



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

DEPARTAMENTO DE TEORÍA Y MÉTODOS

TRABAJO RECEPCIONAL

ESTUDIO DE RIESGO Y VULNERABILIDAD EN LA ZONA METROPOLITANA
DE AGUASCALIENTES ENFOCADO A FALLAS POR SUBSIDENCIA

PRESENTA

Daniela Margarita Aldana Aguilar

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN PLANEACIÓN URBANA

TUTOR

Dr. Tonahtiuco Moreno Codina

INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL

Asesor: Dr. Jesús Pacheco Martínez - UAA

Asesor: Dr. Roberto Calderón - UAEMex

Aguascalientes, Ags, a 4 de Febrero del 2020.

Autorizaciones

CARTA DE VOTO APROBATORIO COMITÉ TUTORAL

DR. EN C.T.C. HÉCTOR HOMERO POSADA ÁVILA
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTE

Por medio del presente como **Miembros del Comité Tutorial** designado del estudiante **DANIELA MARGARITA ALDANA AGUILAR** con ID 71593 quien realizó el trabajo práctico titulado: **ESTUDIO DE RIESGO Y VULNERABILIDAD EN LA ZONA METROPOLITANA DE AGUASCALIENTES ENFOCADO A FALLAS POR SUBSIDIENCIA**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 4 de Febrero del 2020.



Dr. Tonahtliuc Moreno Codina
Tutor de trabajo práctico



Dr. Jesús Pacheco Martínez
Co-Tutor de trabajo práctico

Dr. Roberto Calderón Maya
Asesor de trabajo práctico

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16
Actualización: 00
Emisión: 17/05/19

**CARTA DE VOTO APROBATORIO
COMITÉ TUTORAL**

**DR. EN C.T.C. HÉCTOR HOMERO POSADA ÁVILA
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN**

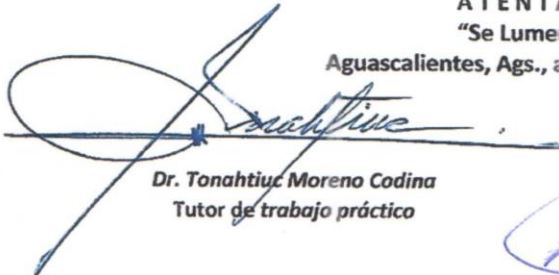
PRESENTE

Por medio del presente como **Miembros del Comité Tutorial** designado del estudiante **DANIELA MARGARITA ALDANA AGUILAR** con ID **71593** quien realizó el trabajo práctico titulado: **ESTUDIO DE RIESGO Y VULNERABILIDAD EN LA ZONA METROPOLITANA DE AGUASCALIENTES ENFOCADO A FALLAS POR SUBSIDENCIA**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

**ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"**

Aguascalientes, Ags., a 4 de Febrero del 2020.



**Dr. Tonahtliuc Moreno Codina
Tutor de trabajo práctico**



**Dr. Jesús Pacheco Martínez
Co-Tutor de trabajo práctico**



**Dr. Roberto Calderón Maya
Asesor de trabajo práctico**

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16
Actualización: 00
Emisión: 17/05/19



DICTAMEN DE LIBERACION ACADEMICA PARA INICIAR LOS TRAMITES DEL EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación dd/mm/aa: 13/02/2020

NOMBRE: Daniela Margarita Aldana Aguilar ID

PROGRAMA: Maestría en Planeación Urbana LGAC (del posgrado): Estudios Urbanos

TIPO DE TRABAJO: () Tesis (X) Trabajo práctico

TITULO: Estudio de riesgo y vulnerabilidad en la zona metropolitana de Aguascalientes enfocado a fallas por subsidencia

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado):

INDICAR SI/NO SEGÚN CORRESPONDA:

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:

- SI El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
NO Generó transferencia del conocimiento o tecnológica

El egresado cumple con lo siguiente:

- SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutora, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
SI Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
SI Coincide con el título y objetivo registrado
SI Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI Tiene el CVU del Conacyt actualizado
SI Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)

En caso de Tesis por artículos científicos publicados:

- Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
El estudiante es el primer autor
El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado Sí X No

FIRMAS

Elaboró:

* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCIÓN:

DR. REGILIO FRANCISCO
Luis Enrique Santiago

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:

* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutoral, asignado por el Decano.

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

ALEJANDRO ALBERTO LOLLAZO

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

[Signature]

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.



Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional, A. C.

Daniela Margarita Aldana Aguilar y Tonahtic Moreno Codina
Presentes.

Por este medio, me es grato informar que su trabajo en coautoría intitulado:

“Estudio de riesgo y vulnerabilidad en la zona metropolitana de Aguascalientes”

ha sido publicado en soporte electrónico en línea como un artículo del libro: **“IMPACTOS AMBIENTALES, GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES Y TURISMO EN EL DESARROLLO REGIONAL”**. Dicha obra cuenta con el aval de dictamen de pares académicos y es coeditada por la Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C. y el Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México; con fecha de edición del día 5 de noviembre de 2019. Este libro corresponde al Volumen II de la colección preparada en este año bajo el título: **“Regiones, desplazamientos y geopolítica. Agenda pública para el desarrollo territorial”**.

Los registros correspondientes del volumen y la colección se señalan a continuación:

Vol. II de la Colección: **Impactos ambientales, gestión de recursos naturales y turismo en el desarrollo regional.**

ISBN AMECIDER: 978-607-8632-10-7 ISBN UNAM: 978-607-30-2641-3

Colección: **Regiones, desplazamientos y geopolítica. Agenda pública para el desarrollo territorial.**

ISBN AMECIDER: 978-607-8632-06-0 ISBN UNAM: 978-607-30-2621-5

Su texto en línea y el volumen completo puede ser descargado y consultado por medio de su navegador PDF desde la ubicación <http://ru.iiec.unam.mx/4637/>. Igualmente será posible acceder a la colección completa desde el sitio web de la Asociación www.amecider.org.

Hago propicia la ocasión para desearle éxito en sus actividades, agradecer su participación en esta obra y enviar un cordial saludo, confiando contar con su participación en las actividades futuras de la AMECIDER.

Atentamente

“La Región Hoy”

Ciudad Universitaria, CDMX a 28 de noviembre de 2019.

Dr. José Gasca Zamora
Coordinador de la Colección

Agradecimientos

En primera instancia, agradezco a CONACyT por haberme brindado el apoyo económico para realizar una Maestría, y más allá eso, alcanzar una independencia económica. Asimismo, agradecer con mucho cariño a la Universidad Autónoma de Aguascalientes, mi segunda casa, por haberme recibido nuevamente, espero algún día regresar a compartir más conocimiento.

Agradezco amablemente a mi tutor, el Doctor Tonahtuic Moreno, por su tiempo y su gran disposición para siempre orientarme y apoyarme en este trabajo, además de animarme a abrir mi visión a otras oportunidades; de igual manera, agradezco a mi cotutor, el Doctor Jesús Pacheco, todo su apoyo y aportaciones que iluminaron y dieron carácter al presente estudio; también agradezco a mi asesor externo, el Doctor Roberto Calderón, por su amabilidad y buena disposición. Por último, agradezco al Doctor LE Santiago, coordinador de la Maestría, por su apoyo extraordinario hacia nosotros los alumnos, por su honestidad, disciplina e imparcialidad, y sobre todo, por enseñarme a ver al conocimiento como una tregua a nuestra realidad.

Agradezco al espíritu de la vida (o a lo que algunos llamamos Dios) por darme oportunidad de habitar un cuerpo y de vivir; a mi mamá que siempre creyó en mí, que me echó porras y que sé que está conmigo (desde donde sea que esté); a mi papá por su amor, ayuda incondicional y su presencia infinita en mi vida; a mi esposo, Julio, por acompañarme, por su cariño y paciencia, y por siempre motivarme a seguir adelante; a Luciano, mi hijo, mi corazón fuera de mí, por existir y por ser la lección de aprendizaje más grande de mi vida; a mi hermana, “la niñosa”, por cuidarme, regañarme y creer en mí; gracias a toda mi familia, los quiero a montones.

Por último, agradecer al Equipo Perrón: Sofi, Andrea, Adrian, Víctor, Dany, Julio y el Inge, sin ustedes hubiera muerto en el intento, los quiero.

¡Gracias!

Dedicatorias

A mi mamá, invisible, más nunca ausente.

A mi familia.



Índice General

Índice General	1
Índice de Tablas	4
Índice de Figuras	6
Índice de Mapas	8
Índice de Gráficas	10
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Planteamiento del Problema.....	15
Objetivos de la Intervención	17
Objetivo General	17
Objetivos Particulares	17
Alcances	17
Capítulo I. Fundamentación Teórica.....	18
Riesgos	18
Riesgos y Planeación Urbana.....	56
Fallas por Subsistencia.....	59
Capítulo II. Diagnóstico del Medio Natural.....	66
Acerca de la zona de estudio.....	66
Acerca del medio natural	67
Síntesis diagnóstico medio natural.....	75
Capítulo III. Metodología.....	76

Zona de Estudio.....	76
Metodología para la evaluación del riesgo.....	79
Evaluación del peligro.....	79
Evaluación de la exposición.....	80
Evaluación de la Vulnerabilidad.	83
Evaluación del Riesgo.....	87
Capitulo IV. Diagnóstico de Riesgo - Escenario de Riesgo.....	89
Evaluación del Peligro ZMA.	89
Evaluación de la Exposición ZMA.	97
Evaluación de la Vulnerabilidad de la ZMA.	105
Capítulo V. Resultados del Escenario de Riesgo.....	110
Capítulo VI. Construcción de Escenarios para la Planeación Urbana.....	116
Contextualización.....	116
Escenario Tendencial.....	118
Escenario óptimo.....	123
Escenario deseable-posible.....	124
Capítulo VII. Estrategias de Planeación Urbana.....	125
Estrategias de prevención para zonas de crecimiento urbano.....	125
Estrategias de mitigación para zonas urbanas consolidadas.....	128
Capítulo VIII. Conclusiones.....	133
Conclusión general: Planeación Urbana y Riesgos.....	133
Síntesis del estudio.....	134
Aportaciones.....	136
Limitantes del trabajo.....	159
Nuevos desafíos.....	160

Síntesis de estrategias y aportaciones	160
Reflexión.....	161
Bibliografía	163
Referencias de Mapas	171



Índice de Tablas

Tabla 1. Base Internacional de Datos del Desastre.....24

Tabla 2. Clasificación de peligros según CENAPRED26

Tabla 3. Otros peligros.....27

Tabla 4. Tipos de vulnerabilidad según Wilches28

Tabla 5. Formas en la que surge la vulnerabilidad29

Tabla 6. Factores de vulnerabilidad según Hewitt.....29

Tabla 7. Desastres naturales por continentes 1947-1980.....32

Tabla 8. Dimensiones de los peligros naturales.....34

Tabla 9. Ejemplos de grandes desastres tecnológicos36

Tabla 10. Numbers of technology-related disasters reported 1989-1993, by broad classes of technology.....38

Tabla 11. Classes of technological hazard.....38

Tabla 12. Casos de éxito en Latinoamérica55

Tabla 13. Subsistencia en ciudades62

Tabla 14. Superficies y población de la zona metropolitana de Aguascalientes67

Tabla 15. Suelos geológicos68

Tabla 16. Equivalencia de grados y valor asignado.....80

Tabla 17. Procedimiento para la segunda etapa de la evaluación de la exposición.....81

Tabla 18. Comparación de alternativas para la evaluación de la vulnerabilidad.....84

Tabla 19. Equivalencia de grados y valor asignado.....87

Tabla 20. Obtención del índice de peligro90

Tabla 21. Exposición actual por uso de suelo habitacional en la zona consolidada de la Cd. de Aguascalientes97

Tabla 22. Exposición por uso de suelo habitacional en zona de crecimiento en Aguascalientes99

Tabla 23. Exposición actual por uso de suelo habitacional en la zona consolidada de la Cd. de Jesús María.....101

Tabla 24. Exposición por uso de suelo habitacional en zona de crecimiento en la Cd. de Jesús María.....101

Tabla 25. Exposición actual por uso de suelo habitacional en la zona consolidada de la Cd. de SFR.....	102
Tabla 26. Exposición por uso de suelo habitacional en zona de crecimiento en la Cd. de SFR	102
Tabla 27. Riesgo en la Ciudad de Aguascalientes	110
Tabla 28. Riesgo en la Ciudad de Jesús María	111
Tabla 29. Riesgo en la Ciudad de San Francisco de los Romo	111
Tabla 30. Evolución de la detección del peligro de fallas por subsidencia en el Estado de Aguascalientes	117
Tabla 31. Proyecciones de la población 2010-2035	118
Tabla 32. Políticas concebibles para el control del uso de suelo	129
Tabla 33. Resultado de Riesgo en la Zona Metropolitana de Aguascalientes	136
Tabla 34. Propuesta del COS y el CUS con base al COTEDUVI	139
Tabla 35. Propuesta del COS y el CUS con base al PDUCA 2018	139
Tabla 36. Propuesta de criterios para la modificación del COS y el CUS	140
Tabla 37. Identificación de zona crítica en la Ciudad de Aguascalientes.....	147
Tabla 38. Identificación de zona crítica en la Ciudad de Jesús María.....	151
Tabla 39. Identificación de zona crítica en la Ciudad de San Francisco de los Romo	154

Índice de Figuras

Figura 1. Evolución de la epistemología del riesgo.....	18
Figura 2. Estadísticas sobre desastres naturales.....	32
Figura 3. Impacto de un desastre químico.	39
Figura 4. Esquema de riesgo.....	43
Figura 5. Ejemplo de mapeo de riesgo.	45
Figura 6. Ciclo de la prevención.....	47
Figura 7. Composición de la Gestión Integral del Riesgo.	47
Figura 8. Estructura Organizativa del SINAPROC.	51
Figura 9. Estructura del Plan Nacional de Desarrollo.	52
Figura 10. Índice de riesgo global	54
Figura 11. Subsistencia.....	60
Figura 12. La subsistencia como una perspectiva multi-sectorial.....	61
Figura 13. Desarrollo urbano y subsistencia en Jakarta.	62
Figura 14. Zonas susceptibles a hundimientos y deslizamientos.....	64
Figura 15. Perfil topográfico del valle de Aguascalientes.	68
Figura 16. Imagen de interferometría diferencial en la porción centro-sur de Valle de Aguascalientes.	74
Figura 17. Restricción a grietas superficiales.	81
Figura 18. Dimensiones de la marginación.	86
Figura 19. Ejemplo de mapa de riesgo por incendios forestales para Yucatán.	89
Figura 20. Mapa del crecimiento de la Ciudad de Aguascalientes.....	98
Figura 21. Esquema para la elaboración de escenarios.	116
Figura 22. Escenario tendencial.....	123
Figura 23. Escenario óptimo.....	123
Figura 24. Escenario deseable-posible.....	124
Figura 25. Posibles criterios de riesgo para usos de suelo.....	130
Figura 26. Representación gráfica del COS y CUS.....	138
Figura 27. Sección de restricción, 10 m.....	141
Figura 28. Sección de restricción, 20 m.....	141

Figura 29. Sección con criterios propuestos del COS y el CUS.....141
Figura 30. Vista Norte, zona crítica en Ciudad de Aguascalientes.....147
Figura 31. Vista Sur, zona crítica en Ciudad de Aguascalientes.147
Figura 32. Vista de zona crítica de la Ciudad de Jesús María.151
Figura 33. Vista de zona crítica de la Ciudad de San Francisco de los Romo.154
Figura 34. Proceso de aplicación de las estrategias propuestas en el presente estudio.161



Índice de Mapas

Mapa 1. Localización de la zona de estudio69

Mapa 2. Mapa Hipsográfico – Topográfico con fallas de la Zona Metropolitana de Aguascalientes70

Mapa 3. Mapa de suelos geológicos con fallas de la Zona Metropolitana de Aguascalientes71

Mapa 4. Mapa Hidrología de la Zona Metropolitana de Aguascalientes72

Mapa 5. Zona de estudio general (Zona Metropolitana de Aguascalientes)77

Mapa 6. Zona de estudio acotada (localidades urbanas de la Zona Metropolitana de Aguascalientes)78

Mapa 7. Mapa de peligro de la Zona Metropolitana de Aguascalientes.....93

Mapa 8. Mapa de peligro de la Ciudad de Aguascalientes94

Mapa 9. Mapa de peligro de la Ciudad de Jesús María95

Mapa 10. Mapa de peligro de la Ciudad de San Francisco de los Romo96

Mapa 11. Mapa de exposición de la Ciudad de Aguascalientes100

Mapa 12. Mapa de exposición de la Ciudad de Jesús María103

Mapa 13. Mapa de exposición de la Ciudad de San Francisco de los Rom104

Mapa 14. Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de Aguascalientes107

Mapa 15. Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de Jesús María108

Mapa 16. Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de San Francisco de los Romo.....109

Mapa 17. Mapa de riesgo por fallas por subsidencia de la Ciudad de Aguascalientes.....112

Mapa 18. Mapa de riesgo por fallas por subsidencia de la Ciudad de Jesús María.....113

Mapa 19. Mapa de riesgo por fallas por subsidencia en la Ciudad de San Francisco de los Romo.....114

Mapa 20. Estrategia general para la determinación del COS y el CUS, Ciudad de Aguascalientes143

Mapa 21. Estrategia general para la determinación del COS y el CUS, Ciudad de Jesús María.144

Mapa 22. Estrategia general para la determinación del COS y el CUS, Ciudad de San Francisco de los Romo.....145

Mapa 23. Mapa de zona crítica de la Ciudad de Aguascalientes..... 148
Mapa 24. Propuesta de uso de suelo para zona crítica..... 149
Mapa 25. Mapa de zona crítica de la Ciudad de Jesús María. 152
Mapa 26. Propuesta de uso de suelo para zona crítica, Ciudad de Jesús María. 153
Mapa 27. Mapa de la zona crítica de San Francisco de los Romo. 156
Mapa 28. Propuesta de uso de suelo para zona crítica, Ciudad de San Francisco de los Romo.
..... 157



Índice de Gráficas

Gráfica 1. Grados de urbanización.22

Gráfica 2. Extreme events: natural and technological disasters in the lates twentieth century. A summary of reported incidence 1989-199330

Gráfica 3. Número de eventos ctastróficos 1970-2017.....31

Gráfica 4. Relación entre personas muertas, desastres naturales y personas afectadas en el mundo.33

Gráfica 5. Número de desastres naturales en el mundo.....34

Gráfica 6. Proyección de población de la Zona Metropolitana de Aguascalientes 119

Gráfica 7. Índice de urbanización. 120

Gráfica 8. Evolución de la población en las Zonas Metropolitanas 120

Gráfica 9. Estimación del uso consuntivo del agua subterránea (hm3)..... 121

Gráfica 10. Proyección de la extracción de agua potable en localidades urbanas por región (Mm3). 121

Gráfica 11. Evolución de las fallas por subsidencia 122

Resumen

El crecimiento de la ciudad es inevitable. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el 55% de las personas en el mundo vive en ciudades actualmente y se estima que esta proporción aumentará hasta un 13% de cara al 2050, por lo que el desarrollo sostenible dependerá cada vez más de que se gestione de forma apropiada el crecimiento urbano (PNUD, 2010). Asimismo, Puente (2018, p. 15) comenta que el acelerado proceso de urbanización registrado a escala mundial ha orillado a la población a asentarse en zonas periféricas de la ciudad no apta para la urbanización o propensa a riesgos de desastres; por lo tanto, la urbanización es uno de los factores que aumenta la exposición de personas y bienes frente a los peligros, generando así, nuevos patrones de riesgo urbano (PNUD, 2010).

