulnerabilidad establecido con anterioridad.

La vulnerabilidad socio-económica (Figura II.17) se distingue con mayor claridad y mucho más diferenciada que en la Figura II.12. Se observa un nivel más generalizado de la vulnerabilidad media en todo el territorio y se aprecian áreas de alta vulnerabilidad en la porción noreste de la localidad.

La vulnerabilidad organizacional-institucional (Figura II.18) se comporta de forma similar al mapa de la Figura II.13, sólo que en este caso sí es factible diferenciar que las áreas de menor vulnerabilidad se ubican en las zonas de poca o población o sin asentamientos humanos.

Respecto a la vulnerabilidad por inadecuada percepción de riesgo (Figura II.19) se observan las diferentes áreas mucho más claramente que en el mapa de la Figura II.14 y se aprecian las áreas del centro como de media vulnerabilidad y como de alta vulnerabilidad en la mayor parte del territorio de la localidad. Cabe señalar que las zonas que se ubican en los extremos de Motozintla suelen ser de nueva creación y en este caso también presentan alta vulnerabilidad por percepción de riesgo inadecuada.

La vulnerabilidad global muestra también mayor diferenciación en los niveles de vulnerabilidad y por lo tanto en la identificación más clara de las áreas de mayor y menor vulnerabilidad en la localidad, lo que permite un manejo más adecuado de la información ya sea para prevenir, mitigar o atender en caso de contingencia (Figura II.20). La mayor parte del territorio se representa como de media vulnerabilidad en la zona centro y como de alta vulnerabilidad en el resto del territorio.



**Figura II.16 Mapa de Vulnerabilidad Estructural.**

Vulnerabilidad socio-económica en Motozintla de Mendoza

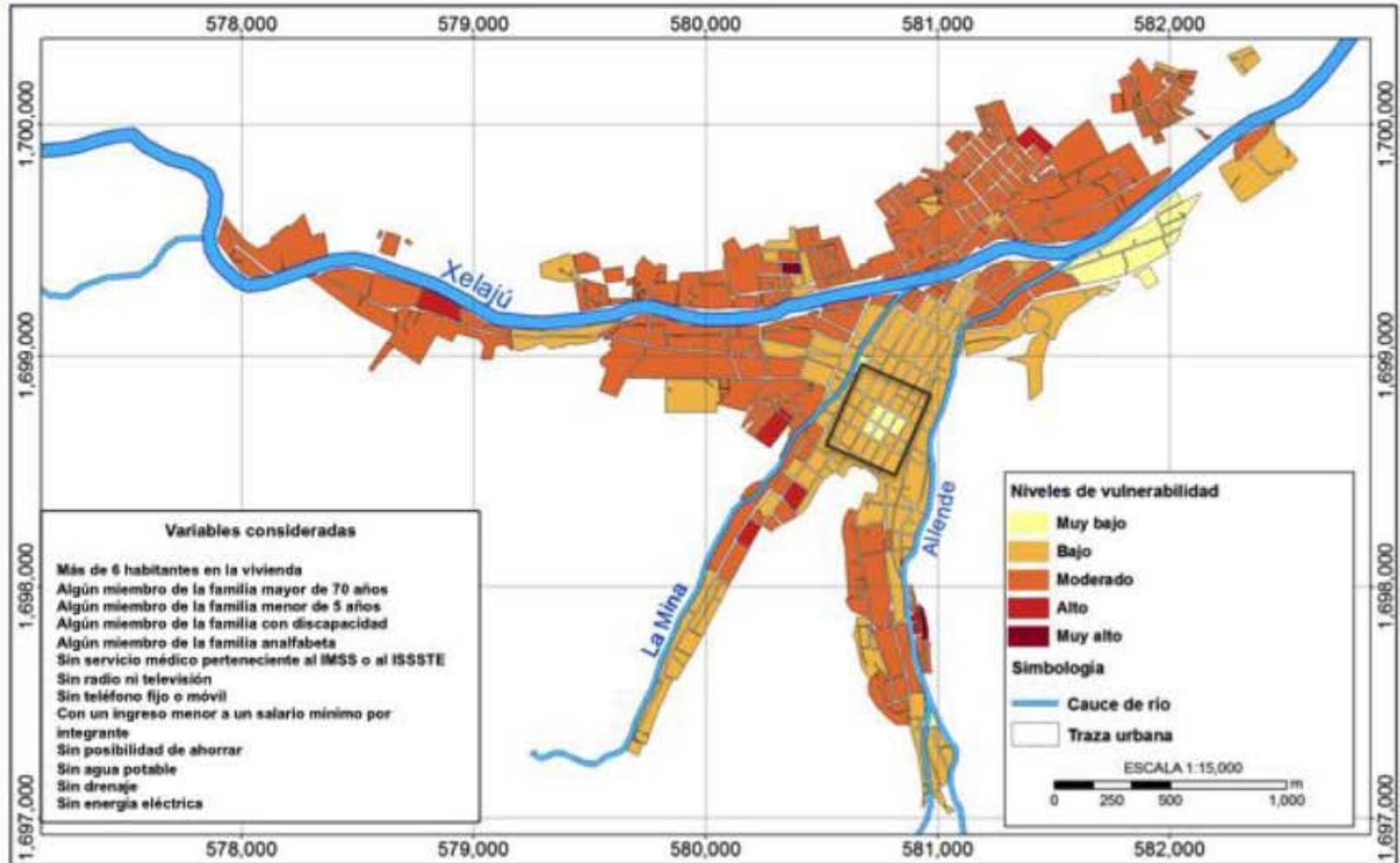
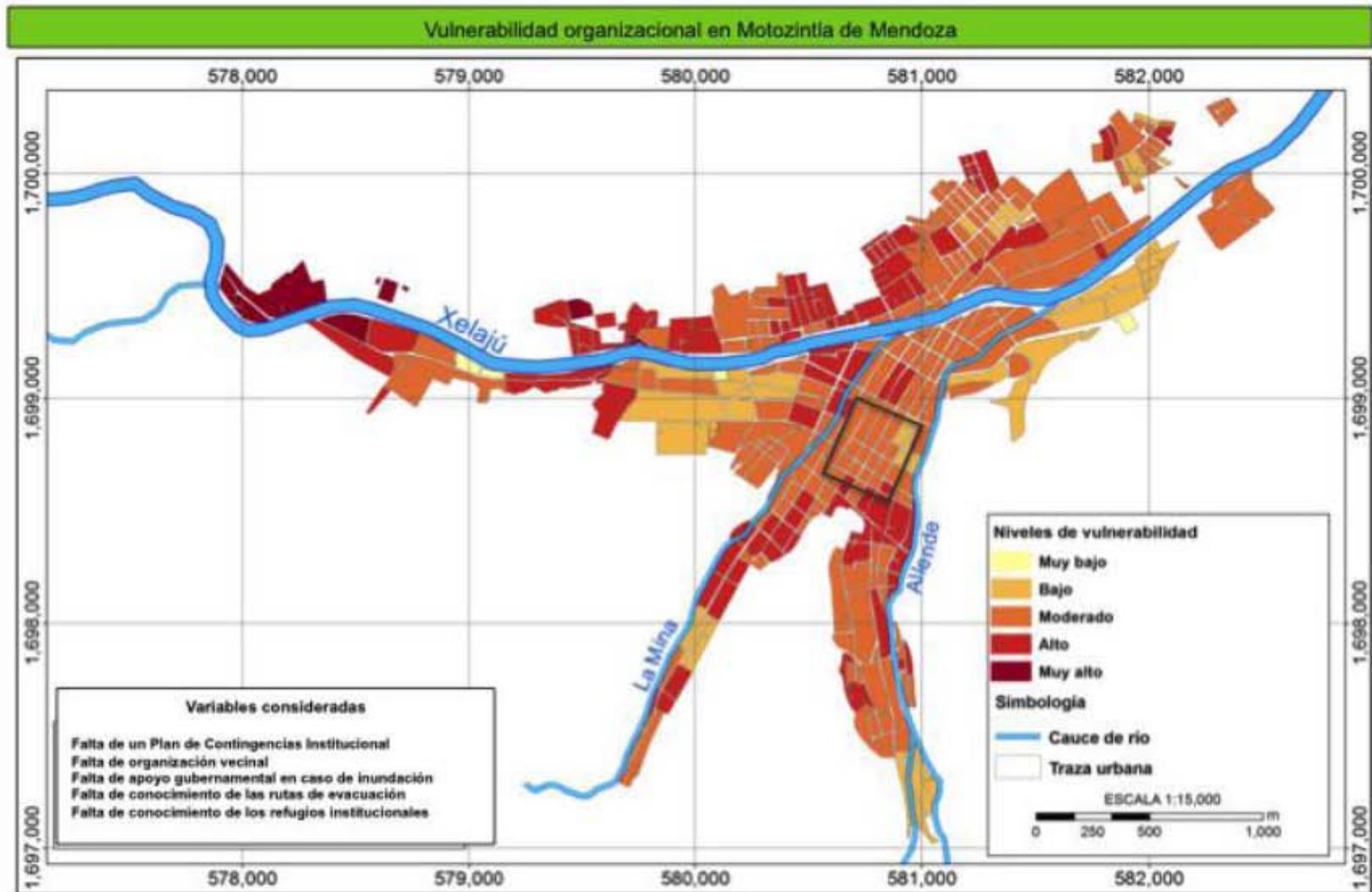


Figura II.17 Mapa de Vulnerabilidad Socio-económica.



**Figura II.18 Mapa de Vulnerabilidad Organizacional (población-instituciones).**

Vulnerabilidad por inadecuada percepción de riesgo en Motozintla de Mendoza

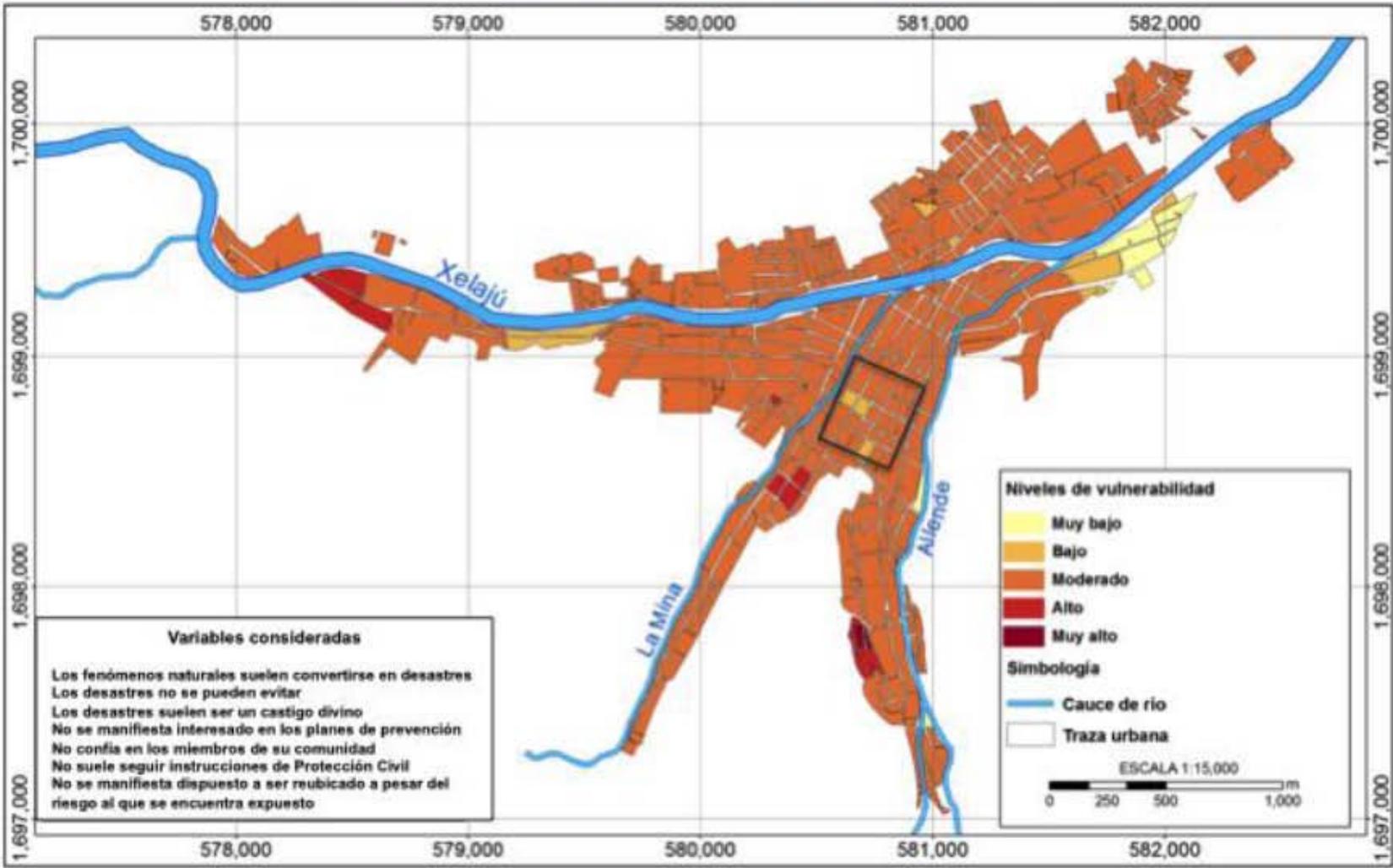


Figura II.19 Mapa de Vulnerabilidad asociada a Percepción de Riesgo.

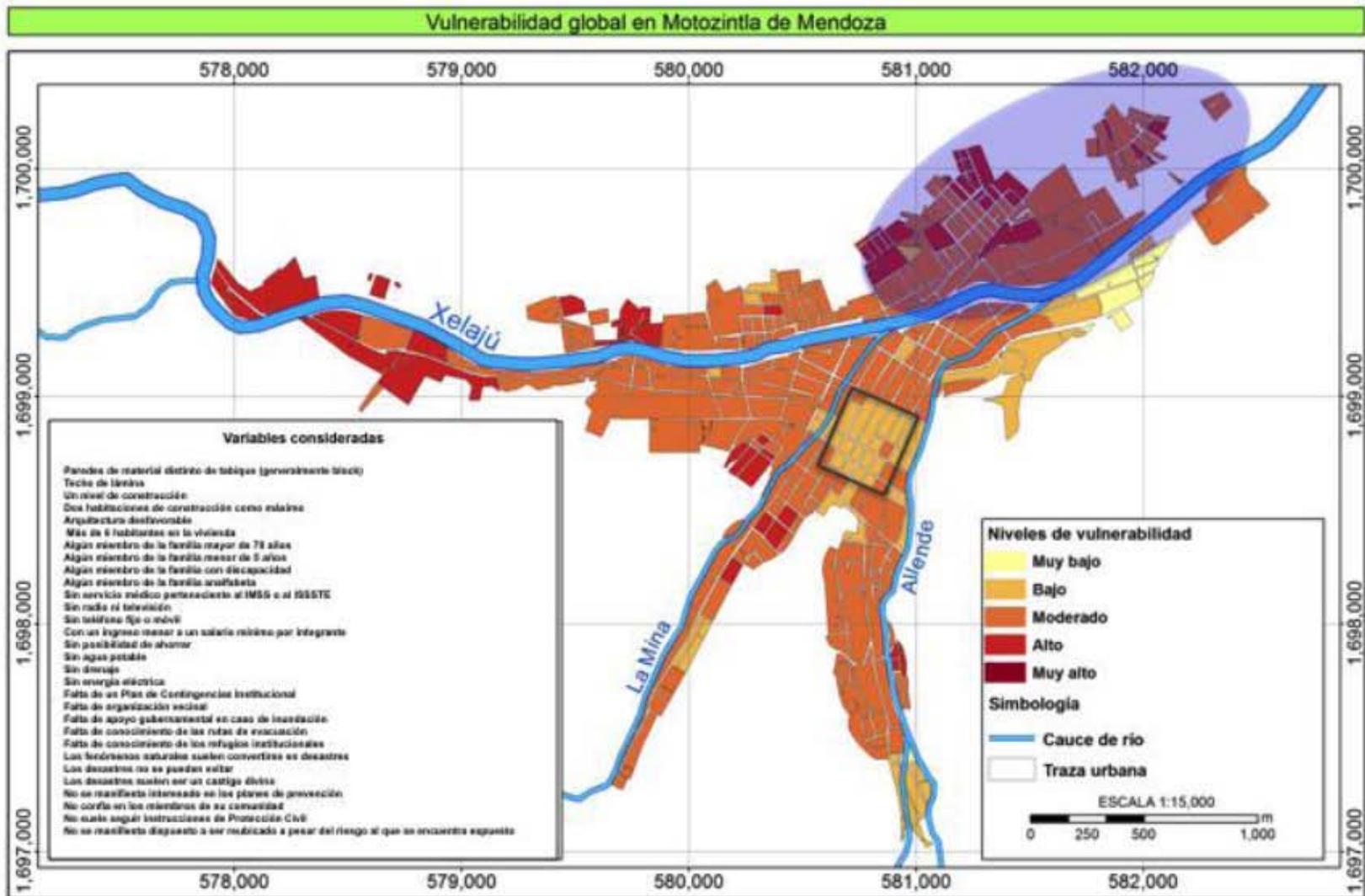


Figura II.20 Mapa de Vulnerabilidad Global.

## CAPÍTULO III

### RIESGO ASOCIADO AL PELIGRO POR INUNDACIÓN

Si consideramos al riesgo como la probabilidad de que se presente un evento que puede dañar a la población en un tiempo determinado y en un área determinada, una vez cuantificada la vulnerabilidad de Motozintla y la distribución espacial del peligro por inundación, podemos establecer un riesgo estimado. Para evaluar el riesgo es importante considerar las características de la población que la hacen susceptible de presentar mayor grado de vulnerabilidad (Kazmierczak y Cavan 2011). Un problema en la estimación del riesgo puede ser el que se subestime algún grupo de la población que podría ser impactada, lo cual a su vez, traería graves consecuencias para el manejo de emergencias y desastres (Maantay-Moroko 2009), por lo que en el caso de Motozintla de Mendoza incorporamos a todos los grupos de la población.

Por otra parte, es importante considerar la temporalidad situacional de una población, relativa a eventos de desastres pasados, aunada a la cualidad con la cual los depositarios atraen las cadenas de memoria de una amenaza o peligro, lo que podríamos denominar como la percepción de riesgo de la población. Este nivel de percepción poblacional influye significativamente en su vulnerabilidad ante amenazas o peligros naturales. Por ejemplo, tener limitada información sobre las características de la propia vivienda puede inducir a acciones inadecuadas o a la pasividad que implica no actuar (Puente 2009). Esta percepción temporal es caracterizada por ser colectiva y por el nivel potencial de sorpresa en la población y puede ser evaluada por medio de la exploración de series de tiempo profundas y puntos de referencia temporal en narrativas históricas y documentales. De Vries (2007), basándose en investigaciones etnohistóricas conducidas entre 2002 y 2006 en las zonas propensas a inundación en el Este de Carolina del Norte (EEUU), encontró que la vulnerabilidad temporal fue relativamente alta en la línea divisoria del Rio Neuse localizada en la ciudad de Kinston.

Para realizar una adecuada evaluación de riesgo por inundación es necesario considerar por una parte elementos como son la situación material, la diversidad de las comunidades y la alta proporción de niños y personas ancianas en la comunidad y por otra el análisis de la presencia y distribución espacial de áreas de inundación de agua superficial (Kazmierczak y Cavan 2011). En cuanto a la representación cartográfica del riesgo, se puede mencionar que los mapas de vulnerabilidad asociados a diversos peligros han sido también utilizados como mapas de riesgo, ya que además de considerar la caracterización de un sistema multi-peligros, fueron incorporadas variables sobre las características de construcción de las viviendas, así como de los niveles de construcción de las mismas (Mahendra et al. 2011).

La importancia fundamental de analizar y realizar aproximaciones del riesgo por inundación es proporcionar la base para establecer medidas de prevención y planeación para inundaciones, las cuales pueden ser de contrapeso para el incremento en las pérdidas anuales esperadas debido al cambio climático bajo todos los posibles escenarios (Dao and Peduzzi 2004; Bouwer et al. 2010; Ghizzoni et al. 2012).

En esta investigación se desarrolló una metodología para identificar niveles de riesgo diferenciados espacialmente en localidades municipales. La metodología comprende cuatro fases: cuantificación de la vulnerabilidad, caracterización del peligro por inundación; ponderación de variables y establecimiento espacial de los niveles de riesgo.

### **III.1 FASE 1: CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

La primera fase de esta investigación consistió en la identificación, cuantificación y análisis de la vulnerabilidad de Motozintla de Mendoza. Se consideraron cuatro tipos de vulnerabilidad: estructural, socioeconómica, institucional y de percepción de riesgo de la población. Esta fase es desarrollada en el Capítulo II.

## **III.2 FASE 2: CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO**

Es importante considerar que las inundaciones frecuentemente ocurren alrededor de ríos y planicies y que una gran parte de los asentamientos humanos se establece en estas áreas, por lo que es factible clasificarlas como comunidades expuestas (Jiang et al. 2009). Por otra parte muchas zonas densamente pobladas en el mundo se ubican en áreas de influencia de eventos meteorológicos como los huracanes, por lo que también se pueden categorizar en distintos niveles de peligro por inundación. Por ejemplo, Novelo-Casanova y Suárez (2010) identificaron en las Islas Cayman cuatro áreas con diferentes niveles de peligro por la incidencia de huracanes. En el caso de Motozintla se utilizó la caracterización del peligro por inundación desarrollada dentro del propio proyecto ESRED durante 2010 y 2011.