Con el objetivo de generar estrategias de Planeación Urbana que puedan mitigar o prevenir el riesgo en los asentamientos humanos, el presente estudio analizará el riesgo por fallas por subsidencia existente en la Zona Metropolitana de Aguascalientes, ya que es uno de los peligros con más incidencia dentro del Valle de Aguascalientes (Pacheco, 2019). El procedimiento consiste en la generación de una propuesta metodológica que pueda evaluar el riesgo por fallas por subsidencia, analizando variables como peligro, exposición y vulnerabilidad. De esta manera, se identificarán aquellos factores que hacen que estas zonas sean de bajo, medio o alto riesgo, mismos que se verán reflejados en mapas semaforizados de riesgo (escenario de riesgo).

Los resultados derivados de este estudio serán aportaciones significativas para la planeación del futuro desarrollo urbano; asimismo, serán detonantes para el desarrollo de nuevas investigaciones y para la formulación de políticas públicas en materia de Riesgos y Planeación Urbana.

Abstract

The growth of the city is inevitable. According to the United Nations Development Program, within the Sustainable Development Goals, 55% of the people in the world currently live in cities and it is estimated that this proportion will increase to 13% by 2050, so that sustainable development will increasingly depend on the proper management of urban growth (UNDP, 2010). Likewise, Puente (2018, p. 15) comments that the accelerated process of urbanization registered worldwide has led the population to settle in peripheral areas of the city not suitable for urbanization or prone to disaster risks; therefore, urbanization is one of the factors that increases the exposure of people and goods to hazards, thus generating new patterns of urban risk (UNDP, 2010).

With the objective of generating Urban Planning strategies that can mitigate or prevent the risk in human settlements, the present study will analyze the risk of failure due to subsidence existing in the Metropolitan Zone of Aguascalientes, since it is one of the hazards with more impact within from the Aguascalientes Valley (Pacheco, 2019). The procedure consists of the generation of a methodological proposal that can assess the risk of subsidence failures, analyzing variables such as danger, exposure and vulnerability. In this way, those factors that make these areas of low, medium or high risk will be identified, which will be reflected in semi-standardized risk maps (risk scenario).

The results derived from this study will be significant contributions to future urban development planning; likewise, they will be triggers for the development of new research and for the formulation of public policies in the field of Risks and Urban Planning.

Introducción

El presente estudio se refiere al tema de riesgo por fallas por subsidencia, que se puede definir como la presencia del agrietamiento de la superficie del terreno (provocado por el hundimiento del mismo), con la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos y todo lo que éste engloba), a grado tal, que constituya un desastre. La causa principal de este fenómeno es la extracción del agua del subsuelo, que trae como consecuencia el hundimiento del terreno, y por ende el agrietamiento del mismo (SEGOB, 2001). Algunas de las consecuencias más graves de este movimiento es la afectación a la infraestructura urbana, como lo es la vivienda y servicios (Aranda, 1989).

En Aguascalientes, este fenómeno ha ido incrementando, y se considera uno de los peligros geológicos-antrópicos de más incidencia en el Estado (Pacheco, 2019). Asimismo, las viviendas afectadas en el Valle de Aguascalientes han ido en aumento, con un total aproximado de 2500 viviendas afectadas al 2017 (SIFAGG, 2018). Para evitar el desarrollo de este peligro y su impacto negativo en el tejido urbano, se han generado acciones que promueven la prevención del mismo, como la creación del Comité Interinstitucional de Fallas Geológicas y Grietas de Aguascalientes, que precisamente, se encarga de darle seguimiento a todas las gestiones preventivas del fenómeno. No obstante, a pesar de las diferentes acciones que se han gestionado, existen otras alternativas que aún no han sido exploradas, y que pueden ser posibles soluciones para prevenir o mitigar el riesgo, una de ellas, es por medio de la planeación urbana (PNUD, 2010), la cual puede evitar el asentamiento humano en zonas de riesgo.

Por lo tanto, el objetivo principal del presente trabajo es conocer el escenario de riesgo actual en el que se desarrolla la zona de estudio, y con base en esto, realizar una aportación a la planeación urbana, generando estrategias de desarrollo urbano para la prevención y mitigación del riesgo de fallas por subsidencia. La metodología a desarrollar será también una de las aportaciones más valiosas del presente, ya que no existe una metodología específica para evaluar el riesgo de fallas por subsidencia. La propuesta metodológica

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

consiste en aplicar la fórmula de riesgo oficial¹ (o mayormente aceptada), y evaluar por separado cada una de sus variables (peligro, exposición y vulnerabilidad); cada una ellas será representada en un mapa semaforizado por municipio, y reflejarán las zonas críticas o de atención prioritarias.

La estructura del estudio se encuentra organizada de la siguiente manera: el primer apartado presenta el planteamiento y los objetivos específicos del trabajo; en el capítulo I se explica la fundamentación teórica que enmarca al estudio, se desarrollan los conceptos de riesgo, planeación urbana y subsidencia, y la relación que existe entre los tres; en el capítulo II se presenta un diagnóstico básico para asimilar un poco el origen del fenómeno en cuestión (subsidencia); en el capítulo III se desarrolla la metodología, que va desde la definición de la zona de estudio hasta la desagregación de la evaluación de cada una de las variables; posteriormente, en el capítulo IV se construye el escenario de riesgo, que corresponde al diagnóstico o situación actual del riesgo de fallas por subsidencia que se vive en este momento. En el capítulo V se exponen los resultados del escenario, referente a la interacción en conjunto de las variables evaluadas y se determina, por medio de los mapas, las zonas de atención prioritaria. En el capítulo VI se realiza la generación de escenarios de planeación urbana, lo cual es una herramienta útil para la proyección a futuro de la convivencia entre el riesgo y el desarrollo urbano. En el capítulo VII se sugieren estrategias específicas para la correcta toma de decisiones para el desarrollo urbano. Y por último, en el capítulo VIII se presenta una conclusión del presente documento con las aportaciones realizadas y nuevas líneas de investigación.

¹ Se explicará más adelante, en el Capítulo I. Fundamentación teórica, la composición de la fórmula del riesgo y cómo la manejan distintos autores.

Planteamiento del Problema

El crecimiento de la ciudad es inevitable. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el 55% de las personas actualmente en el mundo vive en ciudades, y se estima que esta proporción aumentará hasta un 13% de cara al 2050, por lo que el desarrollo sostenible dependerá cada vez más de que se gestione de forma apropiada el crecimiento urbano (PNUD, 2010).

El PNUD (2010) argumenta que la expansión no planificada que muchas ciudades han experimentado para hacer frente al crecimiento repentino de la población en combinación con una planificación territorial inadecuada y con el fracaso de las autoridades urbanas en lo que se refiere a regulación de las normas de construcción, son algunos de los factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de las poblaciones urbanas. Asimismo, también expone que la urbanización aumenta con frecuencia la exposición de personas y bienes frente a las amenazas, creando así, nuevos patrones de riesgo, de tal manera que la gestión de los desastres en zonas urbanas ha adquirido importancia.

Por otro lado, Moreno (2000) argumenta que los sistemas de planeación enfocados al manejo de riesgos de desastres en Latinoamérica están desarticulados, y sugiere la necesidad de una visión innovadora en donde se reconozcan las múltiples amenazas a las cuales se encuentran expuestos sus pobladores, considerando los diferentes ángulos de vulnerabilidad y los variados tipos de riesgos. De la misma manera, en México, Aragón-Durand (en Graizboard, Mercado & Few, 2011) explica que existe una fragmentación institucional, es decir, se cree que el Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc) es la única institución que puede desarrollar la prevención de desastres, cuando en realidad la reducción de riesgos de desastres depende de muchas instituciones más dado que intervienen factores no sólo referentes al territorio, sino sociales, ambientales y económicos también; asimismo, comenta que el gobierno mexicano ha tenido interés en convertir al Sinaproc en un sistema más preventivo que reactivo, ya que hasta ahora, se ha enfocado solamente a conocer las amenazas y las consecuencias de su impacto, en detrimento del conocimiento de los procesos socioeconómicos generadores de la vulnerabilidad de la gente y las regiones; de hecho, indica

que los atlas de riesgos en realidad son atlas de peligros ya que sólo se identifican las amenazas más no la vulnerabilidad de las zonas.

En otro orden de ideas, según Puente (2018), la rápida urbanización ha generado asentamientos en zonas de peligro, dicha problemática se ha ido alimentando con la fragmentación institucional y la falta de planeación preventiva; por lo tanto, se requieren de políticas y estrategias que aporten a la gestión de desastres², es decir, a la prevención del desastre, disminución de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia.

Con base a lo anteriormente expuesto, en el presente estudio se analizará uno de los riesgos con más incidencia en la Zona Metropolitana de Aguascalientes, como lo son las fallas por subsidencia, que según Pacheco-Martínez et al. (2013), este es el peligro geológico más importante del Valle de Aguascalientes.

Actualmente, la Zona Metropolitana de Aguascalientes concentra el 79% de la población total del estado y se prevé que para el año 2025 contará con 1, 524, 549 de habitantes, lo que implicará la expansión física del espacio urbano (Atlas de Riesgo del Estado de Aguascalientes, 2011), y por lo tanto, la exposición de la población frente a existentes y nuevos peligros. Siendo así, y por medio de la planeación urbana, se requieren estrategias de prevención que puedan anular y/o reducir el riesgo, asimismo, medidas de mitigación que reduzcan el riesgo existente de fallas por subsidencia dentro de los asentamientos humanos que conforman la ZMA (Zona Metropolitana de Aguascalientes).

² Se explicará en el Capítulo I qué es y qué implica la gestión de desastres (Gestión Integral del Riesgo).

Objetivos de la Intervención

Objetivo General

Realizar una aportación a la planeación urbana en materia de riesgos, elaborando un estudio de riesgo y vulnerabilidad en la Zona Metropolitana de Aguascalientes enfocado al análisis del peligro de fallas por subsidencia, contribuyendo así, con una visión prospectiva de reducción del riesgo urbano por fallas, así como de estrategias que prevengan y/o mitiguen la exposición de la población en general.

Objetivos Particulares

- Realizar una revisión de los instrumentos de planeación urbana para saber cuál es el estado actual de las estrategias de reducción de riesgo respecto al fenómeno en cuestión.
- Realizar un escenario de riesgo actual (estudio diagnóstico) de la zona de estudio con base en la fórmula oficial del riesgo (*peligro x exposición x vulnerabilidad*), obteniendo:
 - Cuantificación del peligro e identificación de las zonas afectadas por fallas.
 - Obtener el número de población expuesta.
 - Realizar un análisis de vulnerabilidad con base a una propuesta de indicadores específicos.
- Con base al escenario de riesgo obtenido de los objetivos anteriores, se generarán escenarios de planeación urbana que simulen situaciones tendenciales (¿Qué pasaría en un futuro si todo continúa como hasta hoy?) o situaciones deseadas (¿Qué pasaría si se establecen, con base a los resultados del escenario de riesgo, estrategias de prevención urbana?).
- Elaboración de estrategias de prevención y/o mitigación del riesgo urbano.

Alcances

- Analizar y evaluar el riesgo de la zona metropolitana de Aguascalientes respecto a peligros geológicos (fallas por subsidencia) contribuyendo con una prospectiva de reducción del riesgo.

Capítulo I. Fundamentación Teórica

Riesgos

Antecedentes. Antes del movimiento de la Ilustración, se tenía la creencia que los fenómenos perturbadores (desastres) provenían de la naturaleza, de la fuerza del universo o de algún poder divino; sin embargo, a partir del siglo XVII (revolución científica), se comenzaron a realizar aportes significativos sobre la transformación del planeta y, de la incorporación la última con la humanidad. Se dice pues, que el hombre es un agente geográfico que transforma todo aquello que la naturaleza le brinda, y que por lo tanto, condiciona su entorno, esto quiere decir que los riesgos no son naturales, sino que son fenómenos compuestos por la intervención humana (ver Figura 1). El tema de los riesgos ha tenido una evolución constante e integral, es decir, se ha visto periódicamente fomentada por la ocurrencia de desastres y la iniciativa que prevenirlos o mitigarlos a través del tiempo; e integral, porque incorpora varias disciplinas como lo son las ciencias geológicas, la historia, la geografía, etc. (Red Temática de Estudios Interdisciplinarios sobre Vulnerabilidad, Construcción Social del Riesgo y Amenazas Naturales y Biológicas, 2019).



Figura 1. Evolución de la epistemología del riesgo

Nota: Elaboración propia con información de "Estado del arte en los temas centrales de la Red" (Red Temática de Estudios Interdisciplinarios sobre Vulnerabilidad, Construcción Social del Riesgo y Amenazas Naturales y Biológicas, s.f.). Dónde: 1 Distribución de las sociedades en el espacio, localización de objetos y funcionamiento de modelos de organización; 2 Estudio de epidemias, crecimiento de población, desastres aunados al factor clima; 3 Decenio Internacional para la Reducción de Riesgos de Desastres Naturales.

Concepto del riesgo. Los desastres no son actos de Dios, son eventos continua y socialmente construidos, argumenta Kenneth Hewitt (1997), uno de los pioneros en el estudio de los riesgos:

Un terremoto, una inundación, o una explosión pueden ser la causa inmediata de un desastre, sean pronosticados o no. Sin embargo, la severidad del daño provocado depende del estado de la sociedad y sus relaciones ambientales pre-existentes. La seguridad de la población y el peligro son creados o transformados por el ser humano. (p.22)

Hewitt, en su capítulo *The idea of calamity in a technocratic age* (1983), refleja la pobreza de la investigación sobre los desastres, ya que antes de los 80, se vivía en un determinismo ambientalista y tecnocrático³ que escondía la realidad del origen de los desastres. Además, critica al pensamiento tecnocrático, cuyo enfoque dominante es atribuido a la naturaleza, es decir, que todo desastre es un proceso natural, sin llegar a cuestionarse cómo y por qué ocurren los desastres; contrario a esta postura, Hewitt afirma que los desastres se definen como interrupciones del funcionamiento normal del sistema social, y que en realidad están generados por esa misma normalidad, es decir son productos sociales. Por otra parte, en su libro *Regions of risk* (1997), comenta que el desastre depende del contexto social en donde se desarrolle, de dónde y cómo viva la gente. Las aportaciones del autor en cuestión reflejan discusiones del manejo de los desastres respecto a la vulnerabilidad del contexto en donde se viven, para de esta manera, visualizar la posibilidad de poder mitigar el riesgo (Ruiz, 2005).

Sobre la misma idea de que el riesgo es un producto social, Andrew Maskrey (Lavell, Burton, Alcántara-Ayala, & Oliver-Smith, 2016) argumenta que los desastres no son meramente naturales, que no existen independientemente como cosas o como objetos: son momentos de compresión espacio-temporal dentro de procesos sociales e históricos, la mayoría de los desastres son un reflejo tanto de una construcción social, como de procesos físicos; explica que la exposición es un reflejo de cómo las relaciones sociales de producción se desarrollan en el territorio y la geografía, mientras que la vulnerabilidad caracteriza a un rango de condiciones sociales, económicas, políticas y culturales. Afirma que el riesgo de

³ Es decir el gobierno de lo técnico, donde todo era manejado por la técnica pasando encima de lo social.

desastres es una construcción social. Asimismo, en su libro *Los desastres no son naturales* (1993), hace diferencia entre un fenómeno natural y un desastre natural, en donde el primero es una manifestación de la naturaleza, y el segundo es la correlación entre fenómenos naturales peligrosos (como un terremoto, un huracán, un maremoto, etc.) y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables (como situación económica precaria, viviendas mal construidas, tipo de suelo inestable, mala ubicación de la vivienda, etc.). En otras palabras, existiría un alto riesgo de desastre si uno o más fenómenos naturales peligrosos ocurrieran en situaciones vulnerables.

Sin dejar a un lado la idea de Hewitt y la tecnocracia, surge Ulrich Beck con su libro llamado *La sociedad del riesgo global* (1986), donde explica que el riesgo adquiere un matiz de producto histórico, realiza una analogía con un enfoque Marxista: el aumento de la producción de la riqueza crece paralelamente con crecimiento de los riesgos sociales producidos por circunstancias científico-técnicas, estos riesgos caracterizados por una ausencia de unidad de medida (Beck, 1986). Llega a la conclusión de que la sociedad del riesgo global está caracterizada por la irrupción de la industria atómica, química y, más recientemente, la genética (los nuevos riesgos) y que estas mismas no ven las consecuencias negativas de sus decisiones ni cómo pueden afectar a la humanidad, es por eso que dice que no se pueden medir (Ruiz, 2005). Del mismo modo, en un capítulo llamado *Convivir con el riesgo global* (Beck, 2011) explica que los nuevos riesgos son omnipresentes, incalculables y no comprensibles, por lo tanto es necesario realizar todos los escenarios posibles, sean probables o no, textualmente dice que hay que añadirles “imaginación, sospecha, ficción y miedo” porque esta sería la única manera de prevenirlos. Afirma que el riesgo es la anticipación a la catástrofe, y también que la sociedad del riesgo no tiene fronteras, es decir, los ‘nuevos riesgos’ no tienen límites físicos.

Con un enfoque más social, Gustavo Wilches en su ensayo *La vulnerabilidad global* (1993) afirma que una comunidad debe de poseer la flexibilidad intrínseca necesaria para permitir su adaptación, absorber mediante cambios grandes o pequeños en sus estructuras, los cambios de un sistema superior, de lo contrario, surge la crisis, que consigo acarrea pérdidas materiales y víctimas humanas, lo que conocemos como desastre. También argumenta que el concepto de vulnerabilidad es eminentemente social, ya que hace referencia

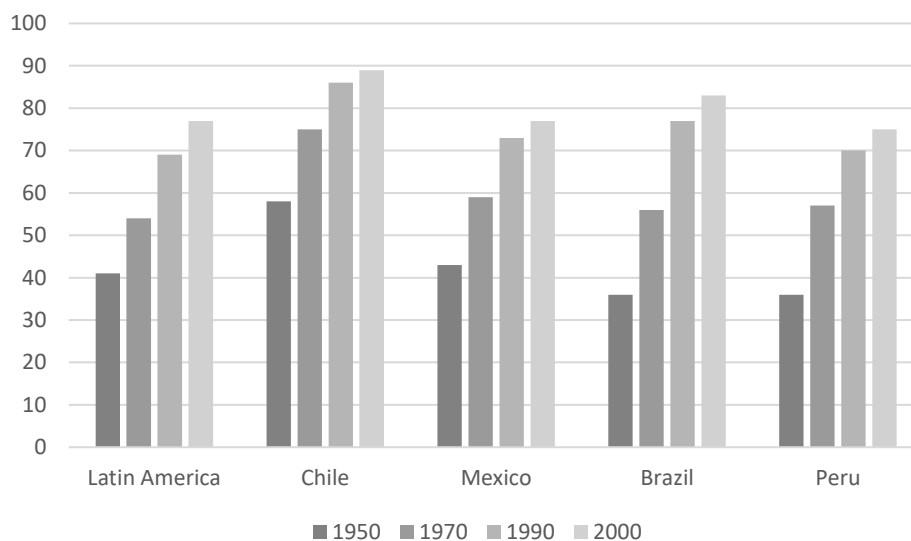
TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

a las características que le impiden a un determinado sistema humano adaptarse a un cambio del medio ambiente. Considera que la prevención es decirle ‘no’ al riesgo y que la mitigación es decirle ‘no’ a la vulnerabilidad, y que comprendido esto, se pueden generar mejores manejos del riesgo.

De la misma manera, Allan Lavell (en Maskrey, 1993) argumenta que existe un dominio total de las ciencias naturales y básicas sobre la problemática de los desastres en el subcontinente latinoamericano. El estudio de patrones sísmicos y climatológicos, de la dinámica terrestre, y de estructuras ingenieriles entre otros variados aspectos, pone un énfasis notorio en los problemas de predicción y en la adecuación de estructuras a los parámetros físicos de los eventos naturales que amenazan la sociedad. Sin embargo, la sociedad no aparece en la fórmula, ni como objeto de estudio, ni como objeto de acción y cambio en cuanto sus patrones de comportamiento y de incidencia en la concreción de situaciones de desastre. Afirma que el análisis de la vulnerabilidad humana, de la organización y respuestas sociales a desastres, de los impactos y discriminación social que ejercen, de los mecanismos posibles de prevención y mitigación que existen y que operan sobre el comportamiento humano a nivel individual y colectivo, entre muchos otros temas genéricos, surgen del traslado del concepto a la realidad social, por lo tanto es importante considerar el rol social dentro del riesgo (Maskrey, 1993).

Con una visión más reciente y nacional, está Sergio Puente que en su libro *La gestión integral del riesgo en desastres en las metrópolis* (2018) dice que uno de los principales rasgos distintivos que marcaron los últimos decenios del siglo XX lo constituye sin duda el acelerado proceso de urbanización a escala mundial (ver gráfica 1). Consecuencia de este crecimiento, es que los peligros han sido magnificados como resultado de una gran concentración de gente y propiedades en centros urbanos (Hewitt, 1997). La población, en condiciones de insolvencia e incapacidad para insertarse en el mercado formal de la vivienda, la mayor parte se ha visto obligada a resolver sus necesidades recurriendo a invasiones irregulares, principalmente en zonas periféricas de la ciudad, en ocasiones no aptas a la urbanización, ya sea por sus características geomórficas, valor ambiental o propensas a riesgo de desastres (Puente, 2018).

Al igual que los autores anteriores, Puente (2010) hace hincapié en que los desastres son eventos socialmente contruidos, ya que nosotros mismos generamos el riesgo y estamos dentro de él, y al igual que Beck, enfatiza que no solamente estamos siendo afectados por peligros de origen natural, sino que han ido en aumento aquellos antrópicos como los industriales y químicos, biológicos y epidemias. Afirma que por su artificialidad, la densidad de su aglomeración y complejidad de su organización y funcionamiento, la mayor exposición al riesgo de un desastre lo constituyen las ciudades (Puente, 2018). De igual manera, Hewitt (1997) considera que el incremento de la urbanización es proporcional al incremento de riesgo de desastre en el mundo, afirma que si se mapean las principales localizaciones de peligros se observa que inciden en áreas urbanas.



Gráfica 1. Grados de urbanización

Nota: Elaboración propia con datos de Hewitt (1997, p.267). Estimación de la rápida urbanización en la última mitad del siglo XX.

Por último, Aragón-Durand (Aragón-Durand, 2011) argumenta que el cambio climático está intensificando los peligros que afectan las poblaciones humanas, sus asentamientos e infraestructura, y que está debilitando la resiliencia de sus modos de vida en contextos de creciente incertidumbre y frecuente ocurrencia de desastres.

Para concluir este apartado, es importante que quede claro que el riesgo no es un evento aislado, al contrario, es una integración de factores naturales con sociales que tienen la

oportunidad de ser prevenidos o mitigados; asimismo, entender y conocer el tema de los riesgos es una problemática fundamental para la supervivencia en un futuro próximo.

Componentes del riesgo. Se puede definir que el riesgo es la presencia de un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etc.) a grado tal, que constituya un desastre (CENAPRED, 2006). Y un desastre se puede entender como una interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos (UNISDR, 2009).

Para comprender el riesgo se necesita conocer los conceptos básicos: peligro, exposición y vulnerabilidad, éstos, al igual que el riesgo, dependen de la perspectiva de los diferentes autores que han abordado el tema. A continuación se definirán los elementos del riesgo, mencionando distintas concepciones de los mismos.

Peligro. CENAPRED (2006) define al peligro como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado. De la misma manera, la UNISDR (2009) nombra amenaza (peligro) al fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Asimismo, Wilches (1993) define como amenaza (para una comunidad) a la probabilidad de que ocurra un riesgo frente al cual esa comunidad particular es vulnerable. En cambio, Hewitt (1997) comenta que ‘algo’ es un peligro a tal grado que amenaza con pérdidas que deseamos evadir, por ejemplo, una inundación no genera un riesgo, pero la posibilidad de perder una casa/hogar sí lo es.

Existen diferentes tipos de peligros categorizados según distintas instituciones y/o autores. El Tabla 1 expone una clasificación detallada de los tipos de peligros según la Base de datos Internacional del Desastre (EM-DAT, 2009); por otro lado, la Tabla 2 despliega los peligros según la clasificación del CENAPRED que actualmente rige en México. Se puede observar que la clasificación del CENAPRED involucra los peligros existentes en México de manera

generalizada, caso contrario a la Tabla 1, que desglosa las posibles causas de los desastres, lo cual es información importante para la elaboración de estrategias para la reducción del riesgo.

Por otro lado, en la Tabla 3, se puede observar que Hewitt (1997), aparte de considerar los peligros ‘básicos’, incluye otra clase de peligros más ‘sociales’ como lo son las guerras, las hambrunas, contaminación, etc., que al igual que los otros peligros, son ocasionados por el ser humano.

Tabla 1. Base Internacional de Datos del Desastre

Grupo de desastre	Definición	Tipo de desastre	Sub- tipo de desastre
Geofísico	Peligro originado de la tierra sólida.	Terremoto	Sismo Tsunami
		Movimiento de masa (seco) Actividad volcánica	Caída de rocas Deslizamiento de tierra Caída de ceniza Lahares Flujo piroplástico Flujo de lava
Meteorológico	Peligro causado por condiciones extremas atmosféricas.	Temperatura extrema	Ola de calor Ola de frío
		Niebla Tormenta	Condicioness severas de invierno Nieve/hielo Escarcha/ congelación
			Granizo Tormenta de relámpagos Lluvia Tornado Tormenta de arena Tormenta invernal Viento Oleada de tormenta Tormenta severa
Hidrológico	Peligro causado por la ocurrencia, movimiento, y distribución de la superficie y sub-	Inundación	Inundación costera Inundación fluvial Inundación instantánea
		Deslizamientos Acciones de oleaje	Avalanchas Olas gigantes

	superficie (agua dulce y salada).		Seiche (ondas estacionarias)
Climatológico	Peligro ocasionado por procesos atmosféricos y variabilidad climática.	Sequía Desborde violento de lago glaciario Incendios forestales	Forestales Pastizales
Biológico	Peligro causado por la exposición de organismos vivos y sus sustancias tóxicas o enfermedades que puedan acarrear.	Epidemias	Enfermedades virales Enfermedades bacterianas Enfermedades por parásitos Enfermedades por hongos Enfermedades priónicas Saltamontes Langosta
Extraterrestre	Peligro causado por asteroides, meteoritos y cometas que pasan cerca de la Tierra, y cambios en las condiciones interplanetarias que afectan la magnetósfera, ionósfera y termósfera de la Tierra.	Infestación de insectos Impactos Climas espacial	Airbus (explosión en el aire) Partículas energéticas Tormenta geomagnética (solar) Ondas de choque
Accidentes industriales		Derrame químico Colapsos Explosiones Fuego Goteo de gas Envenenamiento Radiación Derrame de aceite	
Accidentes de transporte		Aire Tren Caminos/carretera Agua/marítimos	

Nota: Tomado de la Base de Datos Internacional del Desastre.

Tabla 2. Clasificación de peligros según CENAPRED

Riesgo	Ejemplos
Geológico	Sismicidad Vulcanismo Deslizamiento y colapso de suelos y deslaves Hundimiento regional y agrietamiento Maremotos (tsunamis) Flujo de lodo
Hidrometeorológico	Lluvias torrenciales y trombas Granizadas Nevadas Inundaciones pluviales y fluviales Sequías Ciclones tropicales Tormentas eléctricas Temperaturas extremas Vientos (no ciclónicos)
Químicos	Fugas y derrames de sustancias peligrosas Incendios y explosiones Radiaciones
Sanitarios	Lluvia ácida Epidemias Plagas Contaminación (del aire, agua, suelo y alimentos) Desertificación
Socio-organizativos	Problemas provocados por concentraciones masivas de población Interrupción y desperfecto en el suministro o en la operación de servicios públicos y sistemas vitales Accidentes aéreos, terrestres, marítimos o fluviales. Actos de sabotaje y terrorismo. Efectos adversos de algunos servicios estratégicos.
Fenómenos astronómicos	Clima espacial

Nota: Boletín especial de Protección Civil, INAFED. Infografía clima espacial (CENAPRED, 2019).

Tabla 3. Otros peligros

Peligros	Ejemplos
Violencia social	<p>Armas Armas de fuego, incendiarios, nucleares, químicos, toxinas, gases, biológicos</p> <p>Perpetradores Fuerzas armadas, gobiernos, grupos terroristas</p> <p>Métodos Guerra, terror, subversión, sabotaje, genocidio.</p>
Peligros compuestos	<p>Bombardeos, ataques aéreos, guerrilla,</p> <p>Guerra ambiental, asedios, terrorismo, liberación de fuerzas peligrosas: derrames de petróleo / incendios, químicos</p> <p>Smog (niebla + contaminación del aire) (inversión + luz solar + contaminación)</p> <p>Ruptura artificial de la presa (accidente + ola de inundación)</p> <p>Tormenta de fuego de ataque aéreo (bombardeo + fuego masivo + tormenta atmosférica)</p>
Desastres complejos	<p>Hambrunas (sequía + pérdida de cultivos + acumulación de alimentos + pobreza)</p> <p>Crisis de refugiados (hambruna + guerra)</p> <p>Inundaciones tóxicas (rotura de presas de relaves + desechos tóxicos + inundaciones)</p> <p>Ensayos nucleares sucios y explosiones de potencia (explosión y contaminación nuclear + circulación atmosférica + lluvia y lluvia + desarraigo)</p>

Nota: Tomado de Hewitt (1997).

Exposición. CENAPRED (2006) define a la exposición o grado de exposición como a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles a ser dañados. Añade que puede ser cuantificada en valor monetario (el equivalente en dinero de la infraestructura dañada) o también se puede traducir en porcentajes como el número de personas afectadas. Asimismo, la UNISDR (2009b), la define de manera similar, agregando que los datos de la cantidad de personas o tipos de bienes afectados en determinada zona pueden combinarse con su vulnerabilidad con el objetivo de calcular el riesgo cuantitativo.

Vulnerabilidad. Se tienen diferentes concepciones del riesgo, de las cuales sólo se tomaron las siguientes:

Blaikie (1996) definen a la vulnerabilidad como:

“[...] las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza

natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad. Algunos grupos de la sociedad son más propensos que otros al daño, pérdida y sufrimiento en el contexto de diferentes amenazas.” (Blaikie, 1996)

Es importante destacar que los autores hacen mención de la capacidad para recuperar ante el impacto de una amenaza natural, lo que se conoce como resiliencia⁴.

La UNISRD (2009) considera que la vulnerabilidad son las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza, también explican que la exposición es independiente a la vulnerabilidad, ya que es un concepto muy amplio que abarca desde la diseño de edificios hasta concientización pública.

Por otro lado, Wilches (1993) argumenta que el concepto de vulnerabilidad es eminentemente social, ya que hace referencia a las características que le impiden a un determinado sistema humano adaptarse a un cambio del medio ambiente. Identifica que existen varios tipos de vulnerabilidad (ver Tabla 4):

Tabla 4. Tipos de vulnerabilidad según Wilches

Tipo de vulnerabilidad	Descripción
Física	Se refiere a los asentamientos humanos localizados en zonas de riesgo
Económica	En dónde se comprueba que los sectores económicamente más deprimidos de la humanidad son los más vulnerables.
Social	Que se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad
Técnica	Se refiere a estructuras físicas-constructivas

Nota: Tomado de Maskrey (1993).

Hewitt (1997) refiere a la vulnerabilidad como los atributos de personas, o actividades y aspectos de una comunidad que sirven para incrementar el daño de los peligros. El autor

⁴ Según la UNISDR (2009) la resiliencia es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

considera las siguientes causas de la vulnerabilidad (ver Tabla 5) y en la los factores de la misma (que pueden servir para poder cuantificarla):

Tabla 5. Formas en la que surge la vulnerabilidad

Factor	Definición
Exposición	Exposición a agentes o ambientes peligrosos.
Debilidad	Predisposición de personas, edificios, comunidades o actividades a un gran daño.
Falta de protección	Falta de protección contra agentes peligrosos y para personas vulnerables.
Desventaja	Falta de recursos y atributos que afectan la respuesta al peligro.
Impotencia	Incapacidad de promover condiciones seguras, o de adquirir medios de protección y socorro.

Nota: Tomada de Hewitt (1997).

Tabla 6. Factores de vulnerabilidad según Hewitt

Factores	Descripción
Ambiente construido	Vecindarios densamente habitados en largas/altas estructuras pueden acarrear una calamidad. (Pregunta. ¿Se pueden generar ciudades compactas seguras?)
Peligros de la dependencia	La gente depende de un lugar de trabajo, de rentar, de un salario, dependen de condiciones que pueden ser destruidas ante un desastre.
Fuerzas letales	Las industrias se han posicionado dentro de la ciudad de manera pasiva, se trabajan y se transportan materiales peligrosos sin saber las consecuencias de estas. También lo decía Beck.
Peligros de congestión	Densidad de personas, incrementa el potencial de encuentros peligrosos.

Nota: Tomada de Hewitt (1997).

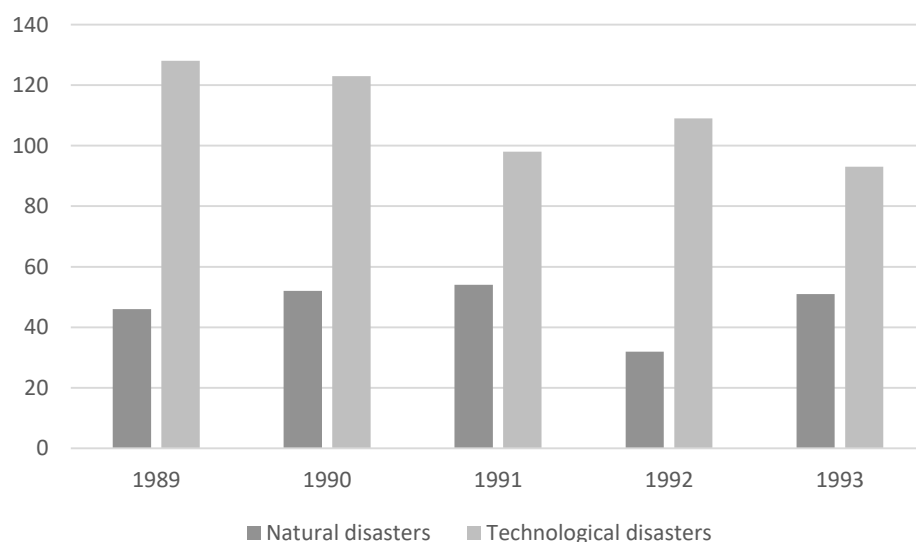
En el contexto nacional, Puente (en Graizbord & Lezama, 2010) asocia el origen de la vulnerabilidad a fenómenos antrópicos y naturales a problemas como desempleo, desigualdad social, contaminación y a un creciente y acelerado crecimiento urbano. Por otro lado, Aragón-Durand (en Graizbord et al., 2011) argumenta que la comunidad de la gestión del desastre define a la vulnerabilidad como la exposición de la infraestructura, equipamiento urbano, vivienda, vías de transporte y sistemas productivos al impacto de los fenómenos naturales y de su resistencia; rara vez se hace referencia a la vulnerabilidad de los grupos humanos y mucho menos a cómo ésta vulnerabilidad puede ser un atributo personal y

colectivo que varía en función de los recursos que posee la gente, sus capacidades, su posición social, y de las relaciones de poder existentes.