### **III.2.1 Antecedentes**

Motozintla ha sufrido al menos dos eventos severos de inundación en los años recientes, el primero en 1998, cuando de acuerdo con el CENAPRED (2001), el 9 de septiembre se presentó una lluvia torrencial de 350 mm en 48 horas ocasionando la incomunicación del poblado, la muerte de 200 personas, la destrucción de 600 viviendas y la generación de 8000 damnificados. Por segunda vez en menos de 10 años, ocurrió un evento similar el 4 de octubre de 2005, donde la precipitación que se registró fue de 30.16 mm/hr (Cantarero 2013).

### III.2.2 Escenarios y caracterización del peligro

Para realizar la modelación hidráulica Cantarero (2013) utilizó un SIG para integrar las capas en el modelo HEC-RAS y obtener los perfiles hidráulicos a partir de las líneas de corriente central, las orillas del canal principal, y las líneas de centro de masa de flujo. Las capas se delinearon a partir de ortofotos aéreas usando el Google Earth para su digitalización. Además incorporó una capa con el *coeficiente de rugosidad de Manning*, para describir la resistencia a la velocidad del cauce por el terreno, a partir del análisis de los usos de suelo (Figura III.1).



Figura III.1. Esquema del balance de energía hidráulica (Ortiz 2010, en Cantarero 2013).

En cuanto a la dinámica de inundación en la zona, Cantarero (2013) realizó una caracterización a partir de tres escenarios de precipitación: a) 30.16 mm/hr; b) 99 mm/hr; y c) 528 mm/hr. Este último escenario se representa en la Figura III.2, en donde se inunda la cuenca en la que se ubica el municipio de Motozintla. En la porción central se ubica el área urbana de la cabecera municipal de Motozintla de Mendoza, la cual representa nuestra zona de estudio (área en color rosado).



Figura III.2. Escenario de áreas inundables en la cuenca del río Xelajú Grande en el municipio de Motozintla, Chiapas, con una intensidad en la precipitación de 528 mm/hr (Cantarero 2013).

El peligro por inundación (Figura III.3) se determinó a partir de la caracterización de la escorrentía en la cuenca de Motozintla realizada por Cantarero (2013) y del área inundada en el evento del 4 de octubre de 2005, debido a que considerar los eventos pasados es el primer insumo en la caracterización del peligro. Para efectos de esta investigación se consideró únicamente la zona urbana del municipio de Motozintla, la cual corresponde a la cabecera municipal. En este mapa se puede apreciar la zona 1, con peligro bajo, como aquella donde existen asentamientos pero donde no se tiene registro de que se hayan presentado inundaciones y que tampoco se ubican dentro del área de ninguno de los escenarios de inundación. Se designó como zona 2, peligro moderado al área que representa el escenario menos frecuente, el cual corresponde a un periodo de recurrencia de 20 años (Suárez 2006).

Finalmente, el área inundada el 5 de octubre de 2005 se designó como zona 3, peligro alto, es decir, con la mayor probabilidad de inundación. Para esta asignación se consideró que la precipitación del 4 de octubre registrada en la estación meteorológica El Novillero, localizada a unos 60 km en línea recta de Motozintla, en la parte alta de la zona, fue de 307 mm en 24 hrs. de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (2005) y el cual según Suárez (2006) en (Cantarero 2013), corresponde a un periodo de recurrencia de 5 años.

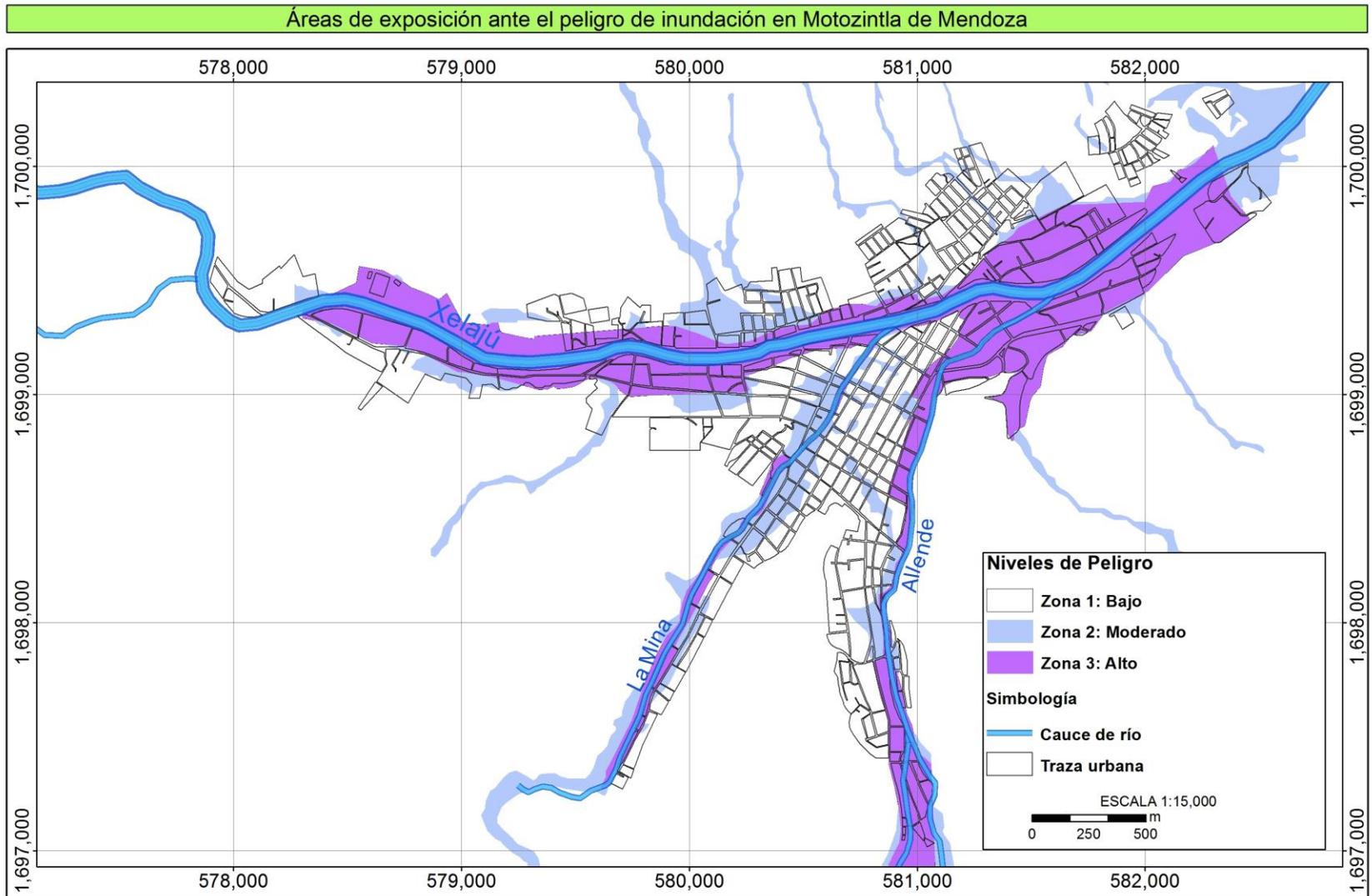


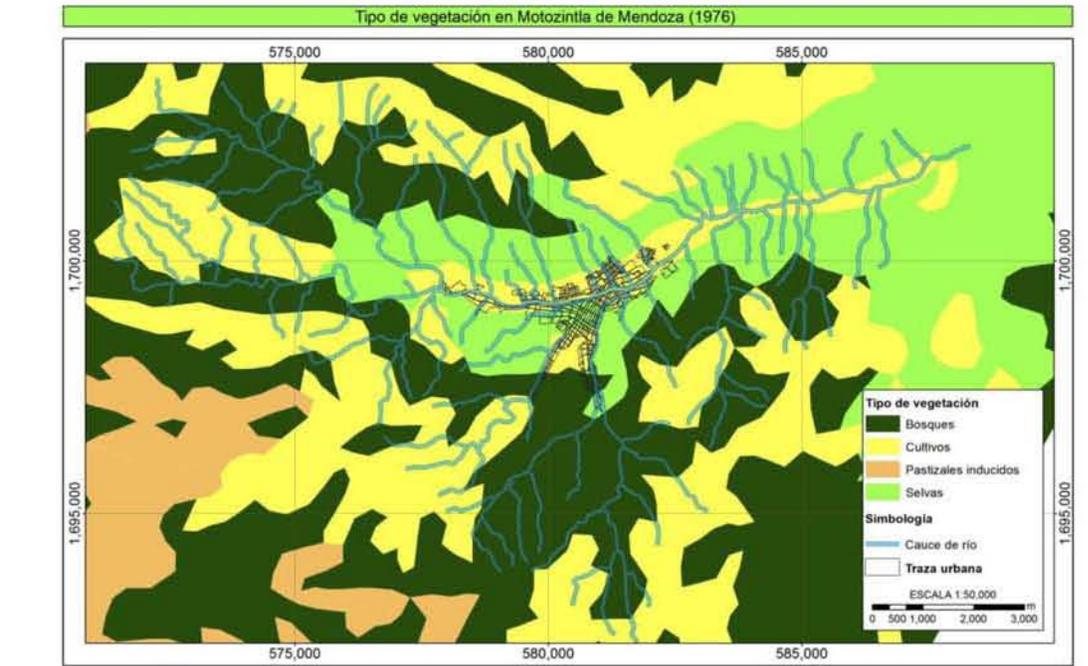
Figura III.3. Mapa de áreas de exposición ante el peligro de inundación en Motozintla de Mendoza.

### **III.2.3. Construcción de la amenaza**

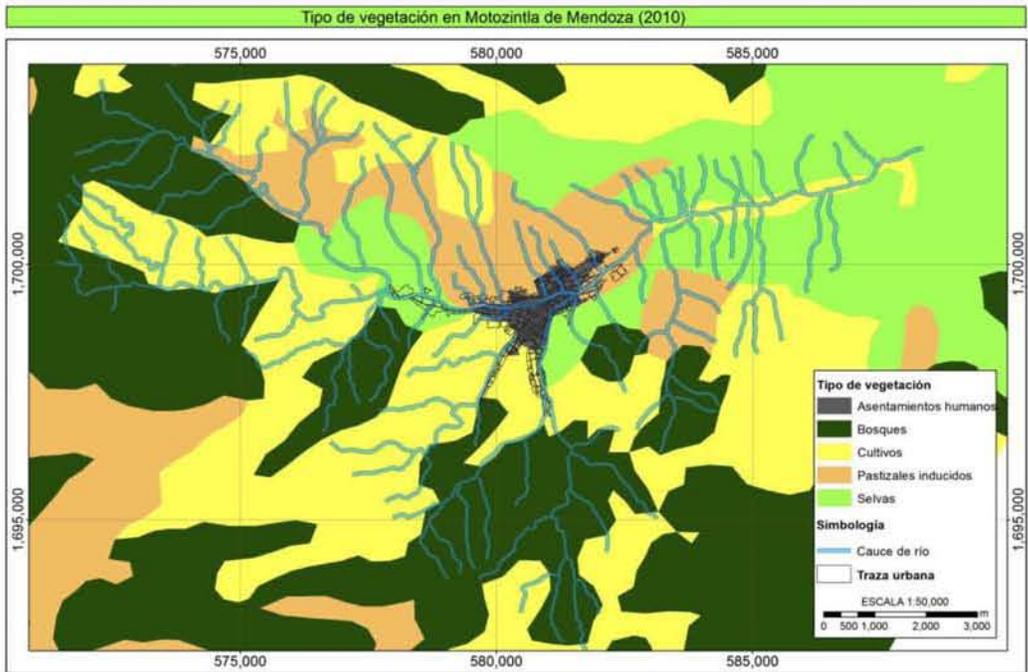
Para que un peligro se convierta en amenaza deben intervenir diversos factores, como el aumento en la fuerza del evento y en las condiciones de vulnerabilidad. Para que el patrón de precipitaciones se convierta en amenaza se requiere que se presente en ciertas fechas y bajo ciertas condiciones. Además de la precipitación intensa, un nivel bajo de infiltración, lo cual está determinado por la cobertura vegetal y la saturación del suelo. Dado que las precipitaciones más fuertes inician en junio, para finales de septiembre la acumulación de humedad y precipitación es propicia para que se presente alguna inundación.

De acuerdo con Rubio (2009) para el siglo XX, los comentarios sobre intensas crecidas del río Xelajú Grande y sus afluentes son abundantes, y señalan que, con cierto margen de error, los pobladores refieren las siguientes fechas; 1912 ó 1930, 1942-1943, 1958 ó 1959, y 1988. Es de notarse que a pesar de ya tener cierta conciencia de las crecidas, no se haga mención de algún desastre ocurrido con anterioridad. Esto, debido a que durante la primera mitad del siglo XX, la población de Motozintla aún no se asentaba en las zonas más peligrosas, las más bajas y cercanas a los lechos de los arroyos.

Por otra parte la cubierta vegetal se ha visto inmersa en una dinámica de cambio de uso de suelo y deforestación intensa, que se ha generado a partir del crecimiento poblacional y la demanda de recursos y servicios que ello conlleva, como lo podemos observar en la Figura III.4a y III.4b, que corresponden a la vegetación y el uso de suelo de los años de 1976 y 2000, respectivamente.



**a**



**b**

Figura III.4 Mapas de Vegetación y uso de suelo 1976 (a) y 2010 (b).  
Con base en imágenes del Instituto de Ecología y Cambio Climático (2014).

Al comparar los mapas de la Figura III.4 con el mapa de la Figura III.5 se observa que el cambio de uso de suelo de bosque mixto y selva baja, característico de la cuenca, se ha visto cada vez más reducido en contraposición con el suelo urbano y agrícola, ya sea para cultivos alimenticios o para forraje de ganado. La cobertura vegetal de la cuenca presenta alto grado de antropización ya que el 70% del territorio está ocupado en agricultura de temporal y vegetación secundaria (Morales y Ramos 2013).

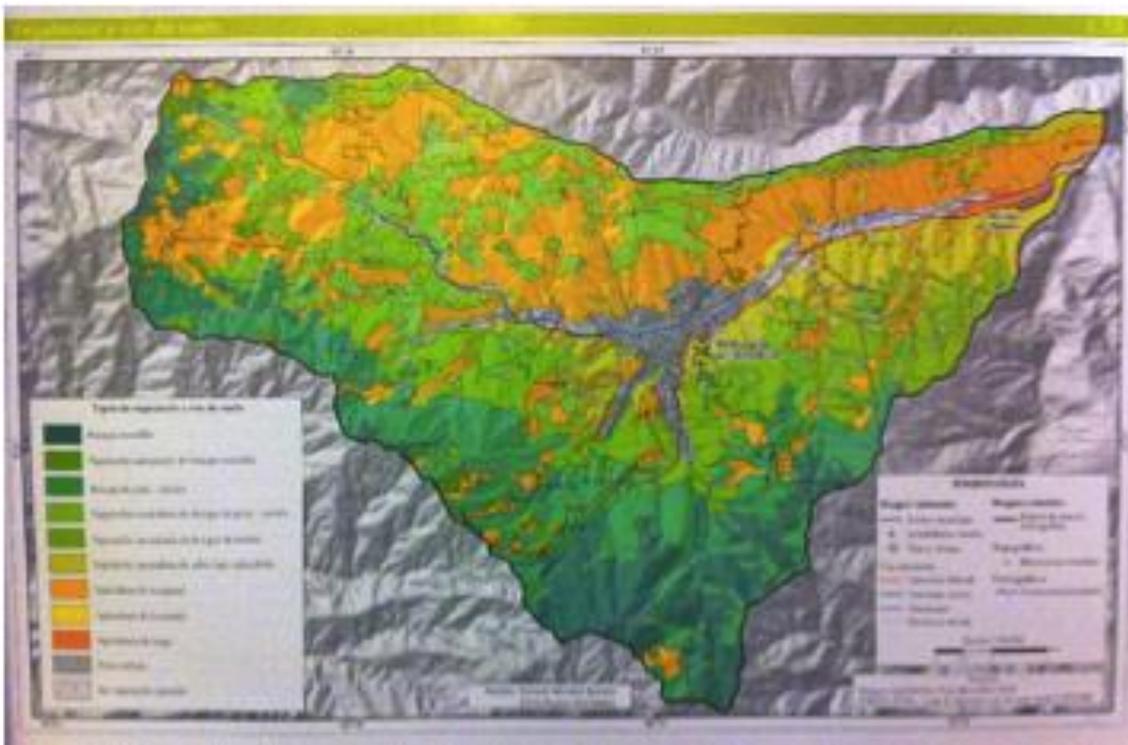


Figura III.5 Mapa de vegetación y uso de suelo de la cuenca de Motozintla 2013 (Morales y Ramos 2013).

### III.3 FASE 3: PONDERACIÓN DE VARIABLES

Los grupos de variables son ponderadas de acuerdo al nivel de incidencia de éstas en el riesgo, es decir, que tanto lo generan y/o incrementan. El estudio de Puente (2009) sugiere que la importancia de ponderar la variables radica en que se les da un valor más real de acuerdo a la experiencia del evaluador. En esta parte del trabajo se

jerarquizaron las diferentes variables bajo supuestos de mayor y menor incidencia dentro del nivel de afectaciones a la población (Tabla III.1). EL riesgo se estimó considerando la vulnerabilidad global al incorporar los cuatro grupos de vulnerabilidades estudiados en este trabajo. La vulnerabilidad se ponderó considerando su incidencia en la condición de riesgo de la población ante inundaciones. En esta jerarquización se consideró el escenario de un desastre causado por una inundación similar a las que han sufrido en el pasado reciente (1998, 2005).

Tabla III.1. Ponderación de vulnerabilidades dentro de la vulnerabilidad global.

<b>Grupo de vulnerabilidades</b>	<b>Valor ponderado (%)</b>	<b>Justificación del valor ponderado asignado</b>
Socio-económica	40	La capacidad económica y social representa el factor determinante en la vulnerabilidad por lo que se le asignó el mayor peso.
Estructural	25	Las características de la vivienda son fundamentales para la resistencia a los fenómenos naturales sin embargo, se considera de menor influencia con respecto a la vulnerabilidad socio-económica, ya que a su vez la vulnerabilidad estructural, depende de la vulnerabilidad socio-económica.
Percepción del riesgo	20	La percepción de riesgo impacta en todas las acciones de mitigación y prevención del riesgo de la población. Sin embargo, se consideró una vulnerabilidad menor que la socio-económica y la estructural.
Institucional	15	Aunque la capacidad institucional es fundamental para la gestión de riesgo, en esta investigación se consideró como la de menor impacto de todas las consideradas.
Vulnerabilidad global	100	Suma de las vulnerabilidades anteriores.

### III.4 FASE 4: ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO

#### III.4.1 Matrices y mapas

La elaboración de matrices y mapas de riesgo se realizó a partir de la identificación de las condiciones de vulnerabilidad, así como de la ponderación de las variables de la vulnerabilidad en las áreas de exposición ante inundaciones. Se consideró como área geográfica básica la manzana y se asignaron valores de

vulnerabilidad considerando que los puntos encuestados por manzana representan el 50% más uno de las características referidas en cada mapa. Se obtuvieron cinco mapas de riesgo, uno por cada grupo de vulnerabilidades (estructural, socio-económica, institucional y por percepción de riesgo) y el mapa final de riesgo, el cual está asociado a la vulnerabilidad global ponderada.

Para la elaboración de la matriz de riesgo (Tabla III.2), se identificaron todas las posibilidades de combinación del peligro con la vulnerabilidad que generan las condiciones de riesgo en cada una de las 375 manzanas que componen el territorio de Motozintla de Mendoza. En la matriz se muestran los niveles de vulnerabilidad que se consideraron para los mapas de vulnerabilidad y para las matrices de riesgo por cada grupo de vulnerabilidad analizado.

Tabla III.2. Matriz de riesgo.

<b>RIESGO</b>	<b>Índice de riesgo</b>	<b>Valor ponderado de riesgo</b>	<b>Nivel de riesgo</b>
<b>Justificación de la escala</b>			
Zona sin inundación y sin elementos de vulnerabilidad	0	0	Sin riesgo
Zona sin inundación y vulnerabilidad 1 (1x1=1)	1	1	Muy bajo
Zona de inundación potencial y vulnerabilidad 1 (2x1=2) Zona sin inundación y vulnerabilidad 2 (1x2=2)	2	2	Bajo
Zona sin inundación y vulnerabilidad 3 (1x3=3) Zona de inundación potencial y vulnerabilidad 2 (2x2=4)	3 a 5	3	Moderado
Zona de inundación pasada y vulnerabilidad 2 (3x2=6) Zona de inundación potencial y vulnerabilidad 5 (2x5=10) Zona de inundación pasada y vulnerabilidad 3 (3x3=9)	6 a 10	4	Alto
Zona de inundación pasada y vulnerabilidad 5 (3x5=15)	11 a 15	5	Muy alto

Como se muestra en la Tabla III.3, el índice de riesgo se calculó a partir del producto de P (nivel de peligro) y V (nivel de vulnerabilidad). Este producto está expresado en la penúltima columna con un número que representa el valor ponderado del riesgo y finalmente se expresa también en forma cualitativa en la última columna. A partir de la matriz de riesgo por vulnerabilidad estructural, se construyó el mapa de riesgo correspondiente (Figura III.6). Este proceso se establece de igual manera para las matrices y mapas de riesgo asociado a inundación y a la vulnerabilidad socio-económica (Figura III.7), riesgo asociado a inundación y vulnerabilidad organizacional-institucional (Figura III.8) y riesgo asociado a inundaciones y vulnerabilidad por inadecuada percepción de riesgo (Figura III.9).