Por último, el CENAPRED (2006) define a la vulnerabilidad como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas. Al igual que Wilches, pero de manera generalizada, se divide a la vulnerabilidad en dos tipos: la social (aspectos económicos, educativos, culturales) y la física (resistencia de infraestructura ante un peligro).

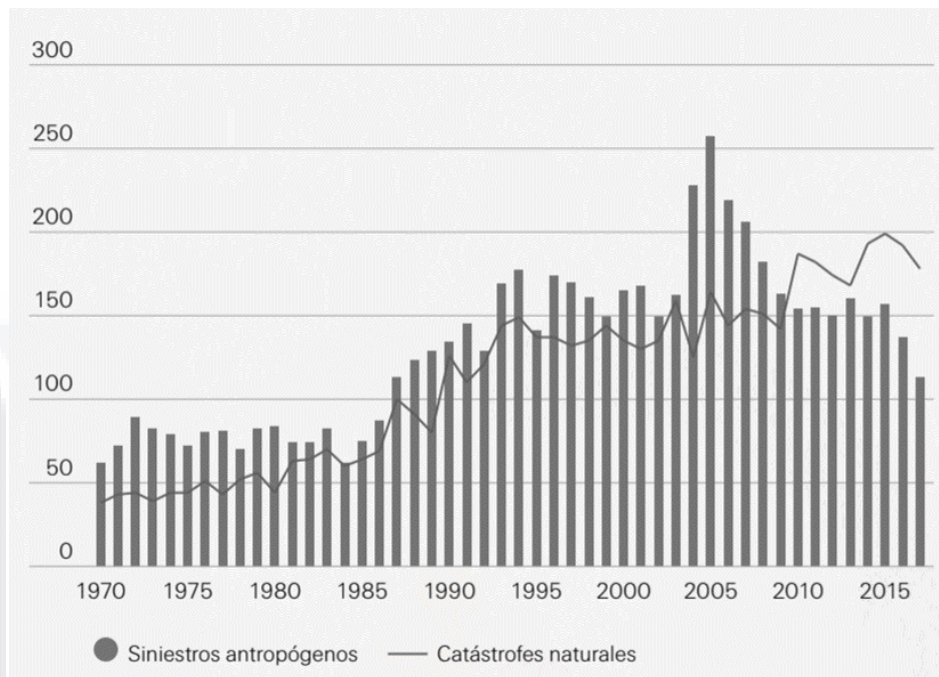
Concluyendo, varios autores consultados afirman que el riesgo es una construcción social (Hewitt, 1997; Maskrey, 1993; Puente, 2010) por lo tanto la vulnerabilidad se convierte en el factor primordial del riesgo, ya que si se interviene en ella, se podría promover la mitigación y la prevención del riesgo.

Clasificación del riesgo. Como se había visto anteriormente, los peligros dan denominación a los tipos de riesgos, que pueden ser naturales o antrópicos. Según Hewitt (1997), estas son algunas estadísticas de eventos extremos reportados entre 1989 y 1993, se puede observar que en su mayoría son de tipo antrópico, pero el mismo autor comenta que los desastres naturales han sido los más catastróficos (ver Gráfica 2 y Gráfica 3).



Gráfica 2. Extreme events: natural and technological disasters in the late twentieth century. A summary of reported incidence 1989-1993

Nota: Elaboración propia con datos de Hewitt (1997).



Gráfica 3. Número de eventos catastróficos 1970-2017
Nota: tomado de The Swiss Re Institute, Sigma (2018)

Origen natural. Los peligros naturales son aquellos desencadenados por variables climáticas y geológicas que van más allá del control humano (Palm, 1990; citado en Hewitt, 1997). Hewitt (1997) menciona que estos eventos se generan más o menos espontáneamente, algunos de ellos son originados por la acción humana como por ejemplo, las inundaciones, reflejan la deforestación de una cuenca. Además, argumenta que este tipo de eventos tienen mayor impacto en regiones poblacionalmente densas, empobrecidas y escasamente protegidas (como en Asia, ver Tabla 7).

Tabla 7. Desastres naturales por continentes 1947-1980

Área continental	Número de vidas perdidas	Número de desastres	Promedio de vidas perdidas por desastre
América del Norte	11531	358	32
América central y el Caribe	50676	80	633
América de Sur	49265	75	657
Europa	26694	119	224
África	25540	34	751
Asia	1054090	437	2416
Oceanía	4502	16	282
Total	1222298	1119	1092

Nota: Tomado de Hewitt, 1997.

Según el Centro de Investigación en la Epidemiología de Desastres (CRED, 2019), las siguientes estadísticas indican que los riesgos naturales más latentes y con más incidencia en afectación son las inundaciones, y los terremotos destacan en muertes (ver Figura 1):

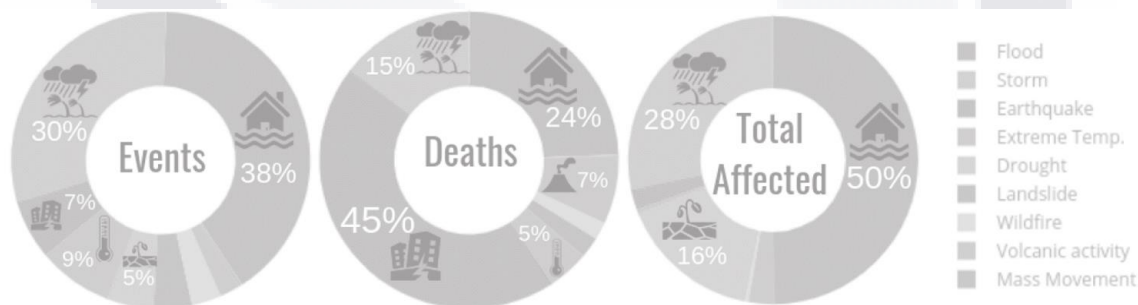
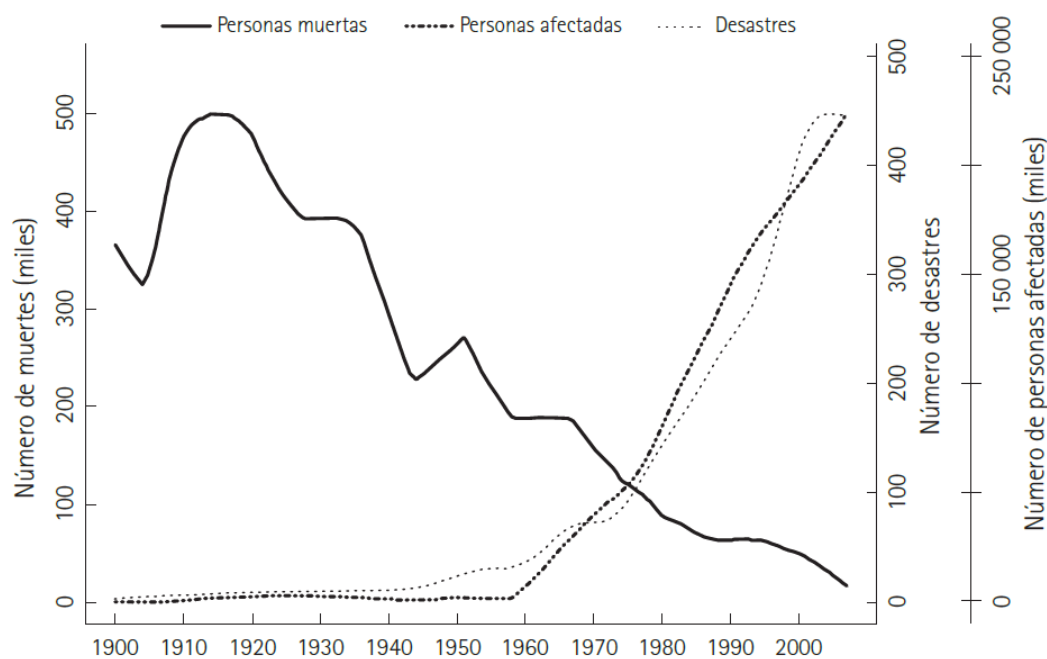


Figura 2. Estadísticas sobre desastres naturales

Nota: Tomado de CRED, 2019.

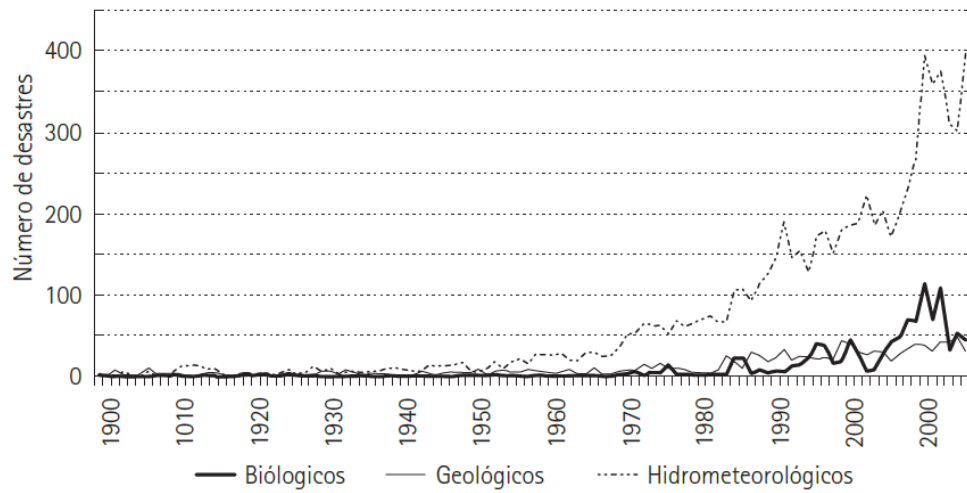
Puente (2010) presenta algunas gráficas sobre las estadísticas de desastres naturales, muertes y personas afectadas. Es interesante observar (ver Gráfica 4) que las muertes

disminuyen, lo que quiere decir que las políticas de gestión del riesgo han estado resultando, efectivamente, a reducir el riesgo; por el contrario, las personas afectadas y los desastres tienden a aumentar, lo cual es reflejo del impacto del cambio climático. Masika (Graizbord et al., 2011) asegura que el cambio climático está intensificando los peligros que afectan las poblaciones humanas, sus asentamientos, infraestructura y, paralelamente, está debilitando su resiliencia. Incluso, no hay alguna referencia de que el número de desastres disminuya ni que la generación de nuevos peligros aminore, al contrario muchos se están creando o magnificando debido a cambios sociales, rápida urbanización, destrucción ambiental, economías de globalización, tecnologías de energía, mega proyectos y violencia armada (Hewitt, 1997).



Gráfica 4. Relación entre personas muertas, desastres naturales y personas afectadas en el mundo

Nota: Tomado de Puente (2010) con datos de la EM-DAT (2008).



Gráfica 5. Número de desastres naturales en el mundo
 Nota: Tomado de Puente (2010) con datos de la ISRD (2008).

En la Gráfica 5, se refuerza la tendencia de que los fenómenos naturales de origen hidrometeorológico van en ascenso, al igual que los resultados obtenidos en las estadísticas del CRED. Esto nos indica que hay que poner especial atención tanto en sismos (desastres geológicos) como en inundaciones (desastres hidrológicos).

Finalmente, con base a Hewitt (1997), los fenómenos naturales tienen dimensiones que ayudan a categorizarlos según sus propiedades/características, estas dimensiones son las siguientes:

Tabla 8. Dimensiones de los peligros naturales

Dimensiones	Definición
Dimensiones espaciales	Se refiere a la escala del evento. Por ejemplo, los huracanes afectan a áreas muy extensas, al contrario de los tornados, que afectan a áreas muy locales.
Dimensiones temporales	Tasa de inicio La rapidez con la que inicia un evento. Por ejemplo, las sequías son lentas y se puede prevenir a la población, contrario a los tornados o deslizamientos de tierra que son instantáneos.
	Duración Lapso de tiempo que dura un evento, entre más tiempo puede ser más severo.
	Frecuencia Qué tan seguido ocurre en un determinado lapso de tiempo.

Nota: Tomado de Hewitt, 1997.

Origen antrópicos. Generaciones humanas próximas a existir tienen garantizados daños severos a la salud debido a desastres tecnológicos ocurridos en el pasado, argumenta Hewitt (1997) al analizar el alcance espacial y temporal que implican los desastres tecnológicos, como lo son explosiones, materiales químicos peligrosos, radioactividad, etc. Dicha situación se comprueba con el caso de Chernóbil, que al 2002 (16 años después del desastre), se registraron 4000 casos de cáncer de tiroides en niños y adolescentes, y que, probablemente, en los próximos años se notifiquen nuevos casos (OMS, 2007).

Beck (1986), considera que los ‘nuevos riesgos’ (ver Tabla 9), son aquellos provocados por la industria atómica, química y, más recientemente, la genética, la irrupción de éstos caracterizan, a lo que él llama, la sociedad del riesgo global.

Según Hewitt (1997), las políticas y análisis de riesgos tecnológicos parecen ser nuevos, pero en realidad, el daño de la innovadora industria tecnológica no lo es, de hecho, Beck (1986) argumenta que la industria ha laborado sin saber el peligro real que produce a la sociedad. En el periodo de 1989-1993 (ver Tabla 10), se reportaron 110 serios desastres tecnológicos en promedio por año, 79% fueron en transportación (mayormente de pasajeros).

Asimismo, Hewitt (1997) asegura que los peores accidentes/desastres tienden a ocurrir en países menos ricos debido a la falta de control y medidas de seguridad. De hecho, de los 25 países que operan estaciones de energía nuclear, al menos 8 están en el Tercer Mundo y 6 en el Segundo. Sin embargo, los desastres tecnológicos (ver Tabla 11) se concentran alrededor de centros urbanos, y a lo largo de redes comerciales y de transporte. Por otro lado, los daños de las industrias tecnológicas no sólo se confina en la ciudad, sino, que trasciende espacialmente, por ejemplo, la contaminación en el agua a consecuencia de las refinerías de petróleo no sólo queda ahí, sino que contamina toda la cadena alimenticia (pez-pesca-humanos); de igual manera sucede con la radioactividad de las plantas nucleares. Es aquí donde Hewitt y Beck convergen en que algunos de los desastres tecnológicos no tienen límites.

Tabla 9. Ejemplos de grandes desastres tecnológicos

Place	Year	Disaster	Chemical substance	Deaths
Oppau, Germany	1921	Huge explosion from chemical mixing at BASF chemical plant	Dynamite + ammonium nitrate	561
Honkeiko, Manchuria	1942	Explosion	Coal dust	1572
Texas City, USA	1947	Explosion, blast and fires	Nitrate fertiliser	576
Cali, Colombia	1946	Explosion near town centre	Dynamite	1150
Windscale, UK	1957	Nuclear disaster	Plutonium reactor fires, partial core meltdown released radioactive iodine.	Unknown
Vaiont, near Belluno, Italy	1963	Catastrophic rockslide into reservoir. Water forced over dam. Flood wave below caused deaths, most destruction		2600
Aberfan, Wales	1966	Mudslide from coal mine tailings pile.		114 children
Torrey Canyon, UK	1967	Oil spill over the sea, massive pollution scale.		-
Flixborough, UK	1974	Explosión en fábrica de productos químicos	Ciclohexano	28
Seveso, Italia	1976	Explosión en fábrica de productos químicos	Dioxina	Unknown
Amoco Cadiz, France	1978	Oil spill, loss of marine life.		-
Novosibirsk, Federación de Rusia	1979	Explosión en fábrica de productos químicos		300
Ixtoc I Oil plataform, gulf of Mexico	1979	Oil spill over the sea.		-
Madrid, España	1981	Contaminación de alimentos		430
Tacoa, Venezuela	1982	Depósito (explosión)	Combustible	153
San Juanico, México	1984	Depósito (explosión)	Gas licuado de petróleo	452

Bhopal, India	1984	Fábrica de productos químicos (fuga)	Metilisocianato	4037
Cuabatao, Brazil	1984	Explosion and fire	Gasoline pipeline leak	500 +
Chernobyl, Ukraine	1986	Nuclear disaster	Fallout and rainout radionucleides.	31 +
Kwangju, República Popular Democrática de Corea	1992	Almacén de gas (explosión)	LPG	Unknown
Guadalajara, México	1992	Series of explosions of gasoline and volatile gases leaked into sewers from state petroleum installation.		200
Kozlu, Turkey	1992	Explosion	Coal mine, methane gas	265
Bangkok, Tailandia	1993	Fábrica de juguetes (incendio)	Plásticos	240
Remedios, Colombia	1993	Vertido	Petróleo	430
Taegu, Douth Korea	1995	Gas explosion from leaking main at construction site		100 +
Haití	1996	Medicamento envenenado	Dietilenglicol	60
Yaundé, Camerún	1998	Accidente de transporte	Productos de petróleo	220
Kinshasa, RDC	2000	Depósito de municiones (explosión)	Municiones	109
Enschede, Países Bajos	2000	Fábrica (explosión)	Productos pirotécnicos	20
Toulouse, Francia	2001	Fábrica (explosión)	Nitrato de amonio	30
Lagos, Nigeria	2002	Depósito de municiones (explosión)	Municiones	1000
Gaoqiao, China	2003	Pozo de gas (escape)	Sulfuro de hidrógeno	240
Huaian, China	2005	Camión (escape)	Cloro	27
Graniteville, EUA	2005	Tren cisterna (escape)	Cloro	9
Abidján, Cote d'Ivoire	2006	Residuos tóxicos	Sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, hidróxido sódico	10

Nota: Elaboración propia con datos de Hewitt (1997, p.97), Informe sobre la salud 2007 (OMS).