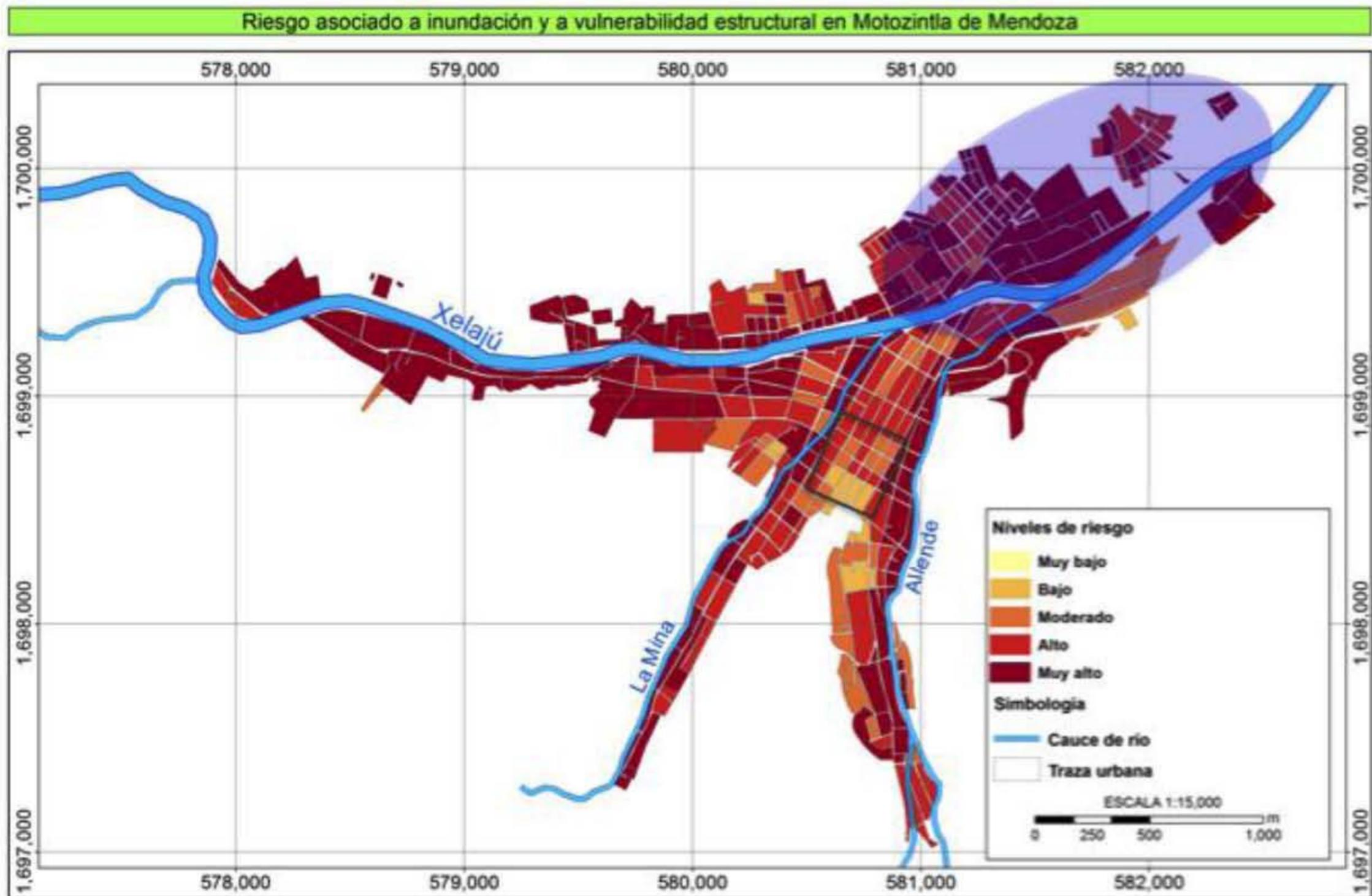
Tabla III.3. Matriz de riesgo considerando los cuatro grupos de vulnerabilidad cuantificados.

<b>Tipo de vulnerabilidad</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad (V)</b>	<b>Nivel de exposición ante inundaciones (peligro) (P)</b>	<b>Índice de nivel de riesgo (V)*(P)</b>
Estructural	Muy bajo: 1	Bajo: 1	Muy bajo: 1 a 3
Socio-económica	Bajo: 2	Moderado: 2	Bajo: 4 a 6
Organizacional	Moderado: 3	Alto: 3	Moderado: 7 a 9
Desfavorable percepción de riesgo	Alto: 4		Alto: 10 a 12
	Muy alto: 5		Muy alto: 13 a 15

Finalmente, se elaboró la matriz de riesgo asociada a inundación y a la vulnerabilidad global considerando la ponderación de los diferentes grupos de variables (Tabla III.4). Dando como resultado el mapa de vulnerabilidad asociado a inundaciones y a la vulnerabilidad global por suma de vulnerabilidades ponderadas (Figura III.10).

Tabla III.4. Matriz de riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad global por suma de vulnerabilidades ponderadas.

Nivel de peligro	Vulnerabilidad	Valor ponderado (VP)	Índice de riesgo (P) (VP)	Nivel de riesgo		Condición de riesgo
<b>P</b>						
<b>1</b>	<b>Estructural</b>	<b>25%</b>	$\leq 1.6$	1	Muy bajo	Sin inundación y con la suma más baja de vulnerabilidades
<b>2</b>	<b>Socio-económica</b>	<b>40%</b>				
<b>3</b>	<b>Institucional</b>	<b>15%</b>	1.7 a 3.2	2	Bajo	Con inundación potencial y la suma más baja de vulnerabilidades
	<b>Percepción de riesgo</b>	<b>20%</b>	3.3 a 4.7	3	Moderado	Con inundación potencial y la suma de vulnerabilidades por arriba del promedio
			4.8 a 9.3	4	Alto	Con inundación pasada y cualquier suma de vulnerabilidades, menor al promedio
			$> 9.3$	5	Muy alto	Con inundación pasada y con la suma arriba del promedio de vulnerabilidades



**Figura. III.6 Mapa de Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad estructural.**

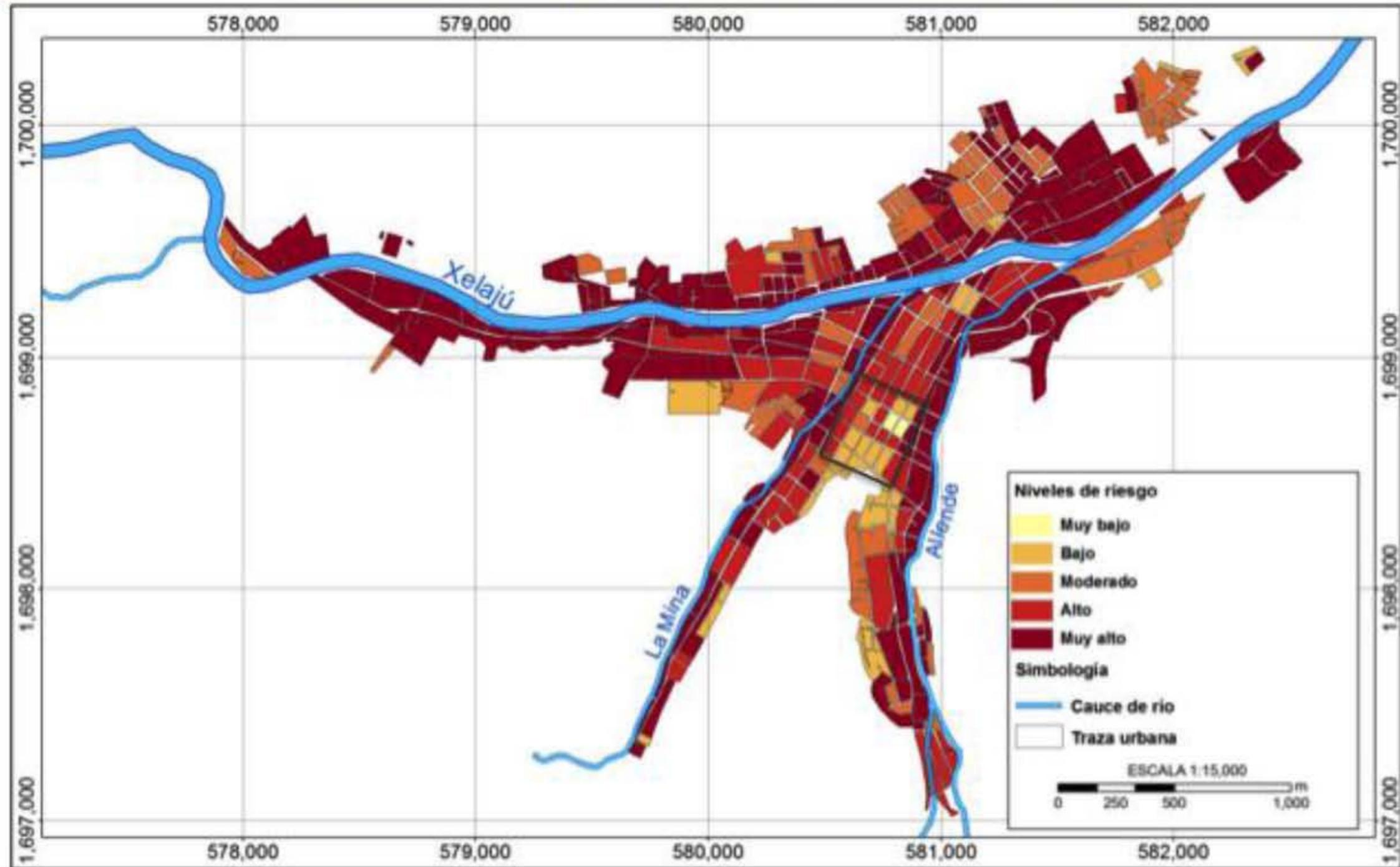
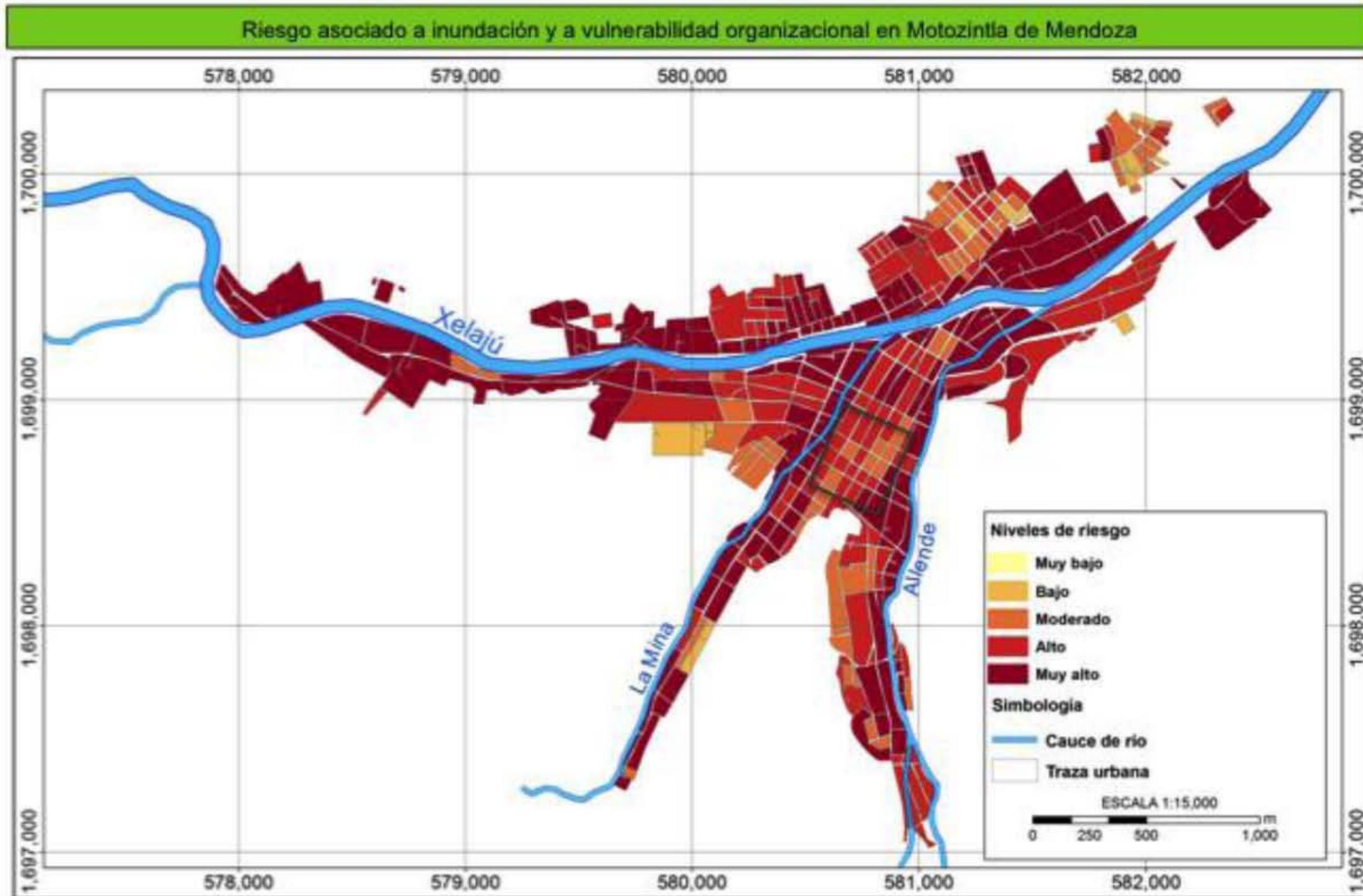


Figura III.7 Mapa de riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad socio-económica.



**Figura III.8 Mapa de Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad organizacional (población-instituciones).**

Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad por inadecuada percepción de riesgo en Motozintla de Mendoza

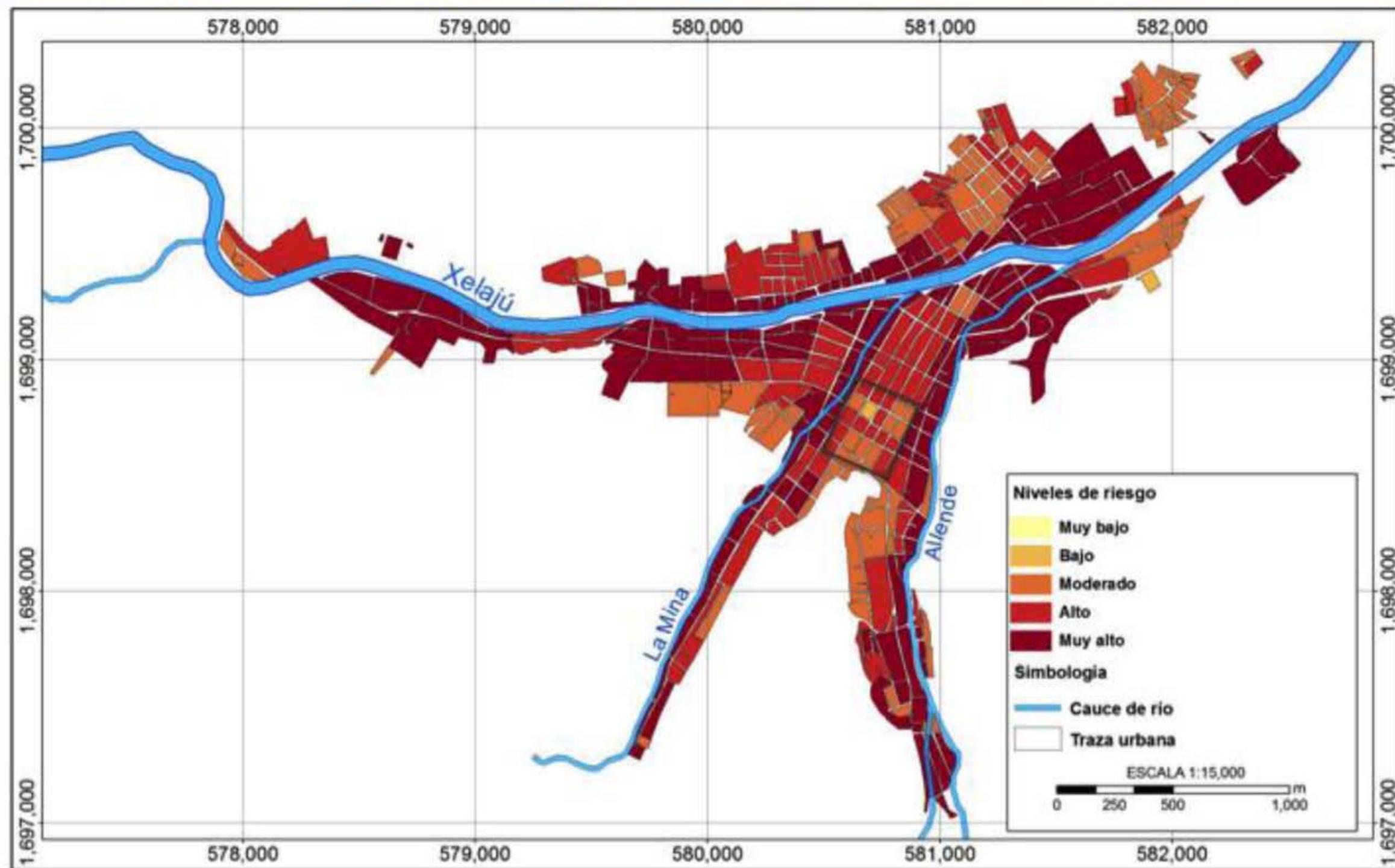
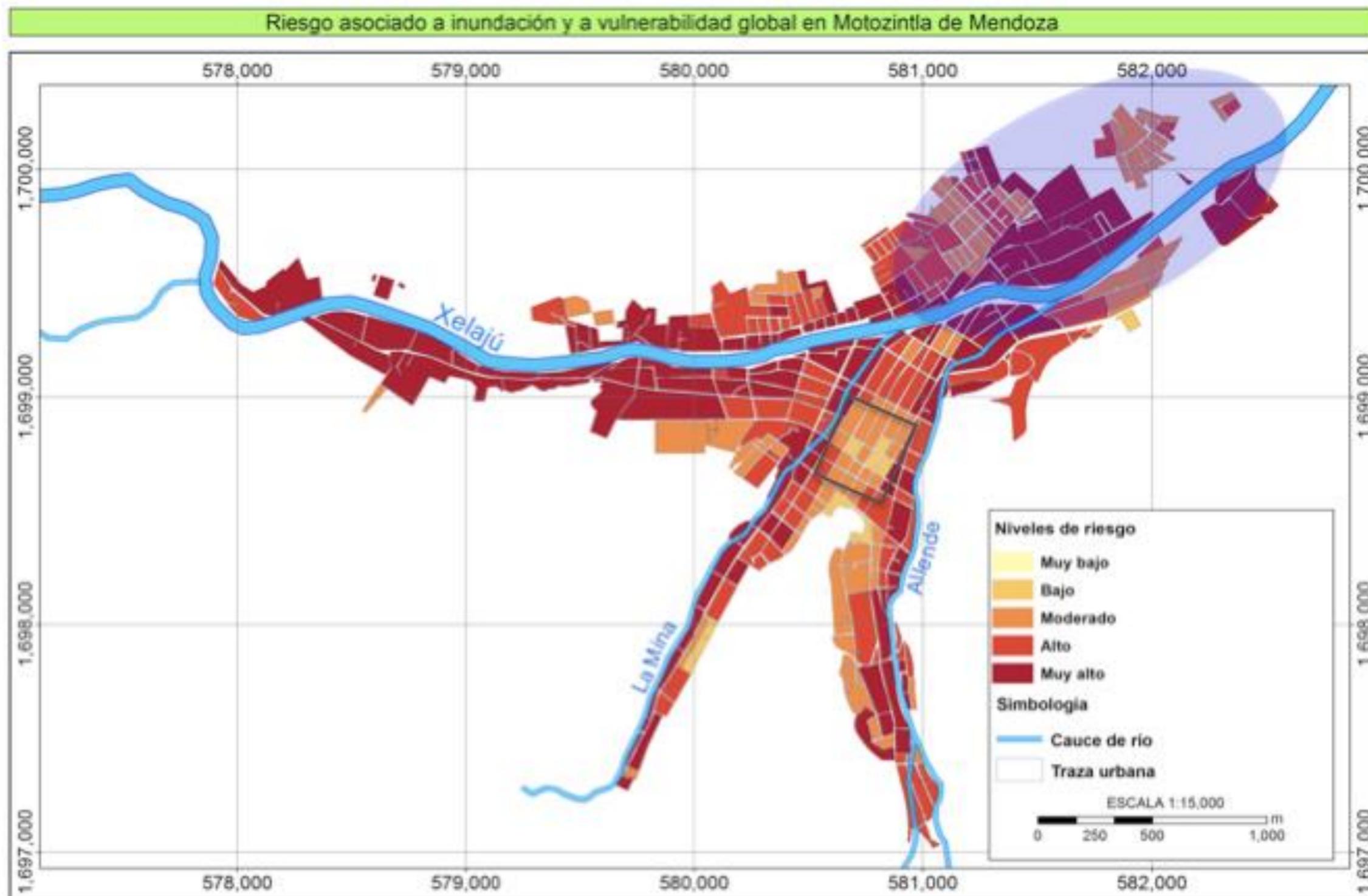


Figura III.9 Mapa de Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad por inadecuada percepción de riesgo.