Tabla 10. Numbers of technology-related disasters reported 1989-1993, by broad classes of technology.

Rank	1989	1990	1991	1992	1993	Total
Transportation						392
Aviation	44	25	18	38	20	142
Road	17	24	15	22	20	98
Marine	22	24	15	13	17	91
Rail	17	13	27	12	15	58
Fires and explosions	15	13	27	12	15	82
Mining	9	11	4	8	1	33
Building/structure collapse	2	7	3	5	3	20
Mass poisoning (food or drink)	1	3	3	5	4	16
Toxic chemical release	1	3	1	1	2	8
Total	128	123	98	109	93	548

Nota: Tomado de Hewitt (1997).

Tabla 11. Classes of technological hazard

Class	Examples
Hazardous materials (substances, processes)	Coal dust, PCBs, paints, leaded gasoline, drugs, tobacco, mutagens, carcinogenous
Destructive processes	Radiation, fire, structural failure, ionising radiation
Devices, artefacts, machines	Spray cans, explosives, power tools, vehicles, aircraft, x-ray machines, trains, hand guns
Installations, plants	Power plants, suspension bridges, dams, strip mines, refineries, LNG terminals, power lines, overpasses, high-rise buildings, pipelines.
Occupations, practices	Mining, construction, crop spraying, flying, automation
Technosystems or organisations	Agribusiness, petrochemical industries, public utilities, airlines
Sectors	Industry, transportation, military

Nota: Tomado de Hewitt (1997).

Según la OMS (2007), el funcionamiento de la industria siempre está sometido a protocolos de seguridad, sin embargo, siempre existe la posibilidad de que se produzcan errores humanos y mecánicos, a veces con efectos devastadores. De hecho, afirma con toda seguridad que desastres como el de Bhopal (ver Tabla 9) podría producirse nuevamente, ya que la producción y el uso de sustancias químicas se han multiplicado casi por diez en todo el mundo durante los últimos 30 años, particularmente en los países en desarrollo, mismos

que no garantizan una gestión segura de las sustancias químicas, además el aumento de la urbanización orilla a las personas a asentarse próximas a instalaciones peligrosas.

India, es una pieza clave global en el sector industrial y tecnológico. La rápida industrialización ha aumentado el peligro, riesgo y vulnerabilidad a la industria y al ambiente en este país, específicamente en zonas densamente pobladas. Mayores desastres químicos (Major Chemical Disasters) son bajos en frecuencia pero son significantes en términos de pérdidas de vida, lesiones, impacto ambiental y daño a las propiedades (NIDM, 2009). Según Gupta (en NIDM, 2009), los impactos que un desastre químico puede traer consigo son los siguientes (ver Figura 3):

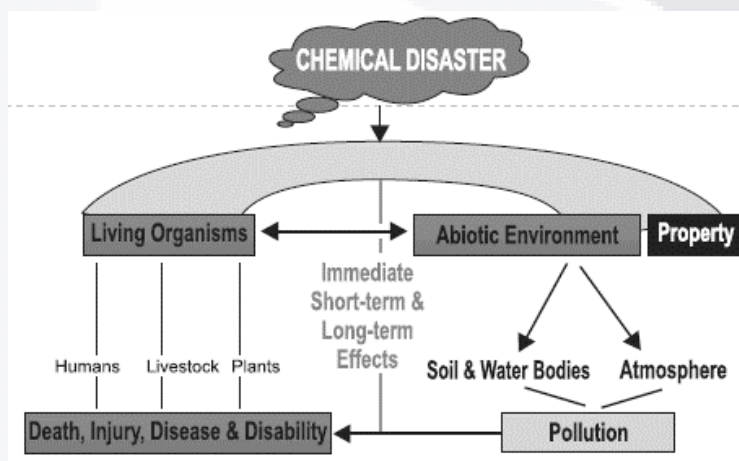


Figura 3. Impacto de un desastre químico
 Nota: Tomado de NIDM, 2009.

Los numerosos casos de estudio y análisis de reportes de accidentes demuestran que el error humano influenciado por factores organizacionales son causas de peligros de este tipo. Incluso Hewitt (1997), explica que la tecnología es también parte de la organización humana, acerca de técnica, entrenamiento y disciplina, y prácticas establecidas, son sistemas técnicos, los peligros tecnológicos surgen de la tecnología misma y de las organización entre humano-máquina. Por lo tanto, la mitigación y prevención de los desastres tecnológicos requiere de un amplio campo de estudio, ya que va desde la organización interna de la industria, como de lo que sucede fuera de ella (lo que la rodea).

Riesgos Multi-Hazard (Multipeligros). La UNISRD (2015) los define como los contextos específicos en los que pueden ocurrir eventos peligrosos de forma simultánea, en cascada o acumulativa a lo largo del tiempo, y teniendo en cuenta los posibles efectos interrelacionados.

También se les define como desastres tecnológicos causados por desastres naturales, o como lo llaman actualmente: peligros NATurales y TECHnológicos. Este tipo de peligros se han reconocido desde el terremoto y tsunami del 2011 en Japón, que como consecuencia trajo la fusión del reactor nuclear de Fukushima. Se ha reportado que el 5% de desastres industriales son NATECH, lo cual pueden ser más costosos y traer consigo un mayor impacto ambiental. Para poder reducir el riesgo se requiere de una planeación rigurosa de usos de suelo (ARMOR, 2019).

Evaluación del riesgo. En el siguiente apartado se explicarán las maneras de evaluar el riesgo y cada una de sus variables.

Aportaciones para la evaluación del riesgo. La evaluación del riesgo se realiza por medio de una fórmula y su construcción varía según las interpretaciones de los autores, en este caso se tomaron en cuenta los siguientes:

- Wilches (en Maskrey, 1993) considera el riesgo dentro de la fórmula del desastre, éste último lo define como el producto de la convergencia del riesgo y de la vulnerabilidad, en un momento y lugar determinados:

$$\text{Desastre} = (\text{riesgo}) (\text{vulnerabilidad})$$

Donde:

Riesgo: cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno.

Vulnerabilidad: incapacidad de una comunidad para "absorber", mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su "inflexibilidad" o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo.

Wilches (en Maskrey, 1993) pone el ejemplo de una casa expuesta ante la probabilidad de una lluvia intensa, en donde:

- a. Sí se produce una tormenta (riesgo = 1) pero el techo es fuerte (vulnerabilidad = 0) el desastre será nulo.
- b. Sí no se produce la tormenta (riesgo = 0) y el techo es fuerte (vulnerabilidad = 0), el desastre es nulo.
- c. Sí no se produce la tormenta (riesgo = 0) y el techo es frágil (vulnerabilidad = 1), el desastre es nulo.
- d. Sí se produce la tormenta (riesgo = 1) y el techo es frágil (vulnerabilidad = 1), se genera un desastre.

Por otro lado, Wilches agrega otra variable a la fórmula, el autor argumenta que entre mayor sea la preparación, menor será el desastre:

$$\text{Desastre} = (\text{Riesgo} \times \text{Vulnerabilidad}) / \text{Preparación}$$

Donde:

Preparación: busca reducir al máximo la duración del período de emergencia post desastre y, en consecuencia, acelerar el inicio de las etapas de rehabilitación y reconstrucción.

- Cardona (en Maskrey, 1993) define al riesgo como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de algún evento desastroso:

$$R_t = (E) (H \times V)$$

Dónde:

Amenaza o peligro (hazard - H): definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.

Vulnerabilidad (V): como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total.

Elementos bajo riesgo (E): como la población, las edificaciones y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.

Carmona señala que la fórmula anterior es una propuesta de la UNDRR (United Nations Disaster Relief Organization) de 1979. A esta fórmula le elimina la variable de la Exposición (E) ya que la considera implícita dentro de la Vulnerabilidad (V), por lo tanto, resulta lo siguiente:

$$Rie = f (A_i, V_e)$$

“Una vez conocida la amenaza o peligro A_i , entendida como la probabilidad de que se presente un evento con una intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t , y conocida la vulnerabilidad V_e , entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto e a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad i , el riesgo Rie puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento e , como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a i , es decir, la probabilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un período de tiempo t dado” (Cardona, en Maskrey, 1991).

- La UNISRD (2009) define al riesgo como la combinación de la severidad y frecuencia del peligro, el número de personas expuestas al peligro, y su vulnerabilidad al daño. La fórmula que proponen es la siguiente (UNDRR, 2015), la cual es la más común y aceptada por los organismos involucrados en la gestión del riesgo:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Exposición}$$

Donde:

Hazard: is defined as the probability of experiencing a certain intensity of hazard (eg. Earthquake, cyclone, etc.) at a specific location and is usually determined by an historical or user-defined scenario, probabilistic hazard assessment, or other method. Some hazard modules can include secondary perils (such as soil liquefaction or fires caused by earthquakes, or storm surge associated with a cyclone).

Exposure: represents the stock of property and infrastructure exposed to a hazard, and it can include socioeconomic factors.

Vulnerability: accounts for the susceptibility to damage of the assets exposed to the forces generated by the hazard. Fragility and vulnerability functions estimate the damage ratio and consequent loss respectively, and/or the social cost (e.g., number of injured, homeless, and killed) generated by a hazard, according to a specified exposure.

- En México, el Cenapred (2016), el riesgo se define con la siguiente fórmula: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir el peligro, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos (ver imagen 1).

$$\text{Riesgo} = f(\text{peligro, vulnerabilidad, exposición})$$

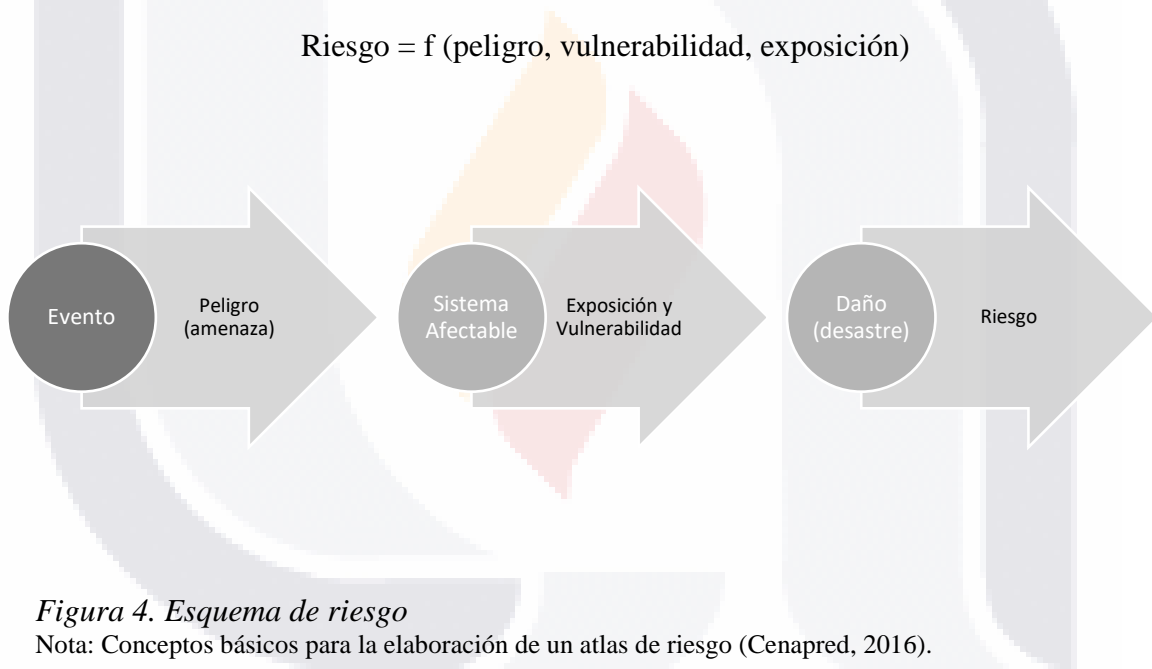


Figura 4. Esquema de riesgo

Nota: Conceptos básicos para la elaboración de un atlas de riesgo (Cenapred, 2016).

Se podría concluir que el riesgo es la participación en conjunto de un peligro (natural o antrópico), de la exposición (bienes materiales, infraestructura, etc.) y la vulnerabilidad (susceptibilidad de la población), ocurrido en un espacio y tiempo determinado, y que la conjugación de estos elementos pueden detonar un desastre.

Para cumplir los objetivos del presente trabajo, se seleccionará la forma de evaluación aceptada oficialmente en México, que es la de CENAPRED, por consiguiente, se procederá

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

a explicar la manera en que se calcula el riesgo, analizando cada uno de sus componentes descritos anteriormente.

Evaluación del peligro. Para el cálculo del peligro es importante definir qué peligro se va a evaluar. Sin embargo, de manera general, el peligro consiste en obtener una descripción probabilística de la posible ocurrencia de dichos eventos perturbadores con distintas intensidades (CENAPRED, 2006).

Para peligros naturales es importante obtener información de los periodos de retorno o las tasas de excedencia; el primero se refiere al lapso de tiempo que hay que esperar para que ocurra un evento con intensidad superior a una especificada, el segundo es el número de eventos por unidad de tiempo (un año) que sobrepasan un cierto nivel de intensidad. Para peligros antrópicos, se requiere de saber qué industrias manejan sustancias peligrosas y cuáles manejan para así, poder generar escenarios que reflejen el área expuesta al impacto (CENAPRED, 2006).

Los peligros se representan mediante un mapa de peligros, al cual, CENAPRED define como:

“Son mapas que representan la distribución de los fenómenos perturbadores de origen natural o antropogénico, basados en datos probabilísticos y/o estadísticos que conducen a la determinación de un nivel cuantitativo de la intensidad de algún fenómeno perturbador que existe en un lugar determinado.” (CENAPRED, 2006)

Se podría decir que el mapeo de los peligros son el resultado de una probabilidad relativa⁵ de un evento (COSUDE, 2002) más la localización espacial de los peligros (ver Figura 5).

Evaluación de la exposición. La exposición es la cantidad de personas, bienes y sistemas afectados por un fenómeno perturbador. Su manera de evaluar es, precisamente, cuantificando cuál es la cantidad de personas expuestas, cuáles son los bienes y sistemas afectados o por afectar (CENAPRED, 2006). Para lograr un mapeo de exposición es necesario contar con los escenarios de peligro (área afectada), una vez que se tengan los

⁵ La probabilidad relativa se refiere a la frecuencia relativa de un evento esperada en el largo plazo o luego de una secuencia de ensayos. Cuantas más veces se repita el experimento, al final las posibilidades de que ocurra cada uno de los sucesos será regular.

escenarios, se podrá averiguar el grado de afectación y la cantidad de personas y bienes afectados (ver Figura 5).

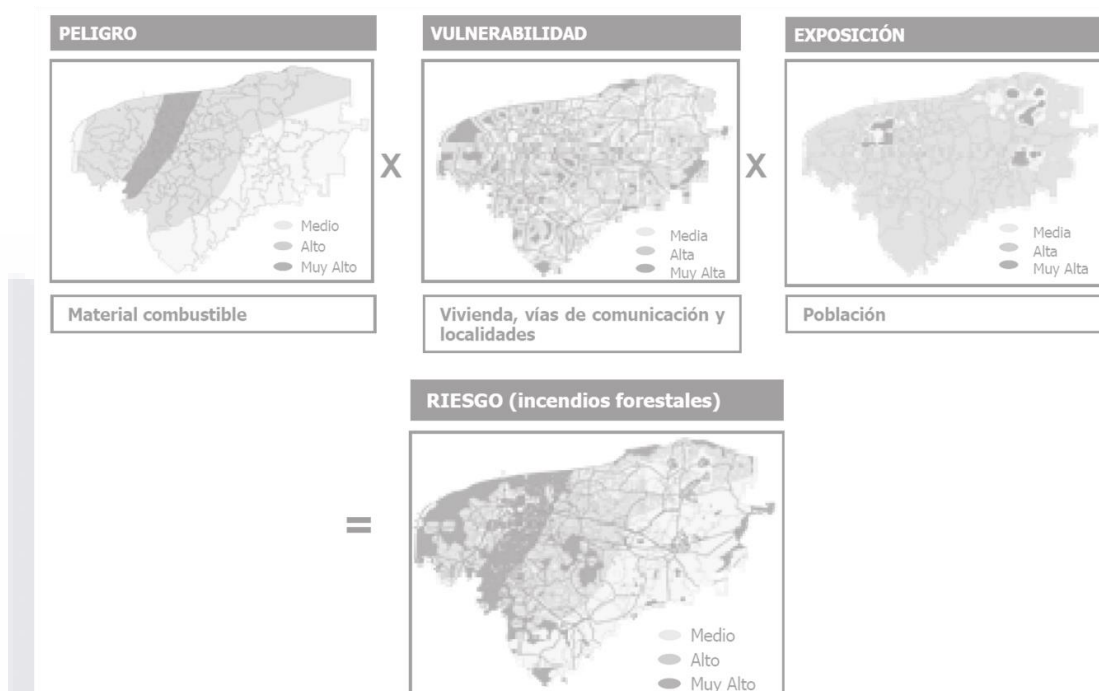


Figura 5. Ejemplo de mapeo de riesgo.

Nota: Tomado de Conceptos Básicos para la Elaboración de un Atlas de Riesgos (CENAPRED, 2006).

Evaluación de la vulnerabilidad. Existen dos tipos de vulnerabilidad: la física y la social. La física mide la resistencia de las construcciones (o del medio edificado) a diversos efectos de los fenómenos perturbadores; la social se caracteriza por tener una esencia cualitativa, ya que se miden aspectos como los económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de las personas (CENAPRED, 2006). La vulnerabilidad se expresa con valores entre 0 y 1, y su evaluación puede arrojar cifras que sustenten la generación de medidas de mitigación.

El CENAPRED propone una metodología para evaluar la vulnerabilidad, la cual comprende tres etapas:

- La primera etapa se basa en la medición de las capacidades de desarrollo de la población por medio de indicadores, como los son: nivel educativo de la población, acceso a seguro social, calidad en vivienda, concentración de población en el territorio.