**Figura III.10 Mapa de Riesgo asociado a inundación y a vulnerabilidad global ponderada.**

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN

#### IV.1 VULNERABILIDAD

Las condiciones de la vulnerabilidad representan la parte fundamental en la ecuación del riesgo, debido a la complejidad que tiene en sí misma es que su estudio resulta también de gran complejidad (Adger 2006; Magaña 2012). ¿Qué elementos son fundamentales? ¿Cuáles tienen un mayor peso? Son cuestiones presentes en este trabajo. Así, uno de los principales retos en la valoración del riesgo, es el logro de una valoración de la vulnerabilidad social para una población determinada, considerando que el manejo de la información suele tener componentes cualitativos que definen las relaciones sociales que construyen dicha vulnerabilidad (Macías 1999).

En este trabajo, los resultados en la valoración de la vulnerabilidad en Motozintla nos muestran que en general, las condiciones de vulnerabilidad estructural (Figura II.16) se observan como moderadas en la porción centro de la localidad (marcada con cuadro verde), sin embargo, hacia la parte norte y noreste, en las áreas de reubicación y expansión de la mancha urbana (marcada con óvalo azul), las condiciones de vulnerabilidad son altas debido a que únicamente un 30% de las viviendas está construida con muros de tabique, lo cual favorece la fragilidad de las construcciones y las hace que presenten una mayor factibilidad de ser dañadas en un evento de inundación. En contraste, las áreas que presentan baja vulnerabilidad son aquellas donde las viviendas son escasas. Es decir terrenos baldíos, áreas verdes o iglesias, que en la zona de estudio son numerosas debido a la gran cantidad de religiones que profesan sus habitantes (en su mayoría protestantes).

Comparando el mapa de viviendas con techos de lámina (Figura II.3) con el de vulnerabilidad estructural de la Figura II.4 se observa que a pesar de que muchas

viviendas presentan techo de lámina, no todas están consideradas como de alta vulnerabilidad, ya que las viviendas pueden ser más grandes, estar construidas de tabique y presentar más de un nivel de construcción y a pesar de estas mejoras, presentar un techo de lámina. De este resultado se puede inferir que lo anterior puede deberse a formas adquiridas y poco razonadas en los patrones de construcción, que no necesariamente son consecuencia única del nivel económico.

Es importante considerar que las construcciones ubicadas al norte y noreste del río Xelajú Grande son las más recientes (la mayoría se edificaron después de las inundaciones de 1998). Lo anterior representa una vulnerabilidad considerable, ya que fueron construidas en áreas de laderas inestables, por lo que tener un techo de lámina representa una fuerte vulnerabilidad estructural. Cabe señalar el trabajo realizado por Macías (2009a), donde apunta que las viviendas para reubicaciones o reconstrucciones suelen seguir un patrón de sustitución de viviendas precarias por nuevas viviendas precarias, denominadas “de tipo popular” donde la noción de “progresivo” se concreta en sólo construirles el pie de vivienda y se les da acceso al agua y la luz, sin embargo, tanto los fondos para la reconstrucción como para estos servicios suelen llegar con retraso e incompletos. Lo anterior genera nuevos asentamientos vulnerables, como es el caso de Motozintla de Mendoza.

Como lo muestra el mapa de la Figura II.10, las características estructurales de la vivienda representan claramente las condiciones de la vulnerabilidad de la localidad, por lo que podemos inferir que estas variables son fundamentales en la cuantificación de la vulnerabilidad para cualquier otro estudio de caso. Por ejemplo, en el caso de la vulnerabilidad estructural para instalaciones estratégicas, Novelo-Casanova y Suárez (2011) encontraron que sus resultados en Islas Caimán deberían considerarse como un elemento fundamental en la mitigación y gestión integral del riesgo.

La vulnerabilidad por falta de servicios domiciliarios parecería ser baja, sin embargo, este resultado se debe en gran medida a que las respuestas de los encuestados brindan información parcial sobre las condiciones de acceso a los servicios de agua potable,

drenaje y alumbrado. Por una parte, la población suele confundir el hecho de tener descarga sanitaria con estar conectados al drenaje debido a que la población no identifica con claridad lo que significa la conexión al drenaje y suele confundirlo con las fosas sépticas y por otra parte, al carecer del servicio de luz, el alumbrado se establece en muchos casos a partir de la auto-conexión ilegal de los propios habitantes, lo que para ellos representa contar con el servicio.

En cuanto a la vulnerabilidad organizacional e institucional (Figura II.7) es interesante señalar que en los casos en que la población respondió que conocía el plan institucional, no fue capaz de explicar en que consiste, lo cual pone en duda su respuesta inicial, o lo confunden con lo que han vivido con anterioridad, o no se ha difundido adecuadamente en que consiste, o no existe concretamente. Indudablemente este aspecto es relevante para la mitigación, ya que de acuerdo con Macías (2009b) el ciclo organizacional de preparativos contra desastres se compone de cinco etapas: concientización, valuación, conocimiento, preparativos y práctica si alguna de ella falla, las condiciones de organización resultan ineficientes. En otro caso, los resultados obtenidos por Horney et al. (2010), demostraron que la población entrevistada sobre su actuación durante el huracán Isabel en Carolina del Norte, no fue acertada en casi un 50%, independientemente de si tenía experiencia anterior con estos eventos, un elemento que pudo influir es que no fueron capaces de explicar el fenómeno.

En el caso de la vulnerabilidad socio-económica, fue importante la selección y número de variables ya que si lo comparamos con el trabajo de Dao y Peduzzi (2004) su estimación con 15 variables y 32 sub-variables da como resultado áreas muy homogéneas, por lo que el análisis espacial es poco diferenciado al interior de la localidad, por lo que para el caso de Motozintla se consideraron aquellos elementos sociales y económicos característicos de la población de la localidad. Los resultados indican que la población tiene una vulnerabilidad de media a alta. El análisis espacial de los resultados nos permite apreciar donde se ubican las viviendas que presentan un mayor número de variables desfavorables para la vulnerabilidad. Nuevamente, el centro de la localidad es el que presenta las mejores condiciones socioeconómicas de los

habitantes de las viviendas por lo que se identifica en este caso como de menor vulnerabilidad. Cabe señalar que en ningún caso una familia presentó los trece parámetros considerados. Sin embargo, sí se presentaron casos con nueve y diez variables, lo cual se identificó en la porción noreste de la localidad, en las zonas que se han repoblado después del desastre de 1998 (Figura II.17). Cabe señalar que en los resultados obtenidos por Jacob et al. (2013) un elemento que influye en la vulnerabilidad es la diversificación económica de la población. En el caso de Motozintla lo que influye significativamente es el bajo ingreso de la población que se relaciona directamente con la inestabilidad del modelo económico como señala en sus resultados Magaña (2012) para los agricultores del estado de Oaxaca.

La vulnerabilidad asociada a la percepción de riesgo resultó muy homogénea en toda la localidad, y en el nivel moderado (Figura II.19), este resultado podría parecer poco alarmante, sin embargo, se ha observado que la percepción de riesgo es de gran relevancia en el aumento o reducción de la vulnerabilidad y por ello del riesgo. Martin et al. (2009) concluyen que sus resultados indican que los efectos del conocimiento y el nivel de responsabilidad de los pobladores en riesgo están asociados a la percepción y a las creencias de auto-eficiencia. Por otra parte, Horney et al. (2010) identificaron que a pesar de que la población de Carolina del Norte conoce el riesgo por los huracanes que impactan la zona, casi un 50% de los habitantes no pudo caracterizar la amenaza, lo cual fue fundamental para su decisión de evacuación cuando se presentó el huracán Isabel.

La vulnerabilidad global en este caso quedó referida a aquellos elementos característicos que generan que la población sea en mayor o menor medida susceptible a sufrir daños en su integridad física, sus bienes y su entorno ante la presencia de un evento de desastre, así como que le dificulten o favorezcan su recuperación. Por lo tanto, en este trabajo la vulnerabilidad global se entiende como la serie de variables que nos permiten realizar una cuantificación de la vulnerabilidad a partir de la identificación de las condiciones estructurales de la vivienda, el acceso a los servicios públicos y domiciliarios, las características socioeconómicas, la preparación ante el riesgo de desastre y la percepción de riesgo de la población. Se establece como un hallazgo el

hecho de que la elección ponderada de las 30 variables consideradas fuese adecuada para lograr la diferenciación de áreas con distintos niveles de vulnerabilidad al interior de la localidad De Vries (2011) encontró que la valoración de la vulnerabilidad global es fundamental y Puente (2009) que la ponderación de las variables que inciden en mayor o menor medida es todavía de mayor relevancia.

Los resultados indican que en cuanto a la vulnerabilidad global (Figura II.20), se puede observar que aproximadamente un 60% del territorio de la localidad se ubica en el nivel alto de vulnerabilidad y un 30% en el intervalo de vulnerabilidad media. Especialmente la porción central y algunas zonas al NE presentan muy alta vulnerabilidad. En general, estas zonas corresponden a los asentamientos reubicados que el gobierno local llevo a cabo después de los eventos de desastre de 1998 y 2005.

## **IV.2 RIESGO**

El riesgo, que se constituye de la conjugación del peligro o amenaza de una población determinada ante un fenómeno también determinado, tiene como componente fundamental a las condiciones de vulnerabilidad que presenta esa población. De manera muy exitosa, muchos de los trabajos académicos sobre riesgos se enfocan en la caracterización de los peligros o amenazas, especialmente aquellas que se asocian con fenómenos naturales. Ahora la tarea es caracterizar y valorar adecuadamente a la población en riesgo, para lo cual es fundamental identificar cuáles de esos elementos los convierten en verdaderamente vulnerables y sobretodo, cuales son factibles de modificar para lograr el objetivo común en este tema: mitigar el riesgo.

En este sentido, encontramos que la vulnerabilidad estructural representa uno de los factores de mayor influencia en la generación de riesgo. Podemos apreciar que el nivel de riesgo que se alcanza en la mayoría del territorio con peligro de inundación es “muy alto”. Este resultado indica que en caso de una inundación, las probabilidades de que se

perda total o parcialmente la vivienda son “altas” y “muy altas”, respectivamente (Figura III.6). Puente (2009) encontró que en la ciudad de México la vulnerabilidad estructural era significativa para valorar el riesgo sísmico y dentro de los elementos que encontró como relevantes está la construcción con arquitectura desfavorable.

El riesgo asociado a la vulnerabilidad socio-económica en la mayoría del territorio de Motozintla expuesto a inundación es “alto”, excepto en algunas porciones del este, del noroeste y del sur del territorio donde los niveles de pobreza son mayores, con un riesgo “muy alto” (Figura III.7). Se puede apreciar que el centro de la localidad y los márgenes alejados de los ríos, presentan un nivel de riesgo “medio” y “bajo”. Es importante señalar que la población asentada en el centro, es la de mayor antigüedad y también la de mayor poder adquisitivo, por ello el riesgo es “medio” y “bajo”. Sin embargo, al compararlo con las condiciones estructurales de la vivienda (Figura III.6) el riesgo aumenta significativamente debido a que las construcciones son viejas y en la mayoría de los casos conservan el mismo modelo de construcción generalizada en la zona que se caracteriza por presentar muros de block, un solo piso de construcción y techo de algún material distinto a loza. En cuanto a la falta de servicios domiciliarios, en este caso se consideraron agua potable de la red, drenaje domiciliario y alumbrado público. La mayor parte del territorio se encuentra en situación de “riesgo alto”. Una razón fundamental en la homogeneidad de este resultado es que la mayoría de las viviendas presentan condiciones similares, por lo que este tipo de vulnerabilidad es “bajo” en las áreas que no presentan exposición a la inundación.

La vulnerabilidad organizacional-institucional asociada a la falta de preparación ante contingencias es muy representativo en el aumento de la condición de riesgo (Figura III.8). Gran parte del territorio expuesto a inundación presenta un nivel de riesgo entre “alto” y “muy alto”. Esto es debido fundamentalmente a que en caso de presentarse una inundación, la población, en su mayoría, no tiene una preparación adecuada para actuar, ni por parte del gobierno, ni en forma autónoma o vecinal, ya que el 81% de las personas entrevistadas manifestó no conocer un plan de emergencia para actuar en caso de inundación y un 95% no contar con una organización de vecinos para tal efecto

(Figura IV.10). Resulta fundamental entonces que la población tenga mayor capacidad de respuesta por sí misma para favorecer las medidas de prevención y mitigación (Macías 2002). En su trabajo sobre riesgo sísmico Puente (2009) observó que las áreas donde la valoración del riesgo es más subjetiva y se encuentra menos informada el riesgo es más alto ya que ni las autoridades, ni la población saben como actuar para prevenir o para atender una situación de desastre.

Resulta preocupante que el riesgo asociado a la inadecuada percepción de riesgo es “muy alto” y “alto”. Ello se debe fundamentalmente a que un porcentaje importante de la población supone entre otras ideas que: en general los fenómenos naturales se convierte en desastres 89%; los desastres no se pueden evitar 63%; y en la mayoría de los casos, los desastres constituyen un castigo divino 75% (Figura IV.12 a, b y c, respectivamente). Un elemento interesante es que durante una actividad de la Coordinación Regional de Protección Civil en las escuelas de Motozintla para familiarizar a los estudiantes con la idea de que los huracanes son fenómenos naturales, la mayoría de los chicos asoció el nombre del huracán Stan, que generó las fuertes precipitaciones que provocaron las inundaciones de 2005, con el nombre de Satán (Satanás).

Finalmente el riesgo por inundación asociado a la vulnerabilidad global, nos muestra que una porción considerable del territorio (aproximadamente 60%), se encuentra en los niveles alto y muy alto (Figura III.10). Especialmente en las áreas cercanas a los cauces de los ríos que atraviesan las localidades de Xelajú Grande, Allende y La Mina, así como en las colonias de reubicación por los desastres anteriores, localizadas al noreste y los asentamientos de nueva creación que se han generado hacia los límites de la cabecera municipal, el riesgo por inundación resultó con nivel muy alto. Lo anterior es una llamada de atención, ya que a pesar de ser áreas con susceptibilidad de inundación y de que se han construido después de los desastres de 1998 y 2005, inclusive algunas de éstas como respuesta de reubicación a los afectados, la vulnerabilidad con la que se construyeron fue alta y muy alta, por lo tanto, su riesgo es muy alto.

#### **IV.2.1 Tendencias de factores que participan en el riesgo por inundación**

El análisis que en un momento dado se puede hacer del riesgo conviene compararlo con las tendencias que los fenómenos físicos y sociales presentan para realizar una aproximación desde una perspectiva dinámica. Entre 1970 y 2009 se registraron en México 20,117 eventos de desastre asociados a fenómenos naturales, de éstos el 62% corresponde a eventos hidrometeorológicos, por otra parte, en cuanto a su periodicidad en este lapso de 40 años se observó que el 48.6% se presentaron en los últimos diez años (Figura IV.1). En cuanto a su ubicación geográfica el estado de Chiapas se encuentra en nivel alto en presencia de desastres, con un intervalo de entre 1001 y 1250 eventos durante el periodo señalado (Mansilla et al. 2013).

De acuerdo con la base de datos de Desinventar (2011) la dinámica de los daños y las afectaciones también va en crecimiento. Se tiene que considerar que los datos aún son escasos para establecer tendencias claras, sin embargo, se registra que en cuanto a viviendas destruidas, en 1988 fueron 20, en 1998, 150 y para 2005, 800. Algo similar ocurre con los damnificados: en 1988 se registraron 2,000 y para 2005 aparecen dos cifras, en el primer evento 14,000 (27 de septiembre) y para el segundo evento 26,000 (5 de octubre).

Por otra parte se aprecia que de los eventos de desastre registrados el 85% (17 de 20) se encuentran asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos. Por otro lado, el tiempo de recurrencia parece acortarse, entre los eventos de 1988 y los de 1998 transcurrieron 10 años, y entre este último y los de 2005 hay una diferencia de siete años, lo que generó la atención nacional para su análisis y mitigación.

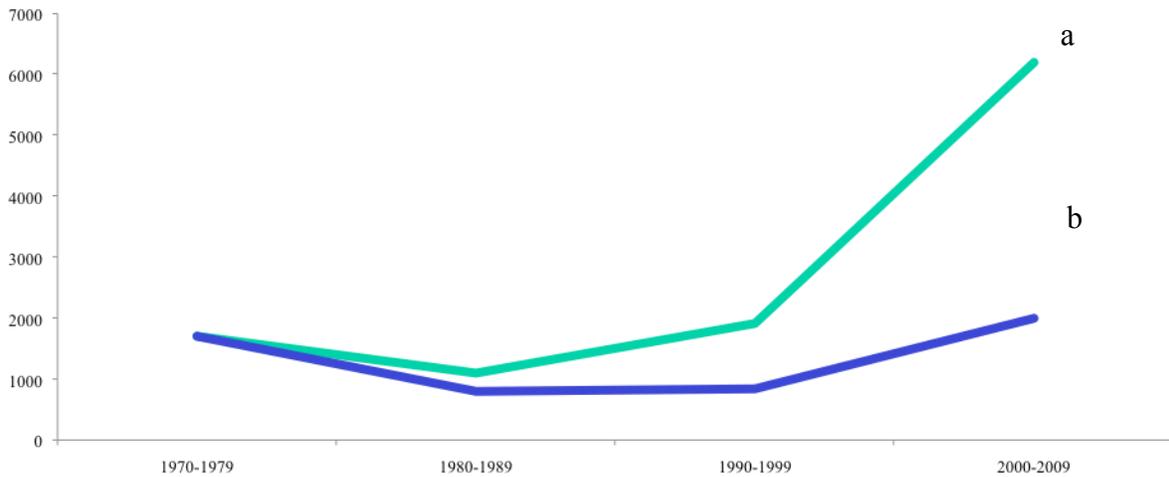


Figura IV.1. Gráfica de tendencia en la ocurrencia de desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos (a) y climáticos (b) en el periodo de 1970 a 2009 (Desinventar 2011, en Mansilla et al. 2013).

En cuanto a la dinámica poblacional se aprecia que el crecimiento de la población en el estado de Chiapas aumentó considerablemente entre 1980 y 1990, con una tasa de crecimiento del 4.5 (Figura IV.2a), además su crecimiento constante rondando los 2 puntos ha provocado que de 1980 a 2010 la población del estado se haya duplicado lo que significó un crecimiento de población total de más del 150% (Figura IV.2b). Entre los años 2000 y 2010, el municipio de Motozintla se ubicó entre los 20 municipios con mayor crecimiento del estado de Chiapas (INEGI 2010b) (Figura IV.3).

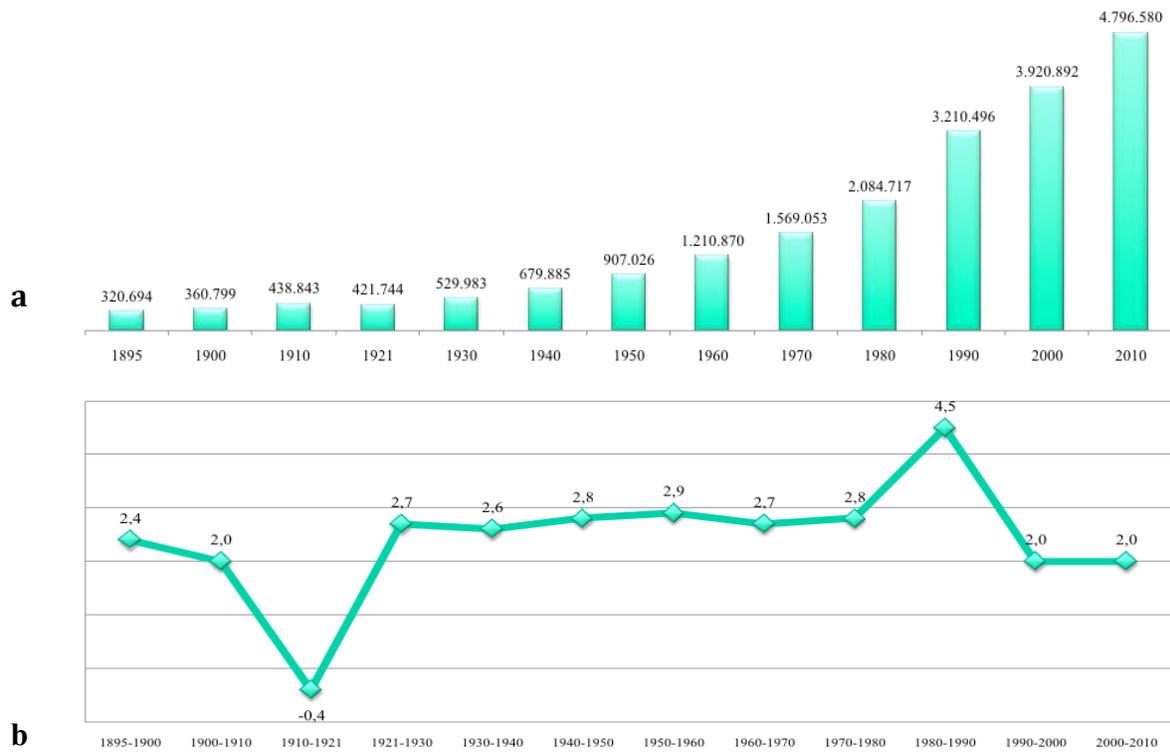


Figura IV.2. Gráfica de población total (a) y tasa de crecimiento promedio (b) en Chiapas de 1895 a 2010 (INEGI 2010b).

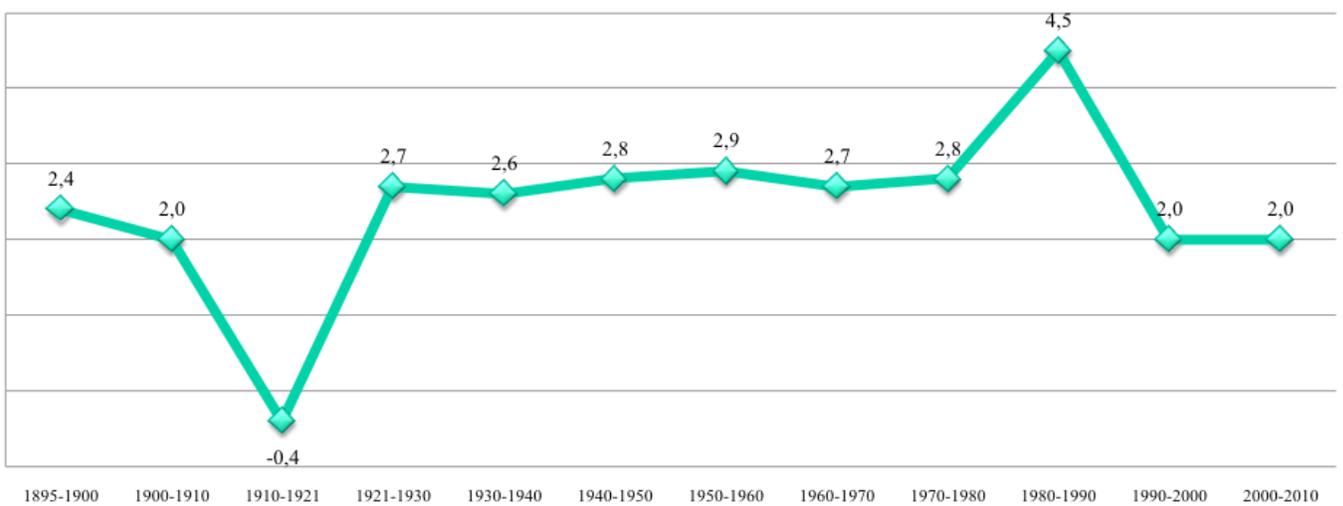


Figura IV.3. Gráfica de población total por municipio en el estado de Chiapas (INEGI 2010b).

Otro elemento que podemos considerar para valorar las tendencias de riesgo es la vulnerabilidad ambiental de la cuenca de Motozintla que caracterizaron Ramos y Morales (2013), la cual obtuvieron a partir del grado de antropización de la cobertura vegetal según Shisshenko (1988), referido en Priego-Santander et al. (2005) y Mathews (2008), la geometría de las laderas (Spiridonov 1973; Ortiz 1994) y el ángulo de inclinación. De lo anterior se observa que un 11.75% del territorio de la cuenca presenta un nivel de vulnerabilidad ambiental muy alto; 76.16% alto y 12.09% nivel medio (Figura IV.4). En cuanto a la precipitación se aprecia que septiembre, si bien, no suele pasar los 200 mm. (Figura IV.5a) sí resulta ser el mes con mayor precipitación acumulada(Figura IV.5b), por lo que la saturación del suelo es mayor, por lo tanto la infiltración menor y la probabilidad de inundaciones aumenta.

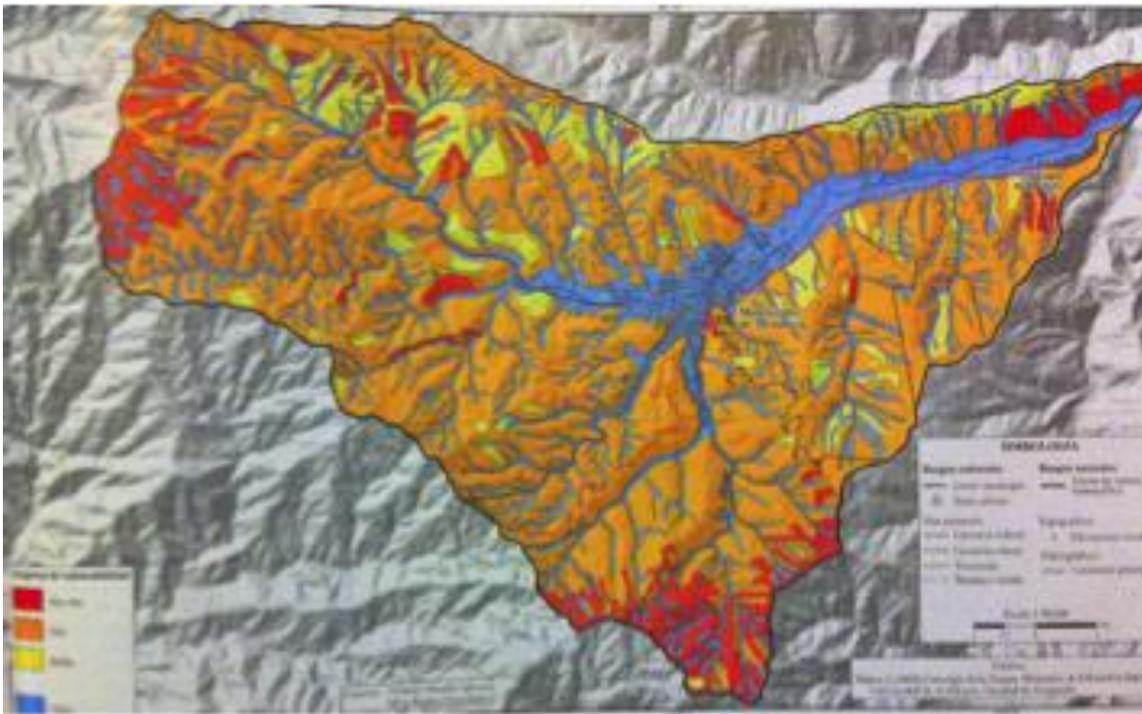
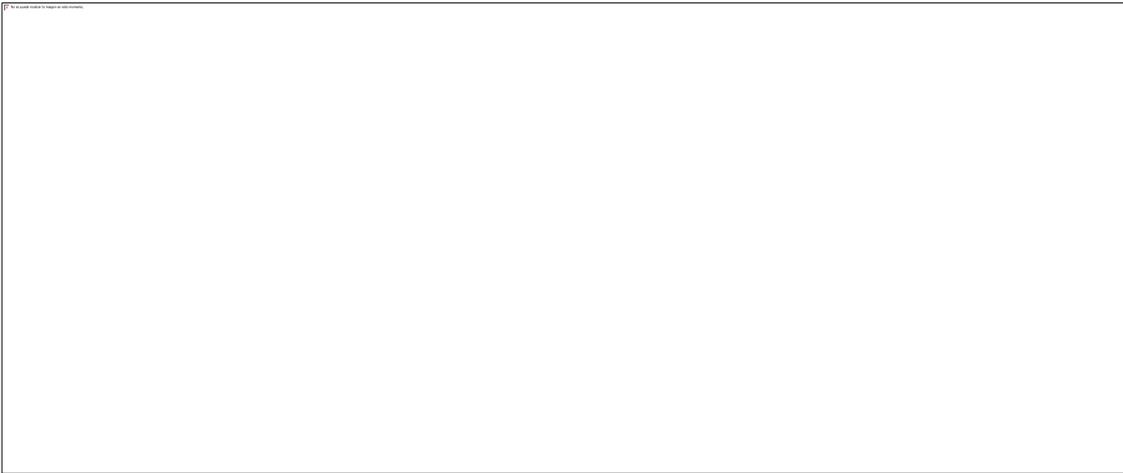


Figura IV.4. Mapa de vulnerabilidad ambiental. Cuenca de Motozintla (Ramos y Morales 2013).



**a**



**b**

Figura IV.5. Gráfica de precipitación en el mes de septiembre 1920 a 2009 (a) y gráfica de precipitación acumulada de julio a septiembre por década, de 1920 a 2009 en la estación Motozintla.

## **IV.3 FACTORES SOCIALES QUE CONDICIONAN EL RIESGO**

### **IV.3.1 Factores Estructurales**

En cuanto a las condiciones estructurales de las viviendas, Motozintla presenta un 69% de viviendas con muros de un material distinto del tabique, por lo que son menos resistentes, tanto a los movimientos del terreno como al paso de las inundaciones. La mayoría de los hogares presentan muros de block (55%) y el 12% muros de adobe, 1% de madera y 1% de lámina. (Figura IV.6a). El material de los techos es en un 46% de algún tipo de lámina (Figura IV.6b), lo cual es importante en la vulnerabilidad estructural de las viviendas ya que una vivienda con muros de block con techo de lámina es mucho menos resistente que si tuviera el techo de losa. En algunos casos se encontró que los muros eran inclusive de tabique y el techo seguía siendo de lámina.

El tipo de arquitectura es un elemento que se apreció en un 85% como desfavorable (Figura IV.6c), lo que se debe a que en gran medida las viviendas presentan formas de construcción con poca resistencia, tales como un piso y medio, dos pisos a medio construir, una bodega en la parte alta de una vivienda o presencia de columnas delgadas. La mayoría de las viviendas son de un solo nivel, lo cual representa mayor vulnerabilidad en caso de inundación (Figura IV.6d). La mayoría de éstas (68%) se constituyen de 1 a 4 cuartos como máximo de construcción, incluyendo las habitaciones para dormir, cocinar y bañarse (Figura IV.6e).

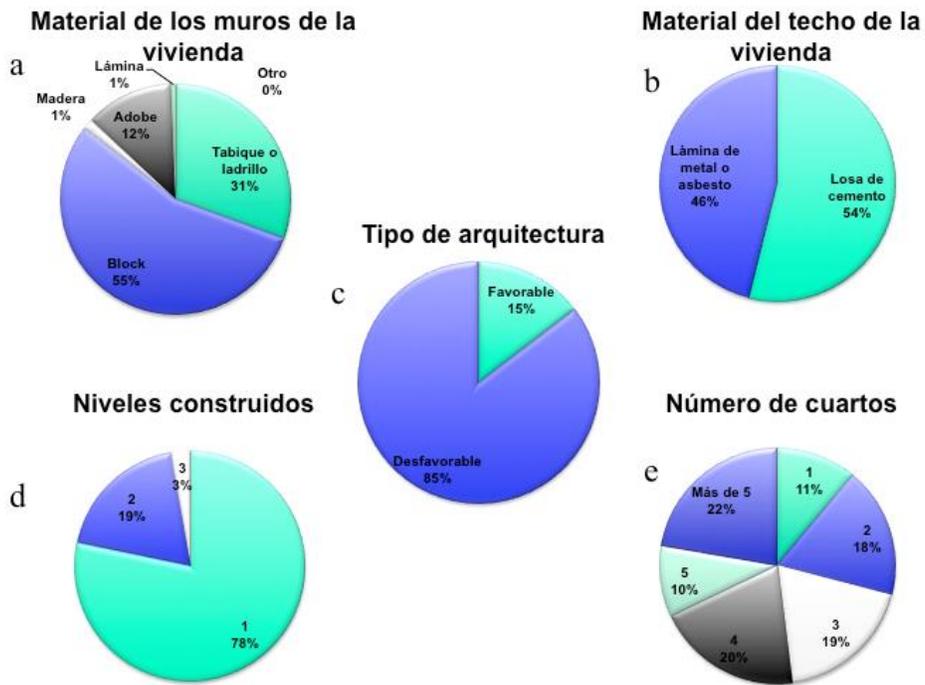


Figura IV.6. Elementos estructurales de las viviendas (gráficas de los resultados).

### IV.3.2 Factores Socio-económicos

Algunos resultados sobre los parámetros sociales y económicos relevantes son: en primer término la densidad de habitantes en la vivienda, el 30% de las viviendas son habitadas por 5 ó 6 integrantes, el 22% por más de 6 habitantes; de forma general, si consideramos viviendas con mas de cuatro habitantes, el porcentaje asciende a 52% (Figura IV.7a). En cuanto a los grupos de mayor vulnerabilidad dentro de los hogares, podemos apreciar que el 90% de las familias no cuentan con algún integrante mayor de 70 años (Figura IV.7b); el 87% no tiene algún integrante con discapacidad (Figura IV.7c); la mayoría son mayores de 5 años (72%) (Figura IV.7d). Sin embargo, un 30% de las viviendas sí tiene algún miembro de la familia analfabeta (Figura IV.7e).

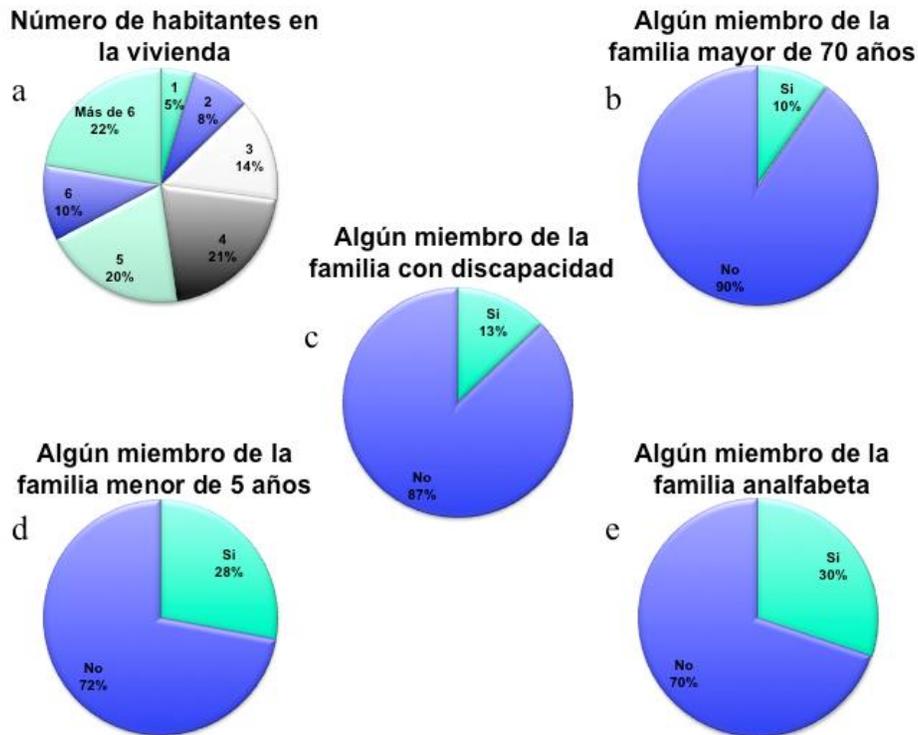


Figura IV.7. Elementos sociales de los habitantes (gráficas de los resultados).

Alrededor del 10% de la población manifestó que no tiene ningún tipo de seguro médico, sin embargo, del 90% que dijo sí contar con algún tipo de servicio médico, sólo un 40% tiene acceso a los servicios públicos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) o del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) y de este porcentaje, sólo el 7% tiene acceso a hospitalización, que cabe señalar que en el municipio no existe ninguna instalación de este tipo, por lo que habría que trasladarse a la capital del Estado (Figura IV.8a). Esto es importante, si además tenemos en cuenta que alrededor del 13% de las familias encuestadas manifestó contar con algún integrante con discapacidad, generalmente de tipo visual o motriz.

Al observar los servicios con los que cuenta la población, especialmente para efectos de comunicación, ya sea desde la perspectiva pública o privada, apreciamos que un 85% cuentan con radio o televisión, mayoritariamente esta última, ya que el radio, a pesar de contar con el aparato, manifestaron no acostumbrar a usarlo (Figura IV.8b). Sin embargo, en cuanto a la comunicación entre vecinos o familiares vemos que sólo un 28% cuenta con algún tipo de servicio telefónico, ya sea fijo o móvil, lo cual dificultaría la comunicación, ya que en caso de alguna emergencia, habría que acudir personalmente para dar algún aviso (Figura IV.8c).

Los ingresos en Motozintla son bajos ya que un 68% de las viviendas encuestadas manifestó percibir un ingreso menor a un salario mínimo por habitante. Para este trabajo se consideró que el ingreso mínimo aceptable para un hogar sería que independientemente de cuantas personas perciban algún ingreso, al sumarlos, éste sería igual o mayor a un salario mínimo por cada uno de sus miembros, ya que de lo contrario se dificulta su capacidad de cubrir las necesidades básicas.

De acuerdo con los lineamientos y criterios generales para la definición, identificación y medición de la pobreza establecidos en el Diario Oficial de la Federación publicado el 16 de junio de 2010, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) establece el índice de pobreza a partir de la insuficiencia para cubrir alguna de las siguientes necesidades básicas: acceso a la educación, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacio en la vivienda, servicios básicos de la vivienda y acceso a la alimentación (Figura IV.8d). Lo anterior se refleja directamente en la posibilidad de establecer algún tipo de ahorro, que puede ser en dinero, en especie o en propiedad, ese mismo 68% se encuentra imposibilitado para ahorrar (Figura IV.8e).

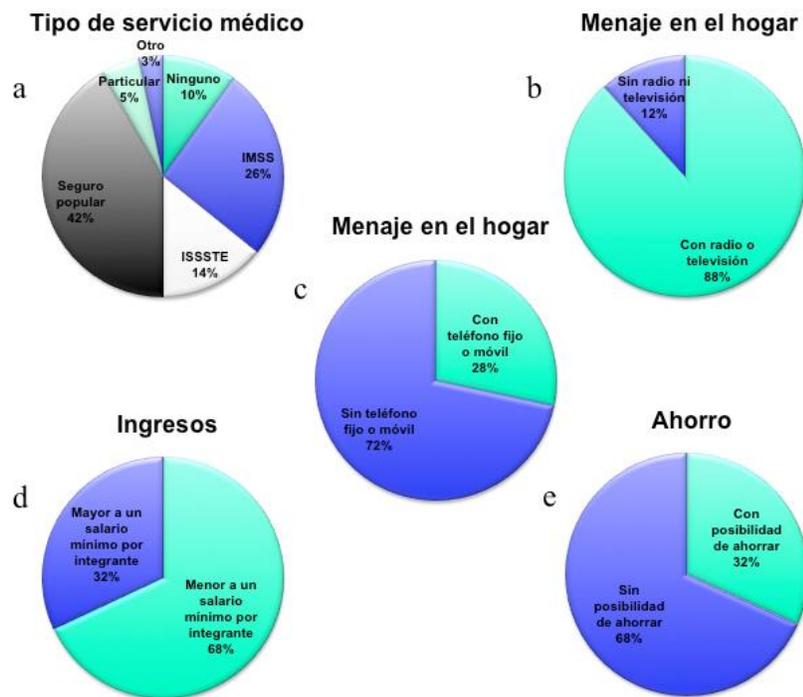


Figura IV.8. Elementos económicos de los habitantes (gráficas de los resultados).

Los parámetros de servicios domiciliarios resultaron complicados de medir, la mayoría de los encuestados manifestaron contar con los tres servicios básicos: agua potable (81%), drenaje (92%) y electricidad (89%) (Figura IV.9 a, b y c). Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente la mayoría de la población no está segura de la calidad de la potabilización del agua que consume, confunde el drenaje con tener en la vivienda una descarga sanitaria o una fosa séptica y a pesar de que efectivamente la mayoría de las viviendas cuentan con electricidad, no se refiere a contar con el servicio, es decir, tener un medidor y pagar por el servicio, ya que de forma usual, suelen auto-conectarse en forma clandestina.

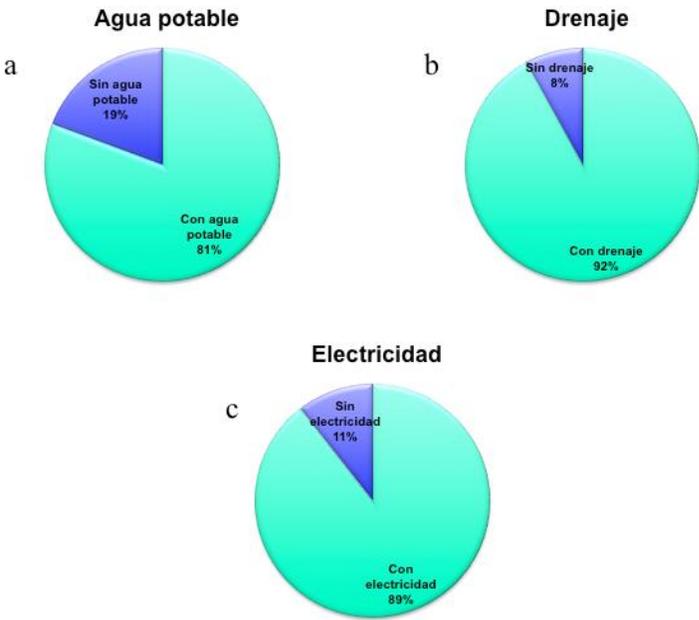


Figura IV.9. Servicios domiciliarios presentes en la vivienda (gráficas de los resultados).

### IV.3.3 Factores Organizacionales

En lo que se refiere a la vulnerabilidad organizacional, considerada a partir de los mecanismos de respuesta que la población manifiesta tener respecto a su capacidad de reducir el riesgo o los efectos de un desastre y que se encuentran relacionados directamente con el nivel de eficiencia institucional, lo que se observó es que el 81% de la población manifiesta no contar con un plan gubernamental de contingencias que les indique que hacer en caso de una contingencia y del 19% restante que dice sí conocerlo, cuando se cuestionó en que consiste dicho plan, manifestó no saberlo específicamente (Figura IV.10a). El 65% comentó que en previos casos de desastre no ha recibido apoyo por parte del gobierno (Figura IV.10b).