- La segunda etapa mide la capacidad de prevención y de respuesta de población ante un desastre, esto es por medio de una encuesta propuesta por CENAPRED.
- Asimismo, la tercera etapa, consta de una encuesta para medir la percepción local del riesgo.

Con el proceso anterior se puede medir la vulnerabilidad e identificar los puntos frágiles de un asentamiento humano con la posibilidad de establecer medidas que puedan minimizarlos y, de esta manera, reducir el riesgo ante a algún fenómeno.

Gestión Integral de Riesgos. Para poder llegar a elaborar estrategias de prevención y mitigación contra riesgos es necesario conocer el (los) marco (s) en donde se desarrollan todos los temas que tienen que ver con peligros y vulnerabilidad.

Panorama Internacional de la GIR. Durante 50 últimos años se ha evidenciado una continua evolución en la práctica del manejo de desastres. Estas prácticas han sido conocidas de diversas maneras: como defensa civil, asistencia humanitaria, manejo de emergencia, ayuda y respuesta ante desastres, protección civil, adaptaciones en caso de peligro, mitigación y prevención de desastres. En el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial, el modelo del “ciclo de los desastres” (ver *Figura 6*) se desarrolló en respuesta a las crecientes pérdidas por desastres producto de la industrialización y urbanización por lo que los gobiernos comenzaron a invertir en una serie de políticas y prácticas para el manejo y la reducción de las repercusiones de los desastres (Graizbord et al., 2011).

Éstas prácticas dieron origen a la Gestión Integral de Riesgos que, por definición, es el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, una región o un país. Implica la complementariedad de capacidades y recursos locales, regionales y nacionales y está íntimamente ligada a la búsqueda del desarrollo sostenible. Como resultado se derivan un conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales para implementar políticas y estrategias con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales y tecnológicos (PNUD, 2012). La GIR está conformada por las siguientes partes (ver *Figura 7*):

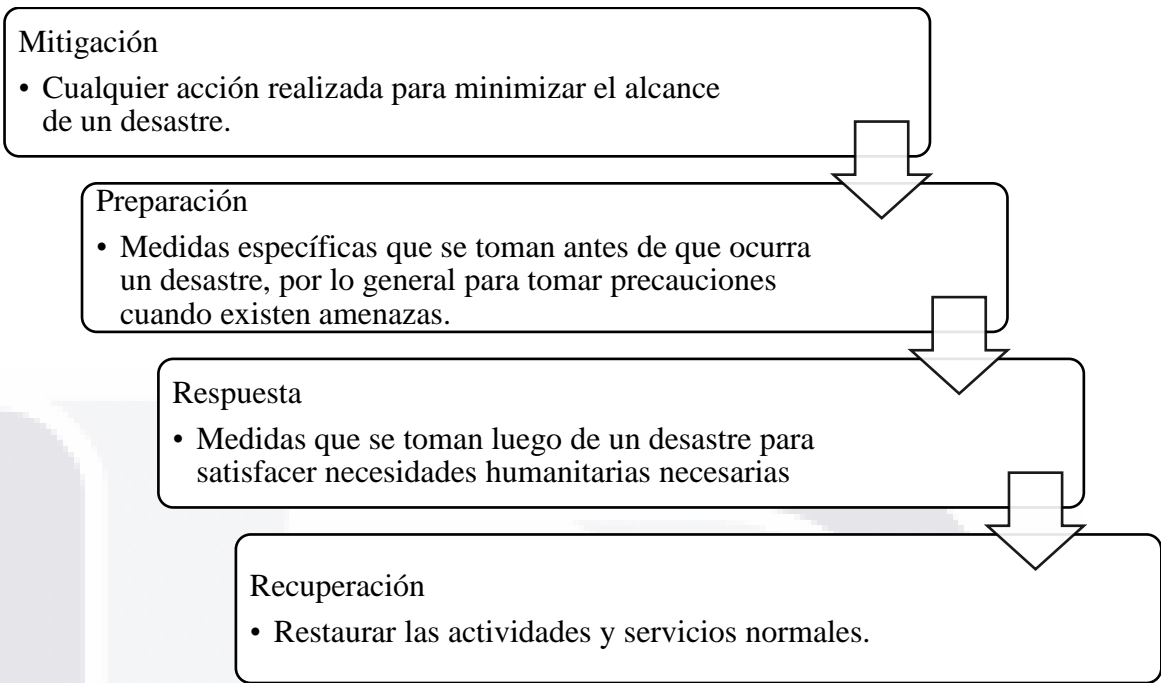


Figura 6. Ciclo de la prevención
 Nota: Tomado de Alexander (2002).

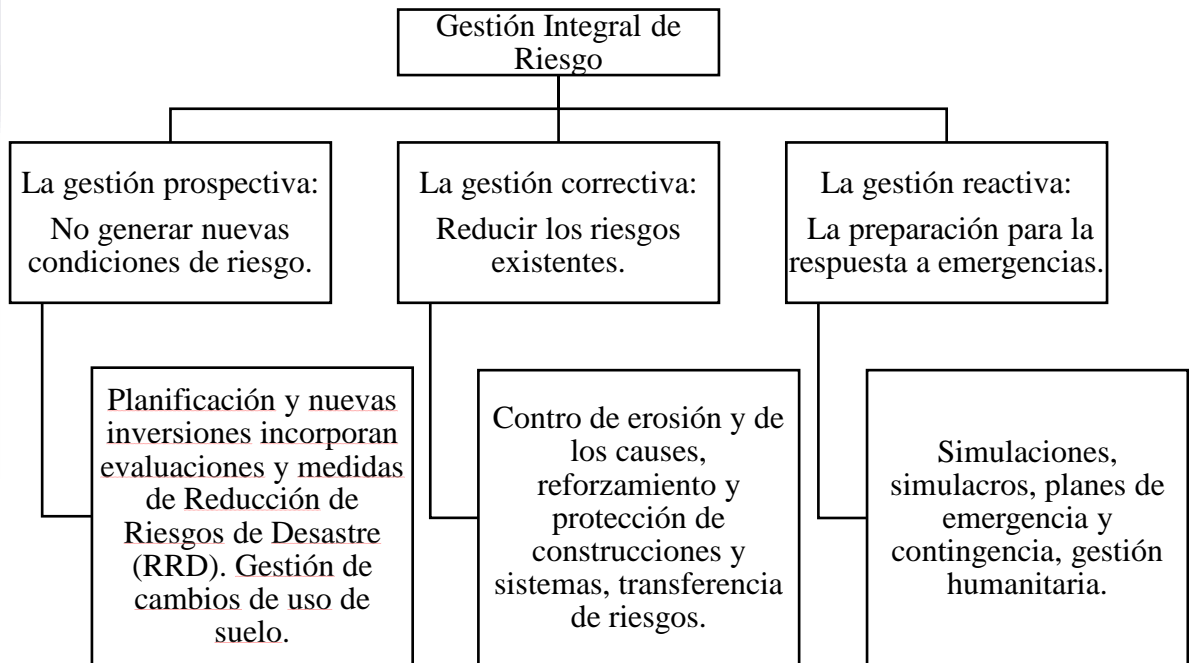


Figura 7. Composición de la Gestión Integral del Riesgo
 Nota: Tomado de Chuquisengo (2011).

De estos tres componentes, el que más destaca por su pertinencia en la Planeación Urbana es la gestión prospectiva, ya que se considera como un proceso de prevención enfocado a la Reducción de Riesgos de Desastre (RRD). Según Wilkinson (Graizbord et al., 2011):

“El modelo de RRD tiene como propósito enfrentar los problemas que en los procesos de desarrollo hacen vulnerables a ciertas poblaciones, como pueden ser una rápida urbanización y un uso inapropiado del suelo, así como aquellos procesos responsables de la generación de peligros, como la deforestación y la urbanización.”

Marcos institucionales. La RRD se vio impulsada a partir de 1990 y los hechos más representativos fueron los siguientes:

- Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (1990). Reflejó la preocupación de las agencias de la ONU, las ONG y la comunidad científica sobre el tema de los desastres. Se aplicó el conocimiento científico para la mitigación de desastres, presentando como una de sus limitantes el hecho de que muchas de las técnicas científicas aplicadas no se pudieron usar en países en desarrollo ya que carecían de dinero para su implementación (UNISDR, 2012b).
- Estrategia Yokohama (1994). En este documento se dio importancia a reducir las condiciones de vulnerabilidad en las comunidades, y de promover la participación de organizaciones gubernamentales e indígenas.

“En años recientes ha aumentado el impacto de los desastres naturales en lo referente a pérdidas humanas y económicas, y la sociedad en general se ha vuelto más vulnerable a los desastres naturales [...]. La prevención contribuye a la mejora duradera en cuanto a seguridad y es esencial para el manejo integral de los desastres” (IDNDR, 1994).

- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de la ONU 2005 (UNISDR en inglés). Es un mecanismo de coordinación de las agencias de la ONU y de otros organismos que trabajan en el ámbito de la prevención de desastres en la actualidad. Sus objetivos son los siguientes (UNISDR, 2005):
 - Incrementar la conciencia pública para comprender el riesgo, la vulnerabilidad y la reducción de desastres a nivel mundial.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- Obtener el compromiso de las autoridades públicas para implementar las políticas y acciones para la reducción de desastres.
 - Estimular el establecimiento de alianzas interdisciplinarias e intersectoriales, incluyendo la ampliación de redes para la reducción del riesgo.
 - Mejorar el conocimiento científico sobre la reducción de desastres.
 - Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030. Es el instrumento sucesor del Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015, en donde se concibe dar un mayor impulso a la labor mundial en relación con los desastres. Sus objetivos son los siguientes (UNISDR, 2015):
 - Reducir considerablemente la mortalidad mundial causada por los desastres para 2030, y lograr reducir la tasa de mortalidad mundial por cada 100.000 personas en la década de 2020-2030 respecto del período 2005-2015.
 - Reducir considerablemente el número de personas afectadas a nivel mundial para 2030, y lograr reducir el promedio mundial por cada 100.000 personas en la década 2020-2030 respecto del período 2005-2015.
 - Reducir las pérdidas económicas causadas directamente por los desastres en relación con el producto interno bruto (PIB) mundial para 2030.
 - Reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos, como las instalaciones de salud y educativas, incluso desarrollando su resiliencia para 2030.
 - Incrementar considerablemente el número de países que cuentan con estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional y local para 2020.
 - Mejorar considerablemente la cooperación internacional para los países en desarrollo mediante un apoyo adecuado y sostenible que complemente las medidas adoptadas a nivel nacional para la aplicación del presente Marco para 2030.
 - Aumentar considerablemente la disponibilidad y el acceso de las personas a los sistemas de alerta temprana de peligros múltiples y a la información sobre el riesgo de desastres y las evaluaciones para el año 2030.

Panorama nacional. Los terremotos de 1985 en la Ciudad de México constituyeron un catalizador para la creación de una estructura coordinada para el manejo de desastres. Se creó un nuevo sistema de manejo de desastres con un marco institucional y legal para la coordinación de los esfuerzos en cuanto a manejo de desastres: el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), el cual se conforma de la siguiente manera (ver Figura 8):

- En primera instancia, se encuentra el presidente de la República junto con el Coordinador General de Protección Civil, encargados de la coordinación y operación del sistema.
- Enseguida, la Dirección General de Protección Civil se encarga de las operaciones cotidianas.
- El CENAPRED es el responsable de proporcionar al sistema materiales de investigación, sobre comunicaciones y edificación.
- El FONDEN proporciona recursos para las actividades de prevención, respuesta y reconstrucción en caso de desastres a instancias federales, estatales y municipales.
- Y el Consejo Nacional de Protección Civil está formado por diferentes instancias gubernamentales federales y es la autoridad más alta para la toma de decisiones en casos de emergencia.
- Las estructuras estatales y municipales son responsables de la reducción de riesgos en su territorio.

De esta manera el Sinaproc (nivel federal) sirve como modelo para el diseño y operación de organizaciones descentralizadas e interconectadas en un sistema de gobierno mexicano cada vez más democrático (Arellano-Gault y Vera-Cortés, 2005).

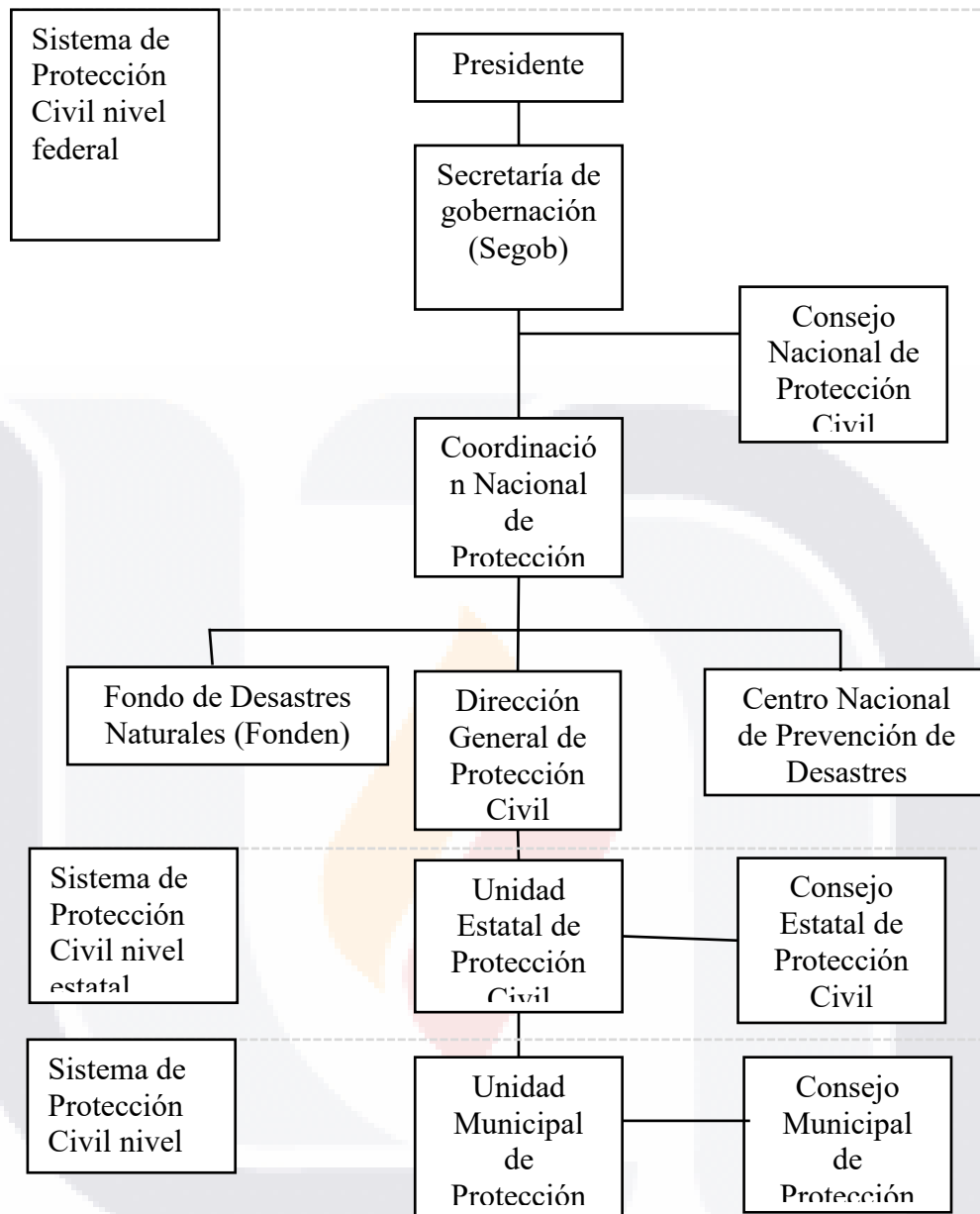


Figura 8. Estructura Organizativa del SINAPROC

Nota: Tomado de Arellano-Gault y Vera-Cortés, 2005 y adaptado por Graizbord et al. 2011.

El marco institucional del SINAPROC, hasta mediados de los noventa, manifestaba un enfoque en el que los desastres son eventos impredecibles causados por efectos naturales y no como eventos sociales (Hewitt, 1997); esta clase de visión ha generado un sistema de protección civil que está preocupado por las actividades de monitoreo de peligros y respuesta, más no de prevención, es decir, no ha tomado en cuenta las condiciones no naturales que generan los riesgos. Sin embargo, actualmente, se están direccionando esfuerzos a las

actividades que hacen menos vulnerables a las poblaciones e infraestructuras. La ley general de protección civil (2000) y el plan de protección civil subrayan la naturaleza interinstitucional del SINAPROC y la necesidad de transformarlo en un sistema enfocado a la prevención.

Una de las principales debilidades para el progreso de México respecto a la reducción de riesgos de desastre es la carencia de una estrategia clara de prevención: las iniciativas para la reducción de riesgos son aisladas y las entidades de gobierno ajenas a la protección civil no consideran que la reducción de riesgos sea su responsabilidad (Mansilla, 1996). Esta cuestión se ve reflejada en el sistema de planeación y en los instrumentos de las diferentes estancias de gobierno proponen estrategias que sólo velan por su propio interés, sin pensar en los peligros y riesgos que de ellas emanen (ver Figura 9).

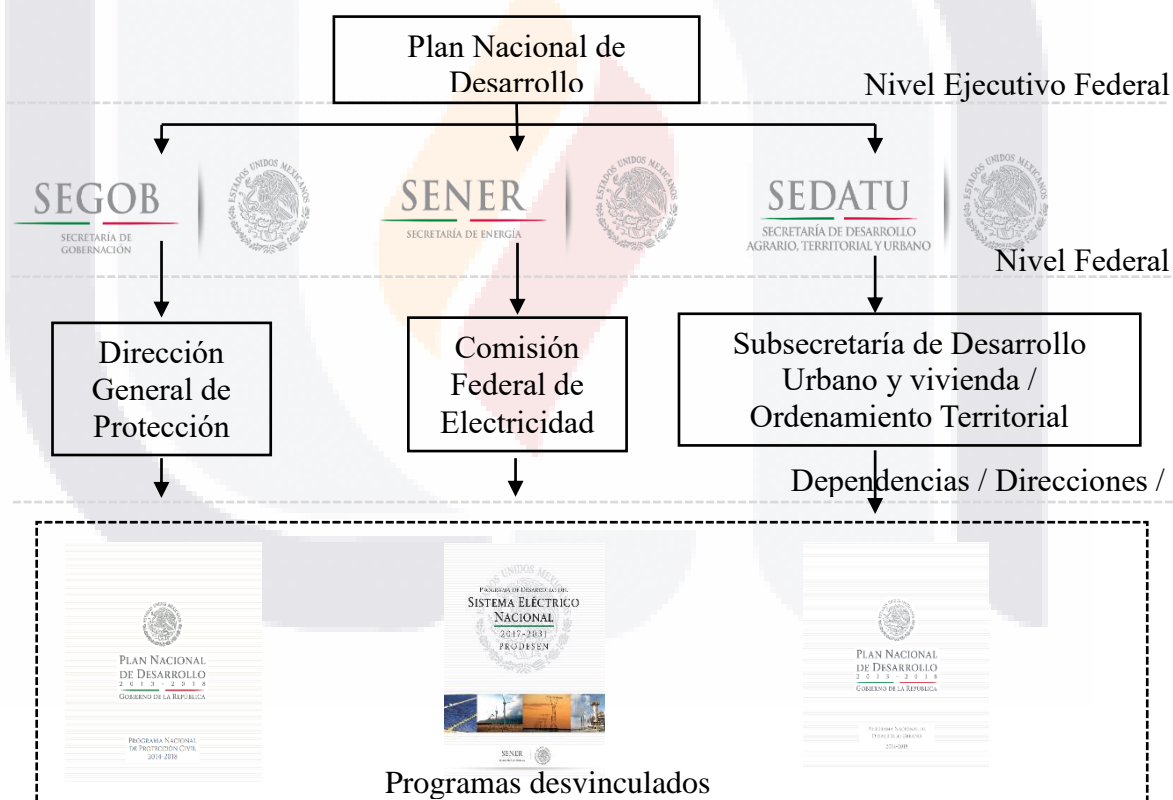


Figura 9. Estructura del Plan Nacional de Desarrollo
 Nota. Elaboración Propia.

Panorama estatal y local. Según Graizbord et al. (2011), a nivel estatal, diversas instancias gubernamentales, entre ellas las encargadas de educación y salud, tienen sus

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

propios programas de prevención de desastres, orientados a la educación y formación de conciencia y a la protección de la infraestructura pública, no obstante estas actividades no tienen una buena coordinación entre las instancias. Reiterando, esta falta de coordinación eficaz se deriva de la estructura normativa del Sistema Nacional de Protección Civil que define los papeles de los diferentes actores institucionales y la colaboración institucional en general, pero no especifica responsabilidades u obligaciones.

El concepto de prevención entendido por los gobiernos locales lo definen como una serie de acciones a realizarse antes de la ocurrencia de un desastre con el propósito de reducir los efectos de éste (por ejemplo: provisión de información y capacitación para evacuación, aseguramiento y suministro de refugios temporales). La prevención tiene una fuerte orientación hacia actividades de preparación que no reducen la vulnerabilidad ni están destinadas a esta reducción. (Mansilla, 1996).

Se debe de pensar en una planeación integral en donde se tome en cuenta los peligros que afectan a la población, en este caso, una manera un medio de prevención es la planeación urbana ya que a través de la misma se pueden zonificar los peligros y reducir la vulnerabilidad. En conclusión, se argumenta una falta de prevención de riesgos en todos los niveles de gobierno debida en parte a la desvinculación existente entre las diferentes instancias que generan estrategias a costa de las demás.

Casos de estudio. Según el informe de Riesgo Mundial 2018 hecha por el Foro Económico Mundial, los países más propensos a riesgos son los que se presentan a continuación:

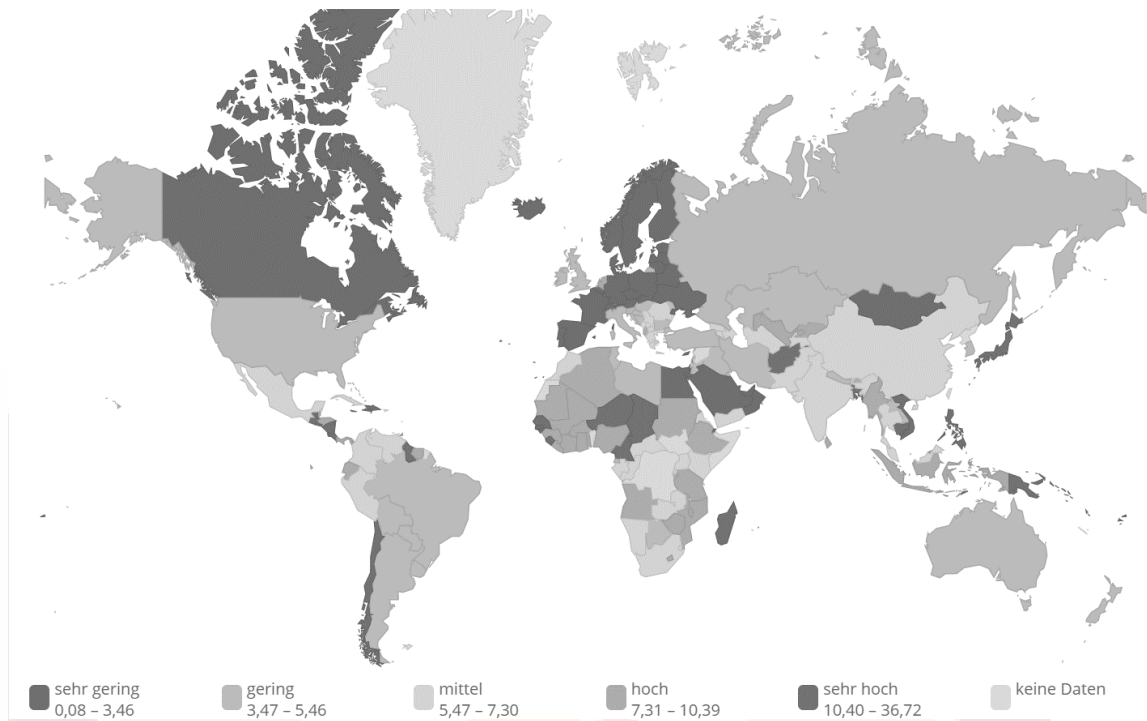


Figura 10. Índice de riesgo global

Nota: Tomado de Bündnis Entwicklung Hilft, 2017.

Con base a este mapa se eligieron algunos casos de estudio de zonas críticas o que, según su categoría, están en riesgo. Con base a Wilkinson (en Graizbord et al., 2011), se registraron las siguientes acciones en estos países:

- Bangladesh. El sistema eficaz de manejo de desastres de este país ha sido impulsado por las devastadoras inundaciones en 1988, 1991 en donde murieron 138 000 personas. Se conformó el Consejo Nacional para el Manejo de Desastres (NDMC en inglés), el Comité Asesor Nacional para el Manejo de Desastres y los Comités de Coordinación de manejo de Desastres Interministerial que coordinan el trabajo de diversas instancias gubernamentales para el manejo de desastres. Con el uso de estos mecanismos se redujo el número de muertes a 3000 personas durante el ciclón Sidr 2007.
- Filipinas. Este es uno de los países más propensos a desastres de todo el mundo. Entre 1990 y 2006 sufrió daños cuantificados en 370 millones de dólares por año como resultado de desastres. No obstante, ha logrado grandes avance en desarrollo de un

sistema de RRD descentralizado para reducir el impacto en la sociedad y en la economía.

Por otro lado, en Latinoamérica, como se puede apreciar en el mapa, también es una zona propensa al peligro, se puede decir que los desastres ocasionados por fenómenos naturales han afectado a cerca de 160 millones de personas en América Latina y el Caribe durante las últimas tres décadas. Entre 1970 y 2009, cerca de 130.000 personas perdieron la vida a raíz de los desastres en la región. Los daños económicos ascendieron a US\$ 356 mil millones, de los cuales más del 60% se debió a eventos relacionados con el clima, debido en parte al cambio climático. Asimismo, más del 80% de las pérdidas ocasionadas por los desastres ocurrieron en zonas urbanas. En América Latina, dos factores determinan el riesgo: los peligros naturales y una débil gestión urbana (Watanabe, 2015).

Se presenta un cuadro con los casos de desastres ocurridos en varios países en Latinoamérica, pero que a pesar de ser afectados por distintos peligros las soluciones van dirigidas hacia un mismo sentido: prevención y mitigación.

Tabla 12. Casos de éxito en Latinoamérica

País	Colombia	México	Chile	Venezuela	Argentina	Honduras
Desastre	1983- Terremoto Popayán 1985- Comunidad de Armero destruida por lahar de lodo consecuencia de la erupción del volcán Nevado de Ruiz	1985- Terremoto	2010- Terremoto	2003 Inundaciones	2007 Inundaciones	1998 Huracán Mitch

Nota: Watanabe, 2015.

Específicamente, de todos los países latinoamericanos, Colombia es el que más progreso ha tenido en cuanto a reducción de riesgos. Después del terremoto en Popayán en 1983 y la destrucción del poblado de Armero en 1985, cuando el Nevado del Ruiz hizo erupción, se

creó el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD), con el objetivo de operar de una manera intersectorial, interinstitucional e interdisciplinaria, poniendo énfasis considerable en la integración del manejo de riesgos a las actividades de esta institución y fomentando la participación ciudadana en la prevención, mitigación, rehabilitación y reconstrucción (Wilkinson, 2011).

Las estrategias más utilizadas para hacer funcionar la gestión de riesgos es:

- a. Realizar estudios/análisis de riesgos (contemplando la vulnerabilidad).
- b. Que se promueva la participación social para el conocimiento de los riesgos.
- c. Por parte de la planeación, realizar ordenamientos territoriales enfocados a la prevención de riesgos, contemplar accesibilidad a servicios básicos de emergencia (Wei, 2005), realizar microzonificaciones de riesgos (CENAPRED, 2006), realizar análisis de tipos de uso de suelos con base a riesgos (Cardona, en Mansilla, 1996) y realizar reasentamientos (LGPC, 2000).

Riesgos y Planeación Urbana

“Historically, many cities developed on sites prone to floods, earthquakes, landslides, droughts or hurricanes; but two factors limited the impacts on human populations. First, the most dangerous sites within locality were avoided, second, cities were relatively small and less densely populated... Today, there are many large cities in areas prone to natural disaster and many of the most dangerous sites have been occupied.” (Hardoy & Satterthwaite; en Hewitt, 1997).

Cardona (en Mansilla, 1996) argumenta que la planeación del desarrollo sólo puede tener consistencia si se llevan a cabo programas económicos y sociales vertidos sobre un espacio geográfico respecto al cual se tiene una clara visión del ordenamiento territorial a mediano y largo plazo, es decir, si existe una coherencia y simultaneidad de los diversos tipos de planeación y programación sectorial con las diversas escalas de ordenamiento del territorio. Asimismo, afirma que, desde la perspectiva de la planeación urbana, los análisis de riesgo deben ser los más completos posibles, puesto que son determinantes para la orientación de los usos potenciales del suelo y para la definición de intervenciones sobre el medio natural y los asentamientos humanos. Igualmente, desde el punto de vista de la planeación sectorial

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

(administrativa, social, económica), es fundamental la definición de responsabilidades para contribuir a que se impongan ciertas medidas generales (legales, administrativas, fiscales, financieras, etc.) que permitan que la potencialidad de los usos del suelo sea respetada y que las intervenciones se ejecuten debidamente, de tal manera que se puedan en grandes líneas alcanzar los resultados proyectados. Afirma que el poder conocer qué tipo de eventos pueden presentarse en el futuro en una región determinada, aunque no se conozca con exactitud cuándo pueden ocurrir, es una actividad de fundamental importancia para orientar el desarrollo de una región, de tal manera que el impacto de dichos eventos sea el mínimo posible y que no signifiquen un trastorno para el desarrollo social y económico de la misma.

Aterrizando al contexto nacional, Puente (2010) resalta que no existe una cultura cívica de la prevención y ha sido evidente en los desastres ocurridos en México. Argumenta que existe una mayor conciencia acerca de la mitigación y prevención de desastres, pero sigue existiendo un gran número de víctimas. Asimismo, plantea el imperativo de realizar una evaluación rigurosa de la política pública en la figura del SINAPROC:

“... e implementar una consistente política de reconstrucción resiliente, es decir, no sólo la capacidad del manejo eficiente y solidario de la emergencia, de la recuperación del desastre, y de derivar enseñanzas del mismo para evitar que se reedite, sino de contar con una política pública urbana, que permita visualizar escenarios transformacionales, multisectoriales y de la estructura urbana de una metrópoli que normen el proceso de reconstrucción.” (En Graizbord et al., 2010).

Elizabeth Mansilla (en Lavell et al., 1996) realiza algunas críticas positivas y negativas al manejo de desastres en México. De lado positivo expone que la descentralización es un aspecto importante, es bueno que cada estado tenga la obligación de proteger la vida, las posesiones y los derechos de todos sus ciudadanos. Y, algo que va de la mano con lo anterior, es que exista una coordinación preventiva y operativa por parte de la población y la participación social, se necesita el reconocimiento de la acción de la sociedad, grupos voluntarios y la incorporación de la sociedad. Del lado negativo menciona que los aportes antes mencionados no se han podido traducir en formas efectivas y sistemáticas de prevención y atención de desastres, no van más allá de alertar a la población. Introducir la

prevención y mitigación de desastres son dos actividades que bien podrían ser adaptadas en esta nueva forma de concebir los municipios como regiones autónomas, no sólo para elevar los niveles de seguridad frente a factores de riesgo, sino para buscar mejores condiciones de vida para la población. De la misma manera, Wilkinson (en Graizbord et al., 2011) evidencia la falta de coordinación en las instancias de gobierno, carencia de una estrategia clara de prevención y la falta de participación de la sociedad civil.

Por otra parte, Aragón- Durand (en Graizbord et al., 2011) argumenta que es necesario convertir al SINAPROC en un sistema más preventivo que reactivo. El SINAPROC se ha enfocado a conocer las amenazas y las consecuencias de su impacto, en detrimento del conocimiento de los procesos socioeconómicos generadores de la vulnerabilidad de la gente y las regiones; de hecho afirma que los atlas de riesgos son atlas de peligros. Explica que existe una fragmentación institucional, es decir, se cree que la SINAPROC es la única institución que puede desarrollar la prevención de desastres, cuando en realidad depende de muchas instituciones más. Por lo tanto, Aragón dice que los formuladores de política están cada vez más obligados a conocer y potenciar las estrategias para estar preparados ante un desastre, y con ello a la reducción de la vulnerabilidad y el incremento de la resiliencia. El propone la existencia de medidas de transversalidad con otras instituciones (SINAPROC y otras) para hacer gestión pública y planeación del riesgo para iniciar un proceso de reorientación hacia la reducción de la vulnerabilidad de los grupos humanos ante los fenómenos e incorporar la vulnerabilidad en atlas de riesgos.

Con las diferentes perspectivas de los expertos citados, se concluye que, efectivamente, existe una estrecha relación entre la planeación urbana y los riesgos, y que una planeación enfocada a los riesgos puede hacer aportaciones preventivas y de seguridad a la población. Por otro lado, también es importante reconocer que los riesgos es una problemática integral, debe de ser asistida por todas los organismos correspondientes, es decir, debe de haber una corresponsabilidad institucional.

Fallas por Subsistencia

Definición de subsidencia. Según la UNESCO Land Subsidence International Initiative (La-SII, 2019), la subsidencia es un problema mayor que amenaza la viabilidad y el desarrollo económico sustentable de muchos millones de personas en el mundo, especialmente, aquellas asentadas en costas y en áreas altamente urbanizadas. La misma fuente afirma que, en las próximas décadas, la sociedad estará enfrentado un gran número de retos relacionados con el uso sustentable del suelo y el agua; por otro lado, los efectos del cambio climático (en términos del aumento del nivel de mar, variación en la distribución y la duración de la precipitación), la extracción y recarga de agua, son consecuencias del aumento de la concentración de la población en mega ciudades.

Técnicamente, la subsidencia de la tierra es un fenómeno referente al hundimiento o el asentamiento de la superficie terrestre debido a varios factores; puede ocurrir naturalmente, o bajo el impacto de una amplia variedad de actividades humanas (Corapcioglu, 1984). Este tipo de fenómeno geológico no suele ocasionar víctimas mortales, sin embargo, es de gran importancia en zonas urbanas, donde los perjuicios ocasionados pueden llegar a ser ilimitados, suponiendo un riesgo importante para edificaciones, canales, conducciones, vías de comunicación, así como todo tipo de construcciones asentadas sobre el terreno que se deforma (Tomás, Herrera, Delgado, & Peña, 2009).

Según Prokopovich (1979) se definen dos tipos de subsidencia con base en su origen: endógena y exógena. La primera hace referencia a los movimientos relacionados con procesos geológicos internos, como por ejemplo el Valle Central de California probablemente asociado a las placas tectónicas; y el segundo se refiere a procesos con compactación natural o antrópica de los suelos⁶ (ver Figura 11), como por ejemplo la extracción de recursos como el agua, petróleo o gas natural. Sumado a lo anterior, la causa que más infiere en el desarrollo de la subsidencia es la excesiva extracción de agua debida a la rápida urbanización y crecimiento de la población (Deltares, 2013); y la consecuencia más

⁶ Relacionado con las características físicas de los sedimentos aluviales, alternando capas de arena, arcilla y turba (Deltares, 2013).

visible y con más impacto de la subsidencia en la ciudad es la reactivación de fallas (Yang, Wang, Zhou, Jiang, & Wang, 2015).