En cuanto a los elementos de mitigación de protección civil, el 68% de la población identifica algún inmueble como albergue, sin embargo, éstos no están considerados como tal, se refieren a lugares que en el pasado se usaron como refugio, como el caso de las iglesias. El 67% reconoce como rutas de evacuación las carreteras, sin embargo, tampoco hay un plan que determine cuáles serían las rutas de evacuación para el caso específico de inundación o algún otro evento de desastre (Figura IV.10 c y d). Un elemento que es de relevancia fundamental y que serviría para contrarrestar la falta de organización que la población tiene por parte de las autoridades, es la organización entre vecinos, sin embargo, en Motozintla solamente un 5% manifestó contar con algún tipo de mecanismo de apoyo entre los miembros de la comunidad. Más aún, el concepto de comunidad parece ser abstracto y pocas veces los encuestados fueron capaces de definir claramente una idea de comunidad y el papel que ésta desempeña en la mitigación de desastres y en la contingencia por fenómenos naturales. Frecuentemente, los encuestados asociaron la comunidad con la organización de las iglesias, sin embargo no establecieron un vínculo entre la comunidad y la mitigación del riesgo y/o la contingencia ante un fenómeno natural (Figura IV.10e).

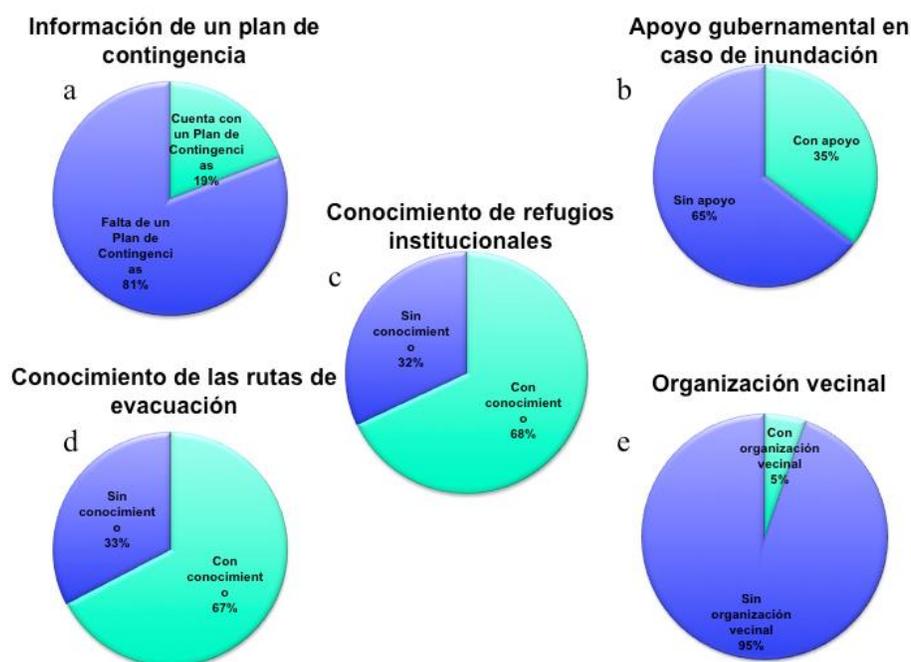


Figura IV.10. Elementos organizacionales-institucionales, asociados a la preparación ante contingencias (gráficas de los resultados).

### IV.3.4 Factores de percepción del riesgo

En cuanto a la percepción de riesgo, se observó que más de la mitad de la población se siente en riesgo alto (53%), siguiendo con un 30% que dice sentirse en riesgo medio y el 17% restante que manifiesta percibir un riesgo bajo. Este último dato se refiere a las personas que habitan el centro de la cabecera municipal, donde las viviendas son menos vulnerables y la pendiente del terreno es menos desfavorable, sin

embargo, en el pasado han sido impactadas por algún tipo de inundación ligera en sus viviendas y tienen temor de sufrir una inundación más severa (Figura IV.11a). Resulta interesante por otra parte, el hecho de que un 74% manifiesta haber sufrido daño por alguno de los eventos de desastres anteriores, ya sea en 1998, en 2005 o en ambos (Figura IV.11b).



Figura IV.11. Percepción del nivel de riesgo y daños por inundación (gráficas de los resultados).

Lo anterior resulta relevante ya que estos elementos deberían convertirse en acciones concretas por parte de la población con el objetivo de mitigar su riesgo. Sin embargo se observó que la percepción del riesgo, en general, se centra en la incapacidad de prevenir o reducir su vulnerabilidad y por lo tanto su riesgo y los daños de un posible desastre en el futuro. Por ejemplo en la Figura IV.12a, el 89% de la población considera que un fenómeno natural generalmente se convierte en un desastre, con lo cual disocia que los

fenómenos naturales están ocurriendo todo el tiempo y son parte esencial de su vida y sólo algunos de éstos suelen presentar características extraordinarias. Más aún, también los eventos extraordinarios son parte de la dinámica natural, por lo que se deben considerar como tal y prepararse para sufrir menos daños en caso de un eventual desastre y de preferencia trabajar en evitar los desastres. En este sentido el 63% de los encuestados manifestaron que los desastres no se pueden evitar (Figura IV.12b) y un 75% que son resultado de algún castigo divino (Figura IV.12c).

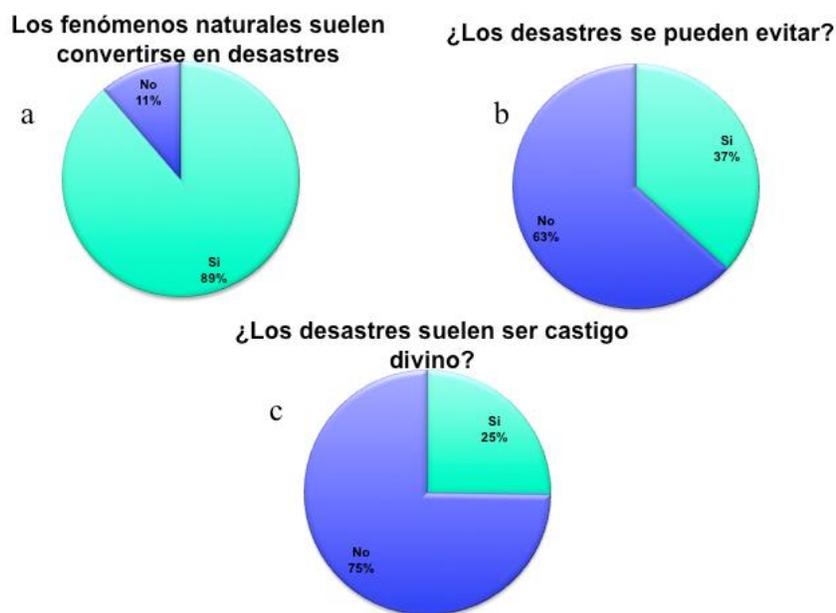


Figura IV.12. Percepción de riesgo sobre los fenómenos naturales y los riesgos asociados a éstos (gráficas de los resultados).

Sin duda un elemento que aumenta la vulnerabilidad de la población en Motozintla es su consideración sobre que hacer en caso de emergencia y cómo relacionarse con las instituciones responsables y con los miembros de su propia comunidad. Por ejemplo, el interés por conocer los planes de emergencia, saber de su existencia y en todo caso, demandar a las autoridades que lo implementen, son acciones que estarían encaminadas

hacia una efectiva reducción del riesgo. Los resultados de esta investigación nos arrojan elementos de vulnerabilidad, ya que un 80% manifestó no interesarse en buscar información sobre los planes de prevención, el 55% reportó que no suele seguir las instrucciones de Protección Civil y un 45% manifiesta no estar dispuesto a ser reubicado a pesar de encontrarse en área de riesgo (Figura IV.13a, b y c, respectivamente).

Aunado a lo anterior, se observó que un 72% de la población presenta algún nivel de desconfianza hacia los miembros de su comunidad y el 27% restante, en general asocia su confianza en vecinos de la misma congregación religiosa (Figura IV.13d). Este último punto resulta fundamental en el aumento de la vulnerabilidad, ya que lo que permitiría una eficiente tarea de reducción de riesgo es la cohesión social que existe entre los miembros de una comunidad.

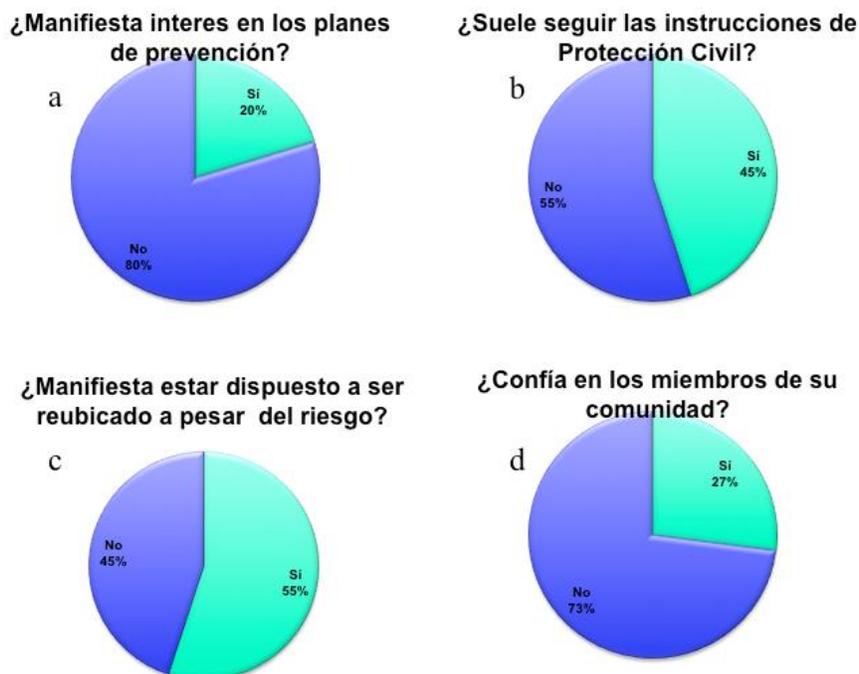


Figura IV.13. Percepción de riesgo, relacionado con las acciones de la población en materia de preparación ante contingencias (gráficas de los resultados).

A nivel nacional en estado de Chiapas se ubica en el lugar número 30 en cuanto a condiciones favorables para la reducción del riesgo con un 4.8 en el Índice de Condiciones y Capacidades para la Reducción del Riesgo (ICCR), sólo por arriba de Oaxaca y Guerrero (Mansilla et al. 2013). Lo anterior nos habla de que el Municipio de Motozintla se ubica en un entorno de baja capacidad de mitigación, por lo que el nivel de riesgo tiene alta potencialidad de aumentar a menos que se desarrollen estrategias de mitigación locales, las cuales frenarían la tendencia estatal.

En este sentido se realizó un ejercicio con condiciones de vulnerabilidad distintas, suponiendo que la población ha recibido educación sobre los planes de riesgo y contingencia de inundación para saber que hacer en caso de una precipitación extraordinaria y cómo tomar medidas preventivas para el fortalecimiento de sus hogares. Los resultados indican que la vulnerabilidad sería más baja en la mayoría del territorio, sin embargo, seguiría siendo elevado para los asentamientos ubicados a las orillas de los ríos y arroyos, así como en la zonas de reubicación.

El ejercicio consistió en suponer que el 75% de la población considera que los desastres sí se pueden evitar o que los daños pueden ser menores, que se les informa acerca de las características del peligro de inundación, que sí tienen un plan de contingencia gubernamental y lo conocen, por lo que habría una mayor credibilidad hacia las acciones gubernamentales. El resultado se muestra en la Figura IV.14 en que se puede observar que las áreas de muy alto riesgo, se convierten en alto riesgo, por lo que parece que es aconsejable invertir esfuerzos en este sentido.

En un trabajo sobre los antecedentes en el manejo del riesgo en Motozintla, Rubio (2009) recoge testimonios de la población de edad avanzada, donde relatan que antes, la población era menor y tenían más sentido de riesgo y preparación comunitaria ya que cuando llovía intensamente hacían preparativos como acopio de alimentos y movilización hacia zonas más altas en las inmediaciones, por lo que las inundaciones no se convertían en un desastre. Por otra parte Briones (2010) destaca que las áreas de reubicación (Milenios) no cumplieron con los propósitos enunciados de mitigación de

riesgo para lo pobladores, ya que en general, por sus costos económicos y políticos las reubicaciones resultan complejas y en muchos casos, en especial, en América Latina, conforman nuevos asentamientos de alto riesgo (Macías 2009).

La importancia de mantener a la población informada y con espacios de participación es fundamental para la reducción del riesgo, Álvarez-Gordillo et al. (2008), desarrollaron una propuesta de programa educativo para la gestión de riesgo en la región Sierra de Chiapas, encaminado a proporcionar información y estrategias psico-pedagógicas participativas hacia la gestión de riesgo, donde destacan como importante incorporar el conocimiento y manejo de los conceptos y de las implicaciones sociales para involucrarse en el tema, aceptando que los riesgos no manejados adecuadamente suelen convertirse en desastres y que la misma población en riesgo es participante en él y puede ser el agente mitigante fundamental si se compromete y desarrolla estrategias para identificar las capacidades y fortalezas de las instituciones locales en la gestión del riesgo encaminadas hacia el desarrollo sustentable y la reducción de riesgo.

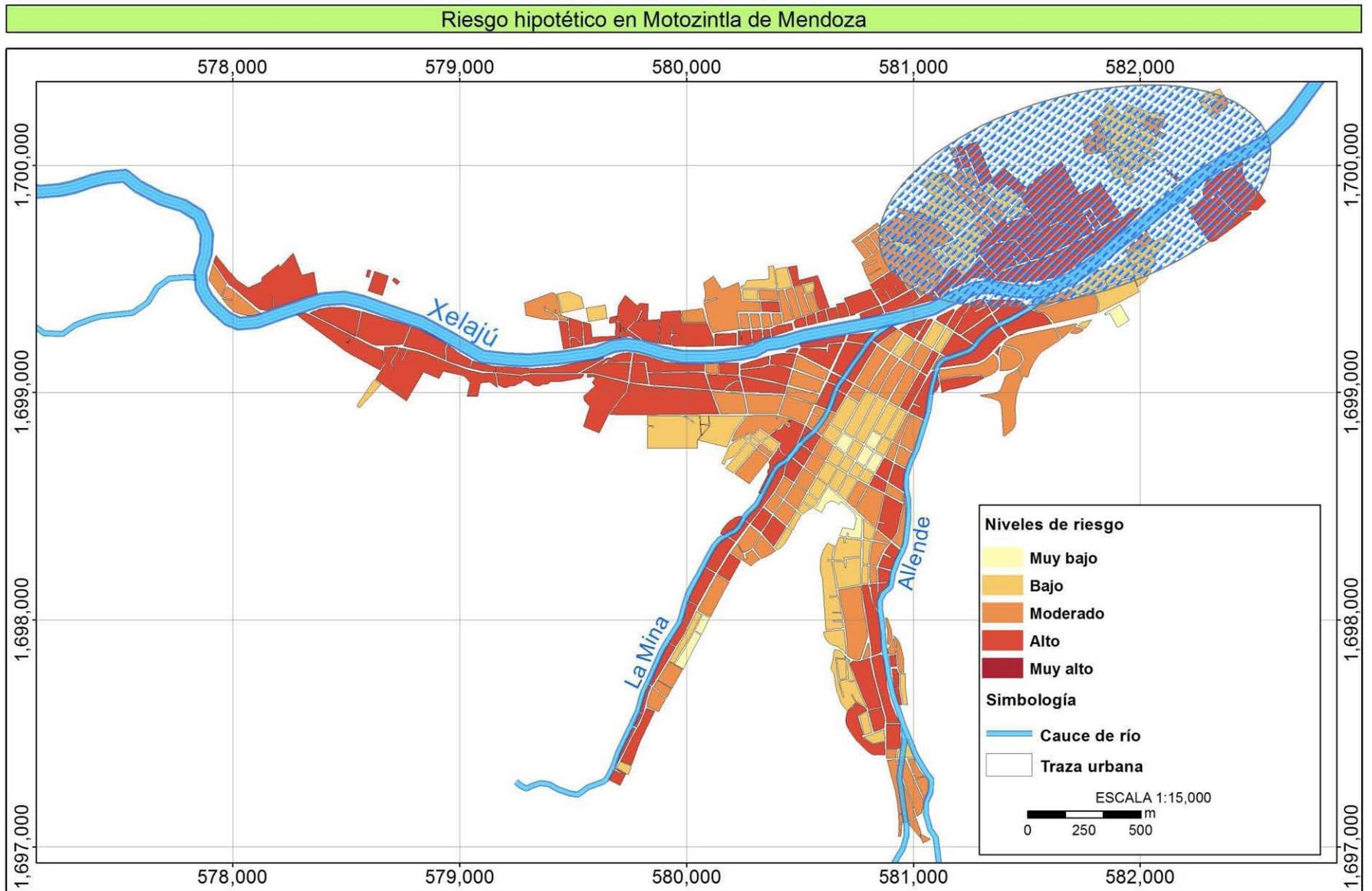


Figura IV.14 Riesgo asociado a vulnerabilidad global y con un 75% de población informada sobre el riesgo por inundación y las medidas de mitigación (porcentaje modificado hipotéticamente).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El nivel de vulnerabilidad depende de las condiciones sociales, económicas, políticas y culturales de la población, sin embargo, aún no se ha establecido un consenso sobre las características unívocas y exclusivas que deben considerarse para la evaluación de la vulnerabilidad. Lo que se observa con mayor frecuencia en la comunidad científica es la necesidad de establecer metodologías que permitan cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo y asimismo considerar los elementos cualitativos que están presentes, como el caso del gobierno de Australia que solicitó a la Universidad de Camberra el trabajo desarrollado por Dwyer et al. (2004), donde se cuantifican elementos concretos como el salario o la tenencia de la vivienda y también se incorporan elementos cualitativos como la percepción de riesgo de la población.

En el caso de esta investigación, por ejemplo, las características estructurales de las viviendas arrojan niveles que van de moderado a muy alto; en cuanto a los parámetros socio-económicos los resultados son más homogéneos, excepto por la porción más antigua del asentamiento (el centro). Sin embargo, cuando se consideraron los factores organizacionales, referidos a la falta de organización (instituciones-población) para reducir el riesgo o mitigar los efectos de un eventual desastre, la vulnerabilidad aumentó, en su mayoría de moderada a alta. Cabe destacar que al valorar la percepción de riesgo de la población, el resultado es muy similar en toda la localidad, el cual se estableció en moderado para casi todo el territorio. Al ponderar las variables de vulnerabilidad de acuerdo a su incidencia en ésta, se obtuvo una idea más

clara sobre el riesgo de Motozintla ante la exposición de inundación, por lo que representa una aportación para la identificación y valoración de riesgo asociado a inundaciones.

En general, la vulnerabilidad global en Motozintla de Mendoza es baja en la porción central, donde la infraestructura y los servicios son de mejor calidad, a moderada en prácticamente el resto de territorio de la localidad y alta en las áreas de la periferia o los extremos de la localidad. Las zonas de alta vulnerabilidad se correlacionan con los reasentamientos de reciente creación, especialmente los que se construyeron después del desastre de 1998. Desde una aproximación espacial, se puede apreciar que aproximadamente el 60% del territorio presenta una moderada vulnerabilidad global, un 25% está clasificado con vulnerabilidad alta, y un 15% con alta vulnerabilidad.

En cuanto al riesgo es importante considerar que el peligro por inundación es significativo y que un 74% de la población refiere haber sido afectada durante algún evento de este tipo. Las características estructurales de las viviendas presentan deficiencias, especialmente en las áreas del norte y noreste del área de estudio. El ingreso familiar promedio es menor a un salario mínimo por habitante del hogar. La población no presenta estrategias comunitarias de prevención y atención ante una contingencia y prevalece la falta de acercamiento entre autoridades y población, lo que dificulta la organización de respuesta y el fortalecimiento institucional. Evidentemente, estos elementos aumentan el riesgo y se deben considerar para reducir el nivel de vulnerabilidad de la población y con ello el riesgo al que está expuesta.

Un factor fundamental en la condición de riesgo es la percepción que la población tiene de su propio riesgo, ya que ésta le facilita o dificulta la actuación en medidas de prevención, mitigación y planificación, tanto al asentarse en un lugar, como al decidir sobre las características de la construcción y sobretodo en las acciones que deberá tomar para reducir su condición de riesgo. Conviene señalar que la mayoría de las personas en la zona de estudio no tomó en cuenta el riesgo al que se encuentran expuestas por inundaciones para decidir dónde, ni cómo construir su vivienda.

En cuanto a las ventajas de la metodología presentada en esta investigación para cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo, es factible afirmar que puede utilizarse para cualquier otro tipo de peligro o amenaza, adecuando la ponderación de variables de acuerdo a las características del nivel de peligro y de exposición. La unidad espacial seleccionada (la manzana) resulta adecuada ya que permite manejar un nivel de acercamiento significativo en la identificación del nivel de riesgo y por otra parte resulta óptimo para la gestión del riesgo local.

La toma de datos en campo es fundamental ya que por una parte favorece la corroboración de datos sobre las características estructurales de las viviendas y socio-económicas de sus habitantes y por la otra permite la obtención de nuevos datos relacionados con la condición de la población en cuanto a estas características. La elaboración del mapa de la localidad, con la traza urbana actualizada y georreferenciada resulta la base fundamental para el análisis espacial de las condiciones de vulnerabilidad, peligro y riesgo.

El trabajo de campo también permite obtener datos sobre las condiciones organizacionales, tanto de los habitantes, como de sus autoridades relacionadas con la prevención y la mitigación del impacto de los desastres. Así como de la percepción de riesgo, elemento que resulta fundamental en el aumento o disminución de la vulnerabilidad y por lo tanto del riesgo.

La elaboración de matrices de vulnerabilidad ponderada permite establecer áreas de riesgo con mayor nivel de diferenciación. Finalmente, el análisis y representación de la información mediante un SIG permite establecer niveles espaciales del riesgo dentro de la localidad. Lo cual favorece la gestión integral del riesgo por parte de las autoridades locales.

Los mapas de vulnerabilidad y riesgo generados en la investigación son insumos necesarios para la gestión integral del riesgo en Motozintla de Mendoza. Esta comunidad ahora cuenta con un mapa de la traza urbana actualizado y georreferenciado, así como con mapas de vulnerabilidad diferenciada y global y mapas de riesgo asociado a estas vulnerabilidades y al peligro por inundación. Lo anterior representa una innovación y una aportación para la valoración de riesgo local en general y para Motozintla de Mendoza en particular.

En resumen el procedimiento realizado para la cuantificación del riesgo en Motozintla de Mendoza fueron los siguientes: 1) Actualización georreferenciada de la traza urbana de la localidad; 2) Selección de variables que condicionan la vulnerabilidad; 3) Elaboración del instrumento de levantamiento de datos en campo; 4) Cálculo de la muestra mínima poblacional estadísticamente significativa; 5) Selección aleatoria de viviendas; 6) Levantamiento de encuestas en campo; 7) Generación de bases de datos; 8) Análisis espacial de la cuantificación de la vulnerabilidad; 9) Caracterización del peligro por inundación; 10) Ponderación de vulnerabilidades de acuerdo a su nivel de incidencia en el riesgo; 11) Cuantificación del riesgo a partir de la elaboración de matrices y 12) Determinación espacial de áreas de riesgo en un SIG.

Considerando que la valoración del riesgo incluye cierto grado de complejidad en el reconocimiento espacial de los elementos de la vulnerabilidad especialmente para los tomadores de decisiones, se pretende

que este trabajo represente una aportación metodológica para la valoración del riesgo y su consecuente modificación en el patrón de gestión de riesgos, dentro de lo que cabría promover el desarrollo e implementación de medidas como las que se enuncias a continuación:

- Programa de Desarrollo Urbano
- Programa de Reordenamiento Ecológico Territorial
- Programa de Alertamiento Temprano
- Programa de Reducción de Riesgo
- Priorización de áreas de atención en caso de contingencia o desastre
- Restricción de zonas no aptas para la construcción de viviendas
- Programa de Conservación Ambiental
- Normas locales de cuidado y preservación ambiental
- Iniciativa de Leyes y Reglamentos Municipales
- Fomento y apoyo a iniciativas de acciones comunitarias o vecinales

Cabe hacer hincapié en que con un conocimiento adecuado del riesgo sería posible efectuar medidas de mitigación como pueden ser algunas modificaciones estructurales a la vivienda o la reubicación en casos extremos. Por otra parte, el conocimiento del riesgo permitiría a la población una preparación adecuada en caso de contingencias. Es decir, por una parte solicitar a las autoridades correspondientes un plan de acción en caso de inundación y por otro lado, establecer un plan vecinal de acción, en principio para conservar su vida y por supuesto para salvaguardar su vivienda y demás bienes.

La vulnerabilidad debe encaminarse hacia los elementos de mitigación y adaptación que permitan que la población identifique, desarrolle y fortalezca verdaderos elementos de resiliencia y no simplemente de sobrevivencia. En el contexto mundial de violencia y pobreza económica y ética, México se inserta como líder, lo que ha provocado que el entramado social se vea cada vez más frágil. En el caso de Motozintla, la población ha padecido los desastres, sin embargo, no cuenta con suficientes elementos económicos o estructurales de mitigación y además de ello, no confía en los miembros de su comunidad. Motozintla es una localidad donde prácticamente todo el mundo se conoce ¿porqué no organizarse entre vecinos? ¿porqué en las calles se encuentran los perros muriendo de hambre cuando en el mercado los productos están en estado de descomposición? ¿hacia dónde van los valores éticos? Definitivamente, el espectro de variables para la valoración de la vulnerabilidad debe considerar aspectos de este tipo, por supuesto, el reto es identificarlos en su justa dimensión y valorarlos, lo que conlleva por una parte la inclusión del respeto a los derechos de la población por ser parte de su propio gobierno (Macías 2009b) y por la otra a la proyección dinámica de la vulnerabilidad hacia escenarios futuros (Magaña 2012).

## REFERENCIAS

- Aceves Quesada, Fernando, Ana Martín Del Pozzo, and Jorge López Blanco. 2007. "Volcanic Hazards Zonation of the Nevado de Toluca Volcano, Central Mexico." *Natural Hazards* 41(1): 159-180.
- Adger, Neil. 2006. "Vulnerability." *Global Environmental Change* 16(3): 268-281.
- Álvarez-Gordillo, Guadalupe, Luz Álvarez-Gordillo, Enrique Eroza-Solan y José Dorantes-Jiménez. 2008. "Propuesta Educativa para la Gestión del Riesgo de Desastres. En la Región Sierra de Chiapas, México". *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 38(13): 919-943.
- Antonioni, Giacomo, Gigliola Spadoni, and Valerio Cozzani. 2007. "A Methodology for the Quantitative Risk Assessment of Major Accidents Triggered by Seismic Events". *Journal of Hazardous Materials* 147(1-2): 48-59.
- Araña Saavedra, Vicente y Ramón Ortiz Ramis. 1984. *Volcanología*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid: Rueda.
- Aronsson, Thomas and Marten Palme. 1998. "A Decade of Tax and Benefit Reforms in Sweden: Effects on Labour Supply, Welfare and Inequality." *Economica* 65(257): 39-67.
- Banning, Reinder, Astrea Camstra, and Paul Knottnerus. 2012. *Sampling Theory: Sampling Design and Estimation Methods*. The Hague/Heerlen: Statistics Netherlands.
- Bird, D.K. 2009. "The Use of Questionnaires for Acquiring Information on Public Perception of Natural Hazards and Risk Mitigation: A Review of Current Knowledge and Practice." *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9(4): 1307-1325.
- Blockeel, Hendrik and Luc De Raedt. 1998. "Top-Down Induction of Logical Decision Trees." *Artificial Intelligence* 101(1-2): 285-297.
- Blundell, Richard and Costas Meghir. 1988. "Labour Supply Specification and the Evaluation of Tax Reforms." *Journal of Public Economics* 36(1): 23-52.
- Bouwer, Laurens, Philip Bubeck, and Jeroen Aerts. 2010. "Changes in Future Flood Risk Due to Climate and Development in a Dutch Polder Area". *Global Environmental Change* 20(3): 463-471.
- Breiman, Leo, Jerome Friedman, Charles Stone, and Richard A. Olshen. 1984. *Classification and Regression Trees*. California: Wadsworth.

- Briones, Fernando. 2010. "Inundados, Reubicados y Olvidados: Traslado del Riesgo de Desastres en Motozintla, Chiapas." *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes* 31: 132-144.
- Bubeck Philip, W. Botzen, and Jeroen Aerts. 2012. "A Review of Risk Perceptions and other Factors that Influence Flood Mitigation Behavior." *Risk Analysis* 32(9): 1481-1495.
- Cannon, Terry. 2008. *Reducing People's Vulnerability to Natural Hazards Communities and Resilience*. Research Paper/ UNU-WIDER, Mo. 2008.34.
- Cantarero, Francisco. 2013. "III.7 Zonificación de la Amenaza por Inundaciones." Pp. 133-139 en *Atlas de Factores de Riesgos de la Cuenca de Motozintla, Chiapas*, coordinado por Oropeza, Oralia y Figueroa, M., Instituto de Geofísica, UNAM.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2010. "Índices de Vulnerabilidad." Organización Mundial de Agricultura.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2001. *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*. México: Secretaría de Gobernación.
- Climent, A., S. Salgado, S. Slob, y J. van Westen. 2003. "Amenaza Sísmica y Vulnerabilidad Física en la Ciudad de Cañas, Guanacaste, Costa Rica." CBNDR, RAPCA.
- Comisión Económica para América Latina. 2007. *Información para la Gestión del Riesgo de Desastres. Estudio de Caso de Cinco Países: Colombia*. CEPAL.
- Crichton, David. 1999. "The Risk Triangle." Pp. 102-103 in *Natural Disaster Management*, edited by Ingleton J. London: Tudor Rose.
- Dao, Quoc-Hy and Pascal Peduzzi. 2004. "Global Evaluation of Human Risk and Vulnerability to Natural Hazards." In *Enviro-Info 2004*, Geneve: Editions du Tricorne.
- De Vries, Daniel. 2011. "Temporal Vulnerability in Hazardscapes: Flood Memory-Networks and Referentiality along the North Carolina Neuse River (USA)." *Global Environmental Change* 21(1): 154-164.
- Diario Oficial de la Federación. (2010) Lineamientos y criterios generales para la definición, identificación y medición de la pobreza. (Segunda Sección) 11. Publicado el miércoles 16 de junio de 2010. En Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Disponible en: [http://www.coneval.gob.mx/rw/resource/coneval/med\\_pobreza/DiarioOficial/DOF\\_lineamientos\\_pobrezaCONEVAL\\_16062010.pdf](http://www.coneval.gob.mx/rw/resource/coneval/med_pobreza/DiarioOficial/DOF_lineamientos_pobrezaCONEVAL_16062010.pdf) (Fecha de consulta: 20/12/2014).
- Dwyer, Anita, Christopher Zoppou, Ole Nielsen, Stephen Roberts and Susan Day. 2004. *Quantifying Social Vulnerability: A Methodology for Identifying those at Risk to Natural Hazards*. Canberra: Geoscience Australia, Australian Government.

García Sosa, Jorge y Arturo Espadas Solís. 2004. “Análisis de Vulnerabilidad Física y Medidas de Mitigación para el Sistema de Agua Potable de Telchac Puerto ante la Amenaza de Huracanes.” *Ingeniería* 8(2): 7-14.

Ghizzoni, Tatiana, Roth Giorgio, and Roberto Rudari. 2012. “Multisite Flooding Hazard Assessment in the Upper Mississippi River.” *Journal of Hydrology* 412-413: 101-113.

Hernández Moreno, María. 2011. “Procesos de Remoción en Masa en el Municipio de Motozintla, Chiapas.” *Universidad Nacional Autónoma de México*.

Horney J.A., Macdonald P.D., Van Willigen M., Berke P.R. and Kaufman JS. 2010. “Individual Actual or Perceived Property Flood Risk: Did it Predict Evacuation from Hurricane Isabel in North Carolina, 2003?” *Risk Analysis* 3: 501-151.

Hunt, Earl, Janet Marin, and Philip Stone. 1966. *Experiments in Induction*. Oxford: Academic Press.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC. *Mapas del Medio Ambiente de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. Disponible en: [http://www2.inecc.gob.mx/emapas/chis\\_27.html](http://www2.inecc.gob.mx/emapas/chis_27.html) (Fecha de consulta: 13/12/ 2014).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010a. *Censo de Población y Vivienda*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/> (Fecha de consulta: 09/05/2012).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010b. “Cuéntame. Información por Entidad” *Censo de Población y Vivienda*. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=07> (Fecha de consulta: 08/11/2014).

Jacob Steve, Priscilla Weeks, Ben Blount and Michael Jepson. 2013. “Development and Evaluation of Social Indicators of Vulnerability and Resiliency for Fishing Communities in the Gulf of Mexico.” *Marine Policy* 37: 86–95.

Jiang, Weigou, Lei Deng, Luyao Chen, and Jianjun Wu. 2009. “Risk Assessment and Validation of Flood Disaster Based on Fuzzy Mathematics.” *Progress in Natural Science* 19(10): 1419-1425.

Kappes, M., Papathoma-Köhle, M. and Keiler, M. 2011. “Assessing Physical Vulnerability for Multi-Hazards Using an Indicator-based Methodology.” *Applied Geography* 32(2): 577-590.

Kaynia, A., Papathoma-Köhle M., Neuhäuser B., Ratzinger K., Wenzel H., and Medina-Cetina Z. 2008. “Probabilistic Assessment of Vulnerability to Landslide: Application to the Village of Lichtenstein, Baden-Württemberg, Germany.” *Engineering Geology* 101(1-2): 33-48.

Kazmierczak, Aleksandra and Gina Cavan. 2011. "Surface Water Flooding Risk to Urban Communities: Analysis of Vulnerability, Hazard and Exposure." *Landscape and Urban Planning* 103(2): 185-197.

Klevmarcken, N. Anders. 1997. *Modelling Behaviour Response in EUROMOD*. Research Paper No. 9720, Faculty of Economics: University of Cambridge.

Lam, Nina Siu-Ngan. 1983. "Spatial Interpolation Methods: A Review." *The American Cartographer* 10(2): 129-150.

Larrazábal Galaviz, Claudia, José Manuel Figueroa y Oralia Oropeza (Compiladores), 2013. "Mapa: I.1 Localización de la Cuenca de Motozintla, Chiapas." en: *Atlas de Factores de Riesgos de la Cuenca de Motozintla, Chiapas*, coordinado por Oropeza O. y Figueroa M, Instituto de Geofísica, UNAM, México.

López Báez, W, Villar Sánchez, B., López Martínez, J. y Faustino Manco, J. 2007. *El Manejo de Cuencas Hidrográficas en el Estado de Chiapas: Diagnóstico y Propuesta de un Modelo Alternativo de Gestión*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Maantay, Juliana and Andrew Maroko. 2009. "Mapping Urban Risk: Flood Hazards, Race, & Environmental Justice in New York." *Applied Geography* 29(1): 111-124.

Macías Medrano Jesús Manuel (Coordinador). 2009a. *Investigación Evaluativa de Reubicaciones Humanas por Desastres en México*. Papeles de la Casa Chata. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS).

Macías Medrano Jesús Manuel (Coordinador). 2009b. *La Disputa por el Riesgo en el Volcán Popocatepetl*. Publicaciones de la Casa Chata. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS).

Macías Medrano, Jesús Manuel. 1999. *Desastres y Protección Civil: Problemas Sociales, Políticos y Organizacionales*. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS).

Macías Vázquez José Luis y Lucía Capra. 2005. *Los Volcanes y sus Peligros: Situación Actual en México y Latinoamérica*. México: Fondo de Cultura Económica.

Magaña Rueda, Víctor (responsable). 2012. *Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Mahendra, R., Mohanty, P., Bisoyi, H., Srinivasa Kumar, T., and Nayak, S. 2011.

"Assessment and Management of Coastal Multi-Hazard Vulnerability along the Cuddalore–Villupuram, East Coast of India Using Geospatial Techniques." *Ocean and Coast Management* 54(4): 302–311.

Mansilla Elizabeth, Alejandra Cortés, Eva García y Úrsula Albo. 2013. “Condiciones y Capacidades Globales para la Reducción de Riesgo.” Pp. 202-207 en *Atlas de Factores de Riesgos de la Cuenca de Motozintla, Chiapas*, coordinado por Oropeza, Oralia y Figueroa, M. Instituto de Geofísica, UNAM.

Marhaviilas, P., Koulouriotis, D. and Germení, V. 2011. “Risk Analysis and Assessment Methodologies in the Work Sites: On a Review, Classification and Comparative Study of the Scientific Literature of the Period 2000-2009.” *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 24(5): 477-523.

Martin, Wade E., Ingrid M. Martin and Brian Kent. 2009. “The Role of Risk Perceptions in the Risk Mitigation Process: The Case of Wildfire in High Risk Communities.” *Journal of Environmental Management* 91: 489–498.

Martinelli, A., Cifani, G., Cialone, G., Corazza, L., Petracca, A. and Petrucci, G. 2008. “Building Vulnerability Assessment and Damage Scenarios in Celano (Italy) Using a Quick Survey Data-based Methodology.” *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 28(10-11): 875-889.

Mendenhall, William., Robert J. Beaver, and Barbara M. Beaver. 1999. *Introduction to Probability and Statistics Brooks*. Duxbury Press.

Merz, Joachim. 1991. “Microsimulation: A Survey of Principles, Developments and Applications.” *International Journal of Forecasting* 7(1): 77-104.

Morales, Horacio y Silvia Ramos. 2013. “I.12 Vegetación y uso de suelo.” Pp. 62-65 en *Atlas de Factores de Riesgos de la Cuenca de Motozintla, Chiapas*, coordinado por Oropeza, Oralia y Figueroa, M., Instituto de Geofísica, UNAM.

Novelo-Casanova, David and Gerardo Suárez. 2010. “Natural and Man-made Hazards in the Cayman Islands.” *Natural Hazards* 55: 441-466.

Novelo-Casanova, David and Gerardo Suárez. 2011. “Exposure of Main Critical Facilities to Natural and Man-made Hazards in Grand Cayman, Cayman Islands.” *Natural Hazards*. DOI 10.1007/s11069-011-9982-6.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2013. *Emergency Disasters Database* (UN.WATER.ORG). Disponible en: [http://onu.iagua\\_es/noticias/inundaciones/14/01/10/los-desastres-naturales-relacionados-con-el-agua](http://onu.iagua_es/noticias/inundaciones/14/01/10/los-desastres-naturales-relacionados-con-el-agua) (Fecha de consulta: 17/04/2014).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 2012. “Vulnerabilidad ante Amenazas Hidrometeorológicas por Cambio Climático en Honduras”. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/013/i1255/i1255bol.pdf> (Fecha de consulta: 13/08/2014).

Philip, G.M. and D. F. Watson. 1986. "Automatic Interpolation Methods for Mapping Piezometric Surfaces." *Automatica*: 22(6): 753-756.

Pizarro, Roberto. 2001. *La Vulnerabilidad Social y sus Desafíos: Una Mirada desde América Latina*. Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía, Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

Puente, Sergio. 2010. "Una Megalópolis en Riesgo: La Ciudad de México y el Desafío de la Prevención de un Riesgo Anunciado." Pp. 373-397 en *Los grandes problemas de México*, Tomo IV Medio Ambiente, coordinado por Lezama José Luis y Graizbord Boris, México: Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales del Colegio de México.

Quinlan, John. 1986. "Induction of Decision Trees". *Machine Learning* 1(1): 81-106.

Ramírez, T. y Tapia, V., 2007. "Carta MG I 3 División Político-Administrativa de los Estados Unidos Mexicanos." *Atlas Nacional*, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Ramos Silvia y Horacio Morales. 2013. "IV.1 Vulnerabilidad Ambiental del Sistema Montañoso en la Cuenca de Motozintla." Pp. 154-157 en *Atlas de Factores de Riesgos de la Cuenca de Motozintla, Chiapas*, coordinado por Oropeza, Oralia y Figueroa, M., Instituto de Geofísica, UNAM.

Rodríguez Jorge, 2001. *Vulnerabilidad y Grupos Vulnerables: un Marco de Referencia Conceptual Mirando a los Jóvenes*. Chile: Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía, Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

Rogers, Sally and Geraldine Dawson. 2009. *Early Start Denver Model for Young Children with Autism: Promoting Language, Learning, and Engagement*. NY: Guilford Publications.

Rubio, Juan. 2009. *Principales Razones del Bajo Índice de Ocupación de la Colonia de Reubicación por Desastre, Nuevo Milenio III, Motozintla, Chiapas, por Parte de sus Beneficiarios, a 10 años de su Construcción*. Tesis de Licenciatura, Colegio de Geografía, UNAM.

Saxena, S., Geethalakshmi, V., and Lakshmanan A. 2013. "Development of Habitation Vulnerability Assessment Framework for Coastal Hazards: Cuddalore Coast in Tamil Nadu, India—A case Study." *Weather and Climate Extremes* (2): 48–57.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). 2012. *Informe del Resultado de la Fiscalización Superior de la Cuenta Pública*. Disponible en: <http://www.3diputados.gob.mx> (Fecha de consulta: 17/04/2014).

Servicio Meteorológico Nacional (SMN) 2005. "Precipitación de 04 de octubre de 2005 El Novillero, Chiapas." Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/index.php?opcion=com> (Fecha de consulta: 10/07/ 2012).

Suárez, Jaime. 2006. *Análisis de los Problemas de Erosión y Deslaves en la Carretera Hixtla-Motozintla, Chiapas*. Colombia: Instituto de Erosión y Deslizamientos, Bucaramanga.

Sutherland, H. 1995. *Desarrollo de los Modelos Tax-Benefit: Una Perspectiva desde el Reino Unido*. Instituto de Estudios Fiscales: Hacienda Pública Española.

Varis Olli, Matti Kummu and Aura Salmivaara. 2012. "Ten Major Rivers in Monsoon Asia-Pacific: An Assessment of Vulnerability." *Applied Geography* 32 (2): 441–454.

Vidal, Rosalía. 2007. "Carta NA IV 11 Precipitación Máxima en 24 horas en Milímetros." *Atlas Nacional*, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Vidal, Rosalía. y Gómez, R.G. 2007. "Carta NA IV 5 Precipitación Total Anual." *Atlas Nacional* Instituto de Geografía, UNAM, México.

Vismara, Laurie and Sally J. Rogers. 2008. "The Early Start Denver Model: A Case Study of an Innovative Practice." *Journal of Early Intervention* 31: 91-108.

Watson. D. and Philip, G. 1985. "A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation." *Geo-Processing* 2(4): 315- 327.

## **ANEXO 1**

### **CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN MOTOZINTLA DE MENDOZA (A PARTIR DE LA METODOLOGÍA DE ESTIMACIONES SINTÉTICAS)**

Esta parte de la investigación consistió en realizar una primera aproximación a la medición de la vulnerabilidad de Motozintla de Mendoza a partir de los datos censales del conteo de 2005. Sin embargo, los datos con los que cuentan los censos en México no manejan todas las variables que se considera deberían estar incluidas en la valoración de la vulnerabilidad. Los datos que pudieron considerarse para la valoración de la vulnerabilidad a partir de los datos censales del conteo de 2005 se observan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Variables consideradas a partir de datos censales del Censo de Vivienda (INEGI, 2005).

<b>Variables</b>
Personas de 0 a 2 años
Personas de 3 a 5 años
Personas con dificultad para moverse, ver, comunicarse, bañarse o comer
Población de 15 años o más analfabeta
Personas de 8 a 14 años que no saben leer ni escribir
Personas sin IMSS
Personas sin ISSSTE
Viviendas sin luz
Vivienda sin agua de la red
Vivienda sin drenaje
Viviendas sin ningún bien (televisión, refrigerador, computadora y lavadora)
Vivienda con piso de tierra
Vivienda con sólo 2 cuartos

Al analizar los resultados se observó como problema fundamental que la distribución espacial de los datos no es representativa ya que la mayor desagregación la tenemos por Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB's) y Motozintla se divide en 12 de estas áreas (Figura 1.1). Por lo tanto, el nivel de análisis espacial quedó poco diferenciado, especialmente al plantear el escenario de la vulnerabilidad estructural. Los datos que obtuvimos arrojan resultados sobre la vulnerabilidad estructural de las viviendas, como si

todas ellas presentaran las mismas características y como consecuencia, un mismo nivel de vulnerabilidad (Figura 1.2). Este resultado no es significativo para las medidas de mitigación y reducción de la vulnerabilidad a nivel local.

En cuanto a la vulnerabilidad socio-económica, ocurre algo similar, prácticamente todo el territorio presenta el mismo nivel de vulnerabilidad (Figura 1.3). En esta representación se aprecia como la zona norte presenta una vulnerabilidad socio-económica menor. Sin embargo, en la realidad se constató, con los trabajos de verificación en campo, que las áreas con mayor nivel socio-económico en Motozintla se ubican en la porción central de la localidad. Aquí la selección de variables realizada por la institución encargada de levantar el censo, es la que determina su representatividad geográfica, que para efectos de analizar la vulnerabilidad dentro de la localidad, nuevamente resultan insuficientes. Al considerar todas las variables para cuantificar la vulnerabilidad global se observó que la diferenciación de áreas y niveles puede ser mayor, sin embargo, resulta escasa para la toma de decisiones local (Figura 1.4).

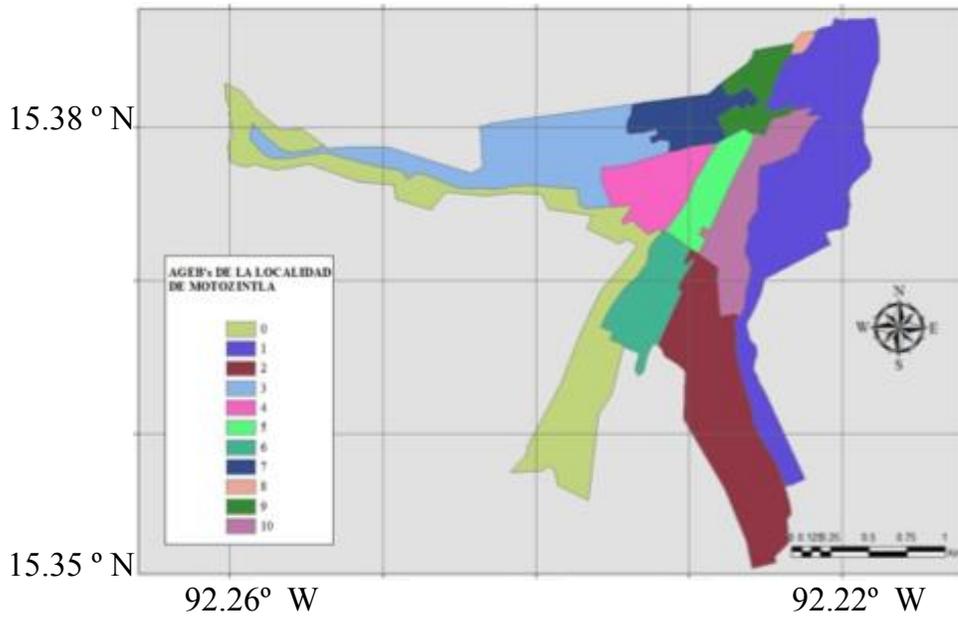


Figura 1.1. Mapa de distribución territorial por AGEB's en Motozintla de Mendoza (INEGI 2005, modificado de Hernández 2011).

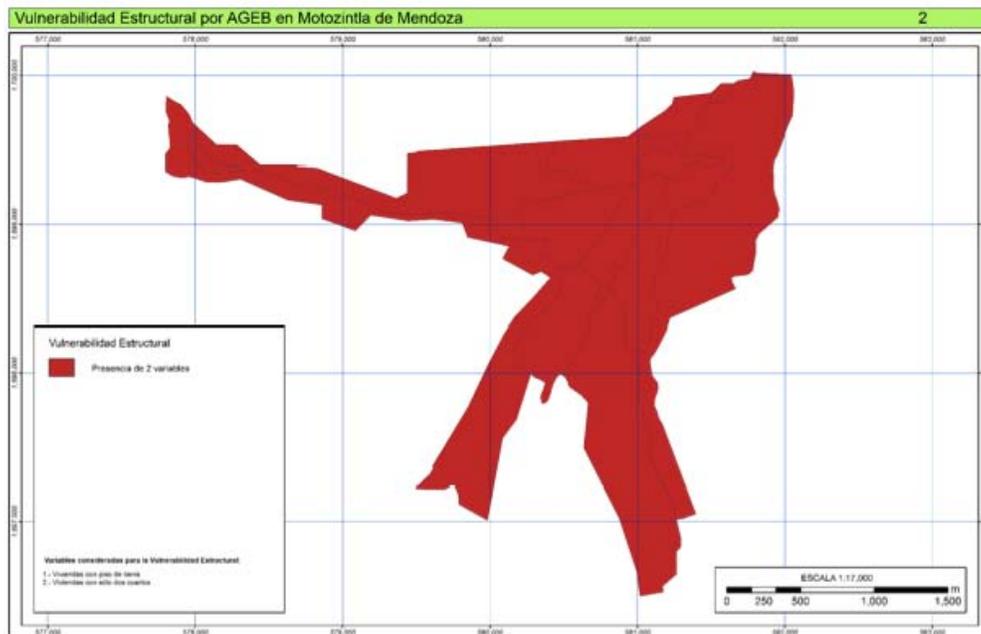


Figura 1.2. Mapa de vulnerabilidad estructural en Motozintla de Mendoza (considerando la información censal por AGEB).

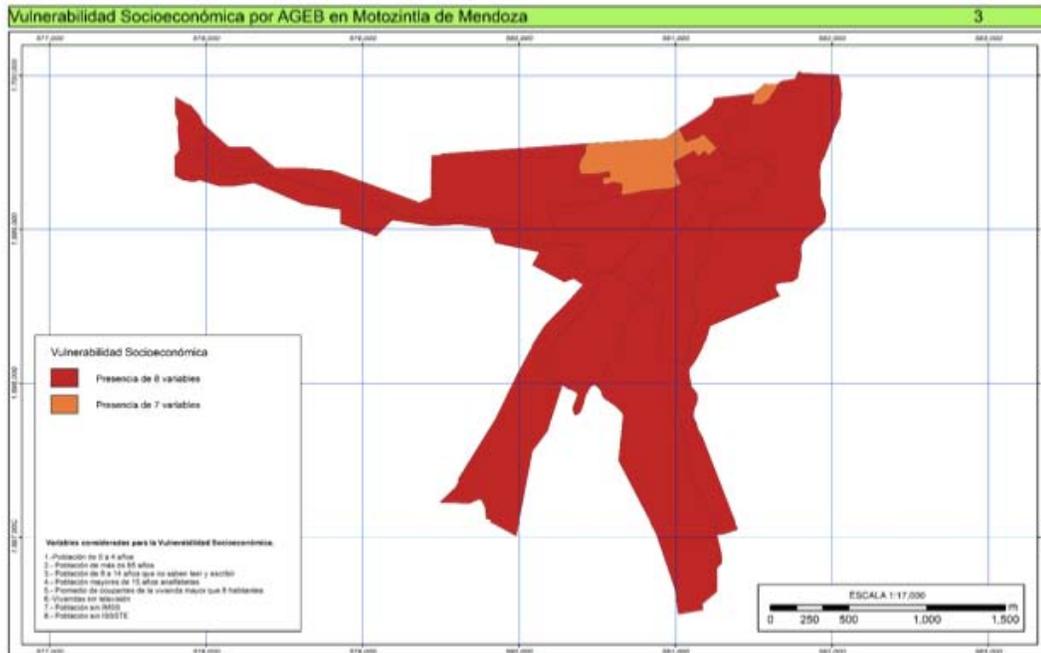


Figura 1.3. Mapa de vulnerabilidad socio-económica en Motozintla de Mendoza (considerando la información censal por AGEB).

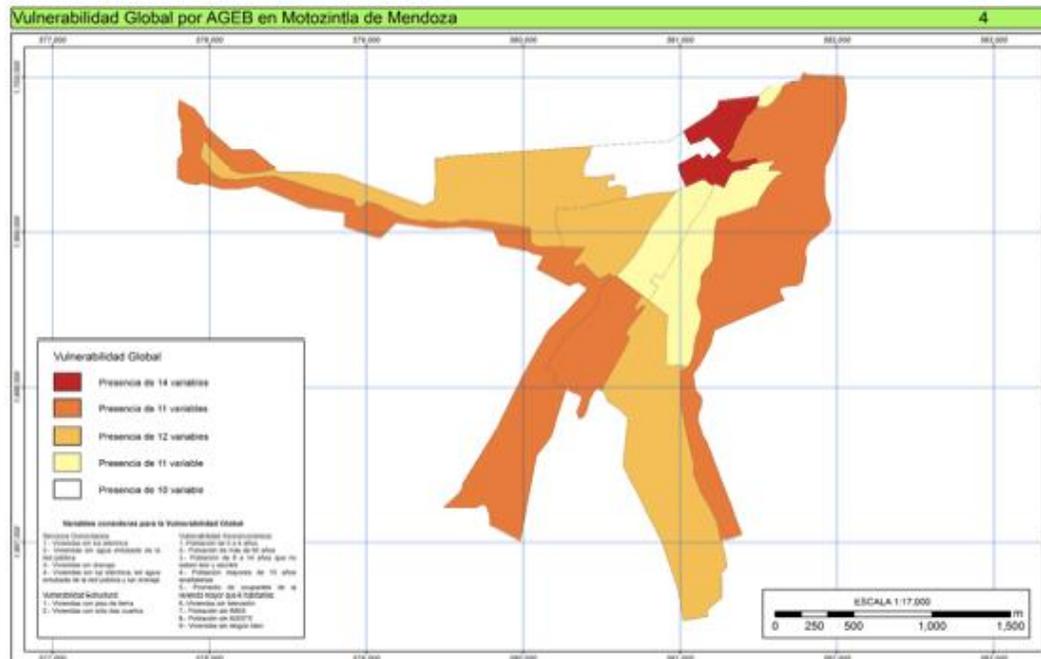


Figura 1.4. Mapa de vulnerabilidad global en Motozintla de Mendoza (considerando la información censal por AGEB).

## **ANEXO 2**

**INSTRUMENTO PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOS EN CAMPO**

**(MOTOZINTLA DE MENDOZA, CHIAPAS)**



BRIGADA	ID VIVIENDA	COORDENADAS		DIRECCION	FECHA
		N	W		/ /

TIPOLOGÍA DE VIVIENDA

1.- Aspectos estructurales:

MURO	TIPO
Tabique o ladrillo	
Block	
Madera	
Adobe	
Lámina	
Otro (especifique)	

NIVELES	CUALES
Planta Baja	
1 <sup>er</sup> Piso	
2 <sup>do</sup> Piso	
3 <sup>er</sup> Piso	

TECHO	TIPO
Losa de cemento	
Lámina de metal o asbesto	
Paja o palma	
Teja	
Otro (especifique)	

SERVICIOS	CUALES
Alumbrado público	
Agua	
Drenaje	
Calles pavimentadas	

2.- Aspectos arquitectónicos:

a)	b)	c)
e)	f)	g) Otro (dibujar)

3.- ¿Altura aproximada de inmueble? \_\_\_\_\_ m.

VULNERABILIDAD SOCIO-ECONÓMICA Y ORGANIZACIONAL



27.- ¿Sabe si existe un plan de protección civil

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

28.- ¿Usted lo conoce?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿En qué consiste? \_\_\_\_\_

29.- ¿Se realizan simulacros?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

<p>30. ¿En caso de emergencia qué haría Usted?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Acción</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Huir</td><td></td></tr> <tr><td>Seguir un plan de evacuación</td><td></td></tr> <tr><td>Quedarse</td><td></td></tr> <tr><td>Solicitar auxilio</td><td></td></tr> <tr><td>Avisar a los vecinos</td><td></td></tr> <tr><td>Otra (especificar)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Acción	Observaciones	Huir		Seguir un plan de evacuación		Quedarse		Solicitar auxilio		Avisar a los vecinos		Otra (especificar)		<p>31.- ¿Qué tipo de rutas de evacuación existen en caso de alguna emergencia?</p> <table border="1"> <tbody> <tr><td>Carreteras</td><td></td></tr> <tr><td>Brechas</td><td></td></tr> <tr><td>Veredas</td><td></td></tr> <tr><td>Otro</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>32.- Algún integrante de la familia:</p> <table border="1"> <tbody> <tr><td>No puede caminar</td><td></td></tr> <tr><td>Sufre ceguera</td><td></td></tr> <tr><td>Está embarazada</td><td></td></tr> <tr><td>Se desplaza con dificultad</td><td></td></tr> <tr><td>Otro</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Carreteras		Brechas		Veredas		Otro		No puede caminar		Sufre ceguera		Está embarazada		Se desplaza con dificultad		Otro		<p>33.- ¿Qué tipo de edificación reconoce como albergues?</p> <table border="1"> <tbody> <tr><td>Escuelas</td><td></td></tr> <tr><td>Iglesias</td><td></td></tr> <tr><td>Unidades Deportivas</td><td></td></tr> <tr><td>Gobierno</td><td></td></tr> <tr><td>Familiares</td><td></td></tr> <tr><td>Otros (especificar)</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Escuelas		Iglesias		Unidades Deportivas		Gobierno		Familiares		Otros (especificar)	
Acción	Observaciones																																													
Huir																																														
Seguir un plan de evacuación																																														
Quedarse																																														
Solicitar auxilio																																														
Avisar a los vecinos																																														
Otra (especificar)																																														
Carreteras																																														
Brechas																																														
Veredas																																														
Otro																																														
No puede caminar																																														
Sufre ceguera																																														
Está embarazada																																														
Se desplaza con dificultad																																														
Otro																																														
Escuelas																																														
Iglesias																																														
Unidades Deportivas																																														
Gobierno																																														
Familiares																																														
Otros (especificar)																																														

### PERCEPCIÓN DE RIESGO

ITEM	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	NO ME PREOCUPA	CASI NUNCA	NUNCA
34.- Pienso que un fenómeno natural puede convertirse en desastre.					
35.- Me informo acerca de los planes de emergencia.					
36.- Pienso que mi vivienda se encuentra en un área susceptible a amenazas naturales.					
37.- Me siento capaz de protegerme ante los peligros provocados por un deslizamiento o derrumbe.					
38.- Me siento capaz de protegerme ante los peligros de la erupción de un volcán.					
39.- Me siento capaz de protegerme ante los peligros de un sismo.					
40.- Me siento capaz de protegerme ante los peligros de una inundación.					
41.- He sufrido alguna pérdida material a causa de algún desastre.					
42.- En caso de algún desastre por fenómeno natural, he recibido apoyo por parte del gobierno.					
43.- Los daños ocasionados por un desastre afectan a muchas personas.					
44.- Mi comunidad está lista para afrontar una situación de desastre.					
45.- Estoy dispuesto a ser reubicado debido a las condiciones de riesgo en las que me encuentro.					
46.- Estoy informado sobre las rutas de evacuación en caso de un desastre.					
47.- Creo que los desastres son un castigo divino.					
48.- Creo que los desastres se pueden evitar.					
49.- Ante un desastre confío en los miembros de mi comunidad.					
50.- Confío en las brigadas de rescate.					
51.- Sigo las instrucciones de protección civil.					128

## **ANEXO 3**

### **TABLA DE JUSTIFICACIÓN DE ELECCIÓN DE VARIABLES**

Tabla 3.1. Justificación de la elección de variables utilizadas para el análisis de vulnerabilidad en Motozintla de Mendoza.

<b>VARIABLES</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>
<b>Vulnerabilidad estructural de la vivienda</b>	
Techo de lámina	Presenta mucha menor resistencia que la losa a cualquier movimiento. En este caso, el paso de grandes cantidades de agua a grandes velocidades, como ocurriría en caso de una inundación
Paredes de block	Presentan menor resistencia al paso del agua y a la humedad que las paredes de tabique
Un solo nivel de construcción	Presenta menor posibilidad de resguardar la vida y los bienes del hogar
Dos cuartos como máximo	Presenta menor resistencia por ser muy pequeña. Además, se asocia con un nivel precario de construcción
Arquitectura desfavorable	Presenta menor resistencia y consolidación de la vivienda, así como propensión al desequilibrio de la estructura
<b>Características Socio-económicas de los habitantes</b>	
Seis o más habitantes en la vivienda	El hacinamiento representa en general un bajo nivel económico, lo que aumenta la vulnerabilidad
Algún integrante menor de 5 años	Requiere de mayor atención en general y en especial ante alguna contingencia
Algún integrante mayor de 70 años	Requiere de mayor atención en general y en especial ante alguna contingencia
Algún integrante con discapacidad	Contar con un integrante de la familia que presenta alguna discapacidad. Implica un aumento significativo en la vulnerabilidad familiar, debido, en primer término a que se requiere destinar recursos económicos y de tiempo especiales en la vida familiar y en segundo término a que necesariamente involucra la participación de otro miembro para ayudarlo en caso de una contingencia
Algún integrante analfabeta	Representa en general menor nivel económico y en caso de seguir instrucciones ante una contingencia puede verse desfavorecido
Sin servicio de ISSSTE o IMSS	No contar con algún servicio médico institucional representa un bajo nivel de protección del estado en el ámbito de la salud, que al conjugarse con un bajo ingreso, aumenta la vulnerabilidad
Sin televisión y sin radio	No tener acceso a los medios de comunicación puede representar un aumento de vulnerabilidad, especialmente en las fases tempranas del sistema de alertamiento, que generalmente se dan a partir de estos medios
Sin teléfono fijo ni móvil	No contar con la posibilidad de telecomunicación con familiares y vecinos puede aumentar la vulnerabilidad, tanto durante las fases de alerta, como en caso de evacuación ante una contingencia
Con un ingreso menor a un salario mínimo por integrante	El poder adquisitivo de una familia representa su nivel en cuanto a bienestar alimenticio, de vivienda, de salud y educativo, por lo que se ve reflejado en el resto de los aspectos de la vulnerabilidad
Sin posibilidad de ahorrar	En sentido estricto, no tener capacidad de ahorro genera vulnerabilidad ya que denota bajo nivel económico. Sin embargo, dadas las condiciones generales de los habitantes

---

en el contexto nacional, representa una vulnerabilidad generalizada en el país.

### **Falta de servicios domiciliarios**

Falta de agua de la toma	La falta de agua de la toma se asocia a condiciones de insalubridad, de precariedad en la vivienda, por lo tanto mayor vulnerabilidad
Falta de drenaje	La falta de conexión al drenaje representa un nivel de urbanización menor. Generalmente se asocia con falta de drenaje comunitario, lo que puede favorecer la inundación pluvial
Falta de alumbrado público	Representa bajos niveles de urbanización y dotación de servicios en la comunidad, por lo tanto mayor vulnerabilidad

### **Preparación ante contingencias**

Desconocimiento de un Plan institucional ante contingencias	El Plan de contingencias en caso de desastre es fundamental para la mitigación de la vulnerabilidad, no contar con él representa una fragilidad significativa.
Falta de Plan vecinal ante contingencias	La falta de organización vecinal, en cualquier ámbito aumenta drásticamente su vulnerabilidad.
Falta de apoyo gubernamental en caso de inundación	Dificulta la fase de recuperación posdesastre y genera poca confianza en las instancias gubernamentales
Falta de conocimiento de las rutas de evacuación	Dificulta las acciones en caso de prevención y evacuación
Falta de conocimiento de los refugios institucionales	Dificulta las acciones en caso de prevención y evacuación

### **Percepción de riesgo**

Los fenómenos naturales suelen convertirse en desastres	Esta idea dificulta que se tomen acciones e iniciativas a favor de la prevención de desastres y por lo tanto dificulta la mitigación de riesgo
Los desastres no se pueden evitar	Esta perspectiva promueve la falta de acciones de prevención y favorece la idea de que no importa lo que se haga, los fenómenos naturales se convierten generalmente en desastres
Los desastres suelen ser un castigo divino	Esta idea, muy común en los seres humanos, tiene un sentido ambivalente, por un lado puede convertirse en apoyo psicológico ante un desastre, por otro, favorece la apatía por tomar medidas preventivas y de mitigación
No se manifiesta interesado en los planes de prevención	Esta conducta favorece la desinformación y la apatía por parte de la población ante las acciones que debería tomar en caso de una contingencia
No confía en los miembros de su comunidad	Refleja el grado de cohesión social que existe en la comunidad. Entre menos organizados se encuentren, menor será la confianza que se tenga para actuar en acciones de prevención o mitigación; o en caso de un desastre o emergencia
No suele seguir las instrucciones de Protección Civil	Es representativo de la poca confianza que la población suele tener en los planes de emergencias
No se manifiesta dispuesto a ser reubicado a pesar del riesgo al que se encuentra expuesto	Dificulta las acciones de mitigación de riesgo en los asentamiento humanos ya establecidos y en la posibilidad de planeación urbana o reordenamiento territorial

---