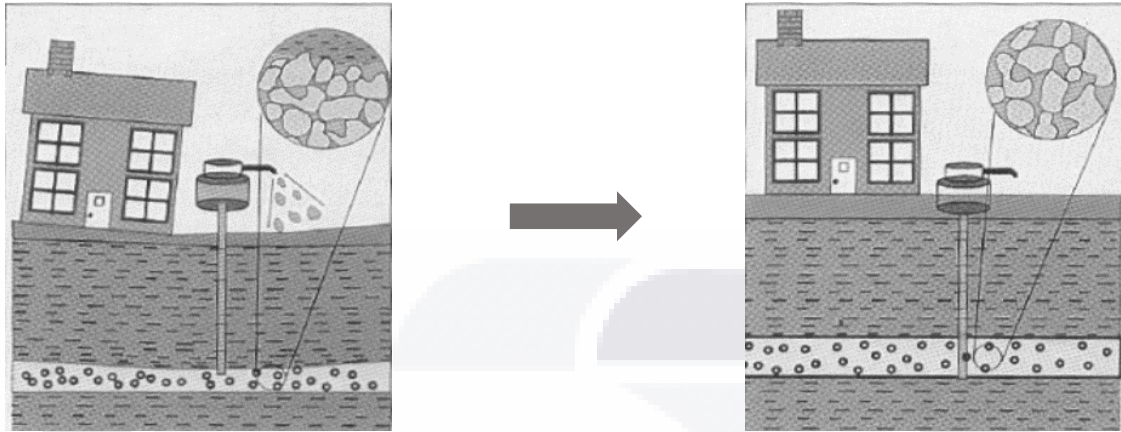


Figura 11. Subsidencia
 Nota: Tomado de Nájjar (2016).

Subsidencia y urbanización. La subsidencia es un peligro que restringe la planeación del futuro del desarrollo urbano (Yang et al., 2015). La distribución y el desarrollo de la subsidencia han sido influenciados en gran parte, a la construcción urbana. Con el rápido desarrollo de la urbanización y el agudo incremento en la población urbana (Deltares, 2013), deficiencias en agua y recursos del suelo han sido algunos de más importantes factores influenciando la sustentabilidad del proceso de urbanización (Yang et al., 2015). Los mismos autores argumentan que el impacto negativo del desarrollo urbano sobre la subsidencia se refleja en la pérdida de elevación, vivienda, daño a la infraestructura de servicios, etc. Por otro lado, la subsidencia ha agravado el problema de las grietas del suelo urbano, por lo tanto ha hecho que derezca su valor.

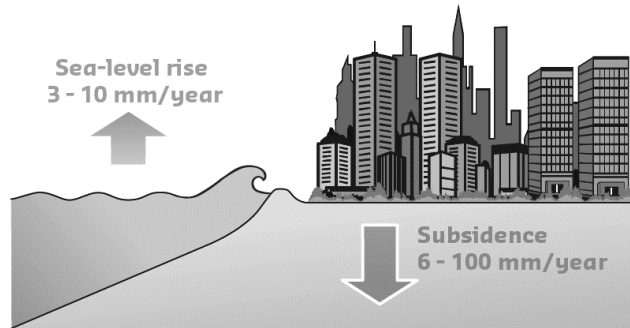
Según Yang et al. (2015), los factores urbanos que contribuyen a la subsidencia son la deficiencia de agua, alto grado de construcción urbana y crecimiento poblacional, y el comportamiento regional geológico. Por otro lado, según el Instituto Deltares de los Países Bajos, en su reporte *Sinking Cities* (2013) los impactos de la subsidencia pueden generar mayor riesgo de inundación, daños edificios, infraestructura, disrupción de servicios. Se han contabilizado pérdidas mundiales que van de los 1.5 a los 3 billones de euros (ver Figura 12).

Climate change

- Accelerated sea-level rise
- Extreme weather events

Socioeconomic development

- Urbanization and population growth
- Increased water demand



Impacts

- Increased flood risk
- Damage to buildings, infrastructure
- Disruption of water management

Causes

- Groundwater extraction
- Oil, gas, coal mining
- Tectonics

Figura 12. La subsidencia como una perspectiva multi-sectorial

Nota: Tomado de Sinking Cities (Deltares, 2013).

El siguiente gráfico (ver Figura 13) propuesto por Abadin, Andreas, Gumilar, & Wibowo (2015), explica las consecuencias que el desarrollo urbano ha tenido en Jakarta (que no dista mucho de lo que sucede en algunas de las ciudades que presentan subsidencia), tales como el incremento de la población, de áreas construidas, de las actividades económicas-industriales, y de la extracción de agua; todos estos factores urbanos aportarán al desarrollo de la subsidencia, la cual debería ser considerada en la planeación de uso de suelo, en la regulación de la extracción de agua, en códigos de construcción, etc., que a su vez estas medidas influyen en el desarrollo urbano. Prácticamente, resulta un ciclo en donde las dos variables (desarrollo urbano y subsidencia) son interdependientes.

Por lo tanto, tanto Chen & Chang (2018) como Spangle (1980), y los autores mencionados anteriormente, argumentan que la planeación de los usos de suelo es una herramienta valiosa para eliminar el riesgo al desastre y prevenir o evitar daños futuros con el objetivo de direccionar el desarrollo urbano futuro de estas zonas.

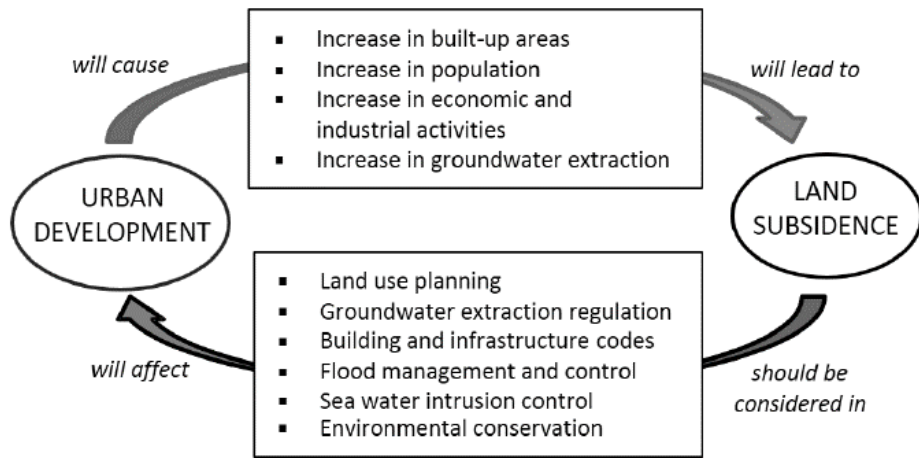


Figura 13. Desarrollo urbano y subsidencia en Jakarta.

Nota: tomado de Abadin, Andreas, Gumilar, & Wibowo (2015).

La subsidencia como un peligro. Según la UNESCO Land Subsidence International Initiative (La-SII, 2019), en el Programa Internacional Hidrológico VII, se considera la subsidencia como una de las mayores amenazas al desarrollo urbano y social. Por lo tanto, se presentan a continuación algunos casos de ciudades que padecen del fenómeno en cuestión.

Casos internacionales. Del tipo de subsidencia por extracción de agua existen casos en EUA, específicamente en Arizona central y Valle de San Joaquín, California con 88 cm de asentamiento; en Venecia, Italia con un hundimiento de 15 cm/año y en Tokio con 46 cm/año, éstos últimos dos casos han logrado controlar la subsidencia mediante políticas restrictivas de extracción de agua y mecanismos de abastecimiento de agua alternativos (Vázquez & Justo, 2002). A continuación se presentan algunos casos críticos de subsidencia en el mundo, en donde Jakarta es la ciudad que más se hunde, con un promedio 7.5 cm por año (ver Tabla 13).

Tabla 13. Subsidencia en ciudades

	Subsidencia acumulada en el periodo de 1900-2013 (mm)	Promedio de subsidencia (mm/año)
Bangkok	1250	20-30
Ho Chi Minh City	300	Hasta 80
Jakarta	2000	75-100

Manila	1500	Hasta 45
New Orleans	1130	6
Tokyo	4250	Cerca de 0
West Netherlands	275	2-10

Nota: Deltares, 2013, Sinking Cities.

Casos nacionales. En México, también se presenta el fenómeno de la subsidencia ya que el abastecimiento nacional de agua para uso urbano, agrícola e industrial se produce en buena medida a partir de agua subterránea, se estima que del 60 al 65 % del total de agua consumida en el país proviene de sistemas acuíferos, muchos de ellos en estado de sobreexplotación (Rodríguez & Rodríguez, 2006).

El Centro Nacional de Prevención al Desastre considera a la subsidencia dentro de los peligros geológicos, los llama oficialmente hundimientos regionales acompañados por agrietamiento del terreno natural (Centro Nacional de Prevención del Desastre, 2001). CENAPRED tiene registrada una zonificación en donde estos hundimientos se han manifestado, y prácticamente, el centro del país es el espacio geográfico más representativo de este fenómeno (ver Figura 14).

Dentro de los estados zonificados como susceptibles a subsidencia, Ciudad de México se considera uno de los más críticos teniendo un promedio de 8 cm/año, y según los autores, no se vislumbran señales de que pueda reducirse (Tomás et al., 2009).

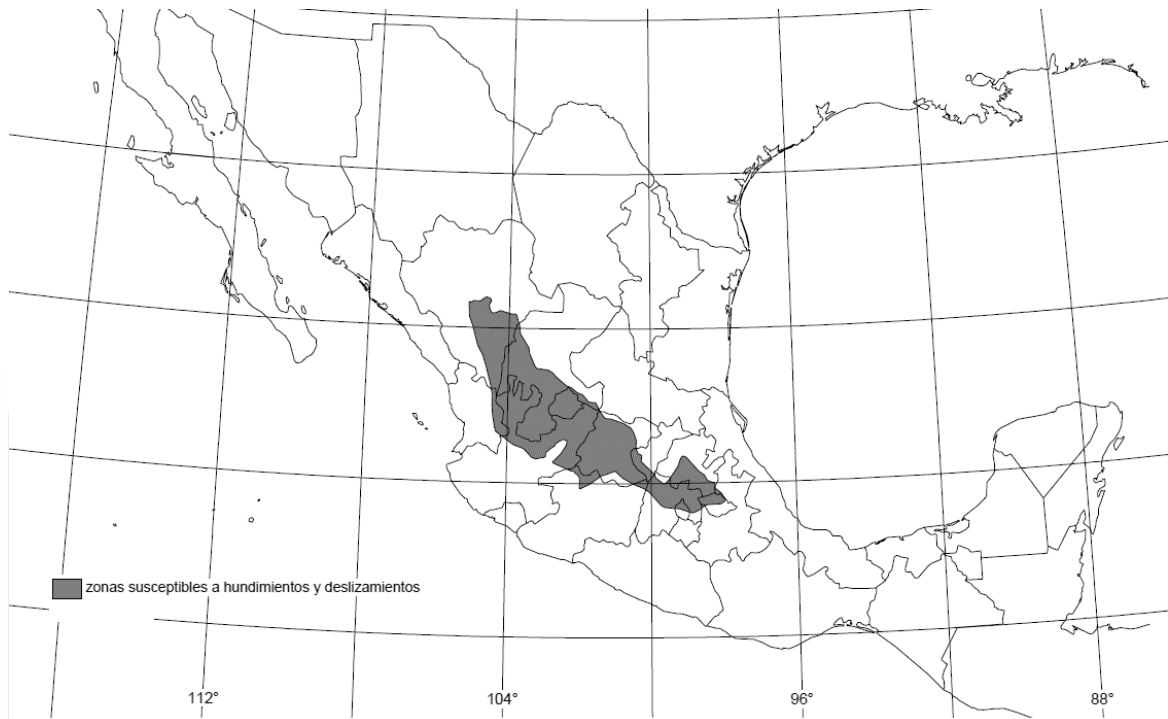


Figura 14. Zonas susceptibles a hundimientos y deslizamientos.

Nota: Centro Nacional de Prevención del Desastre, 2001.

Panorama local. Según Pacheco-Martínez et al. (2013), las fallas asociadas con la subsidencia son el principal peligro geotécnico en el Valle de Aguascalientes, trayendo consigo pérdidas económicas al generar afectaciones tanto en infraestructura privada y/o pública como urbana. Asimismo, se sugiere que las fallas que se encuentran dentro del valle de Aguascalientes pudieron haber sido originadas antes de la extracción de agua (es decir, de origen tectónico), pero precisamente con la extracción de agua, se han reactivado (Hernández-Marín, González-Cervantes, Pacheco-Martínez, & Frías-Guzmán, 2015).

Los programas de desarrollo urbano actuales, específicamente el Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Aguascalientes 2040, menciona que es un peligro al cual se encuentra población e infraestructura expuesta, asimismo, Pacheco Martínez (2019) asegura que Aguascalientes se hunde 5 cm/año, lo cual es importante resaltar, ya que si se hace una comparación, Jakarta con 10 millones de habitantes se hunde 7.5 cm/año, y Aguascalientes con un poco más de 1 millón de habitantes se hunde 5 cm/año, prácticamente se está a 1.5 centímetros de hundirse al igual que una ciudad de 10 millones de habitantes.

Por otro lado, las fallas es una de las consecuencias de la subsidencia que afecta también al desarrollo urbano, y en el documento anteriormente mencionado, indican que han ido en crecimiento, y que por lo tanto, ha habido mayor exposición y población afectada por las mismas. El documento concluye que es una problemática que debe ser atendida por el bienestar y salvaguarda de la población.



Capítulo II. Diagnóstico del Medio Natural

A continuación se realiza un diagnóstico muy básico del medio natural, éste se genera con el objetivo de entender un poco el fenómeno en cuestión (subsistencia y fallas), de asimilar cómo y porqué se produce; por lo tanto, sólo se presentan cuatro factores esenciales: topografía, geología (suelos), subsistencia e hidrología. No se profundizará mucho en el análisis de los mismos, ya que la idea no es indagar en aspectos técnicos, sino dar una imagen sucinta del fenómeno.

Acerca de la zona de estudio

El Estado de Aguascalientes, según el Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2013-2035, ocupa un sitio estratégico para el desarrollo, ya que se encuentra en una ubicación óptima dentro de la Región Centro Occidente. Su superficie total es de 5,621.55 km², siendo la cuarta entidad más pequeña del país. Se conforma por once municipios, la fusión de tres de ellos conforman la Zona Metropolitana de Aguascalientes:

Una zona metropolitana se considera como el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica; en esta definición se incluye además a aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y políticas urbanas. (SEDESOL, CONAPO & INEGI, 2004)

La Zona Metropolitana de Aguascalientes adquiere este carácter por su distancia, integración funcional y carácter urbano, es decir, por su cercanía, por la movilidad que existe entre el municipio central y los secundarios, y según la densidad de población que ocupa. Está conformada por los municipios de Aguascalientes (municipio central), Jesús María y San Francisco de los Romo, con una extensión territorial de 1903.37 km² (ver Tabla 14), equivalente al 33.84 % del total del estado (POZCM 2013-2035).

Tabla 14. Superficies y población de la zona metropolitana de Aguascalientes

Municipios	Área en Km2	Porcentaje de superficie municipal	Población
Jesús María	561.42	9.98%	120, 405
San Francisco de los Romo	133.56	2.37%	46, 454
Aguascalientes	1208.39	21.48%	877, 190
Resto de los municipios de Ags.	3721.60	66.16%	
Total Estado	5624.97	100%	
Total población ZMA (2015)			1, 044, 049

Nota. Recuperado de POZCM 2013-2035 (p. 7), INEGI (2015).

La zona conurbada es aquella que permite la continuidad física y demográfica de dos o más centros de población (POZCM 2013-2035, p. 7), esta zona presenta una extensión territorial de 268.69 km², precisamente, conformadas por la expansión de las manchas urbana, zonas de crecimiento y consolidación urbana de los municipios antes mencionados (ver Mapa 1).

Acerca del medio natural

Topografía

La conformación del terreno de la Zona Metropolitana de Aguascalientes varía entre elevaciones de un mínimo de 1768 a un máximo de 2642 msnm (metros sobre el nivel del mar). En el Mapa 2, se puede observar que el comportamiento de la topografía genera un valle (zona oscura), que se encuentra delimitado longitudinalmente (de norte a sur) por fallas geológicas, es decir, la depresión está contenida entre las fallas oriente y poniente⁷. Esto ha dado lugar a que se reproduzcan los asentamientos humanos que actualmente existen en la zona más plana del valle; sin embargo, el crecimiento urbano ha rebasado esta limitante natural del lado Oriente (ver Figura 15). Por el contrario, en el lomerío Poniente, las zonas amarillas reflejan los puntos más altos, que prácticamente, representa el comienzo de la Sierra Fría, y que aún no han sido invadidas por la mancha urbana.

⁷ Existe una discusión sobre la conformación del valle de Aguascalientes; por una parte se dice que un graben formado por dos fallas tectónicas (Oriente-Poniente), por otro lado se dice que es un semi-gaben donde sólo existe la falla Oriente (Aranda, 1989). En el presente trabajo se toma el primer argumento.

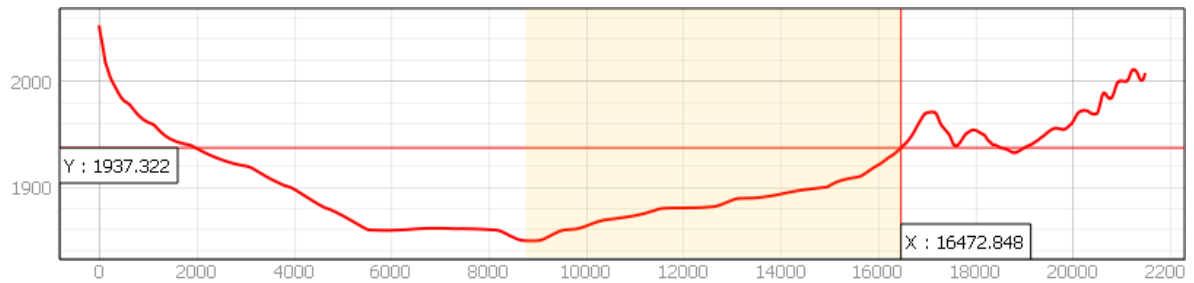


Figura 15. Perfil topográfico del valle de Aguascalientes.

Nota: La zona sombreada representa el asentamiento de la Ciudad de Aguascalientes. Elaboración propia con base al mapa 2.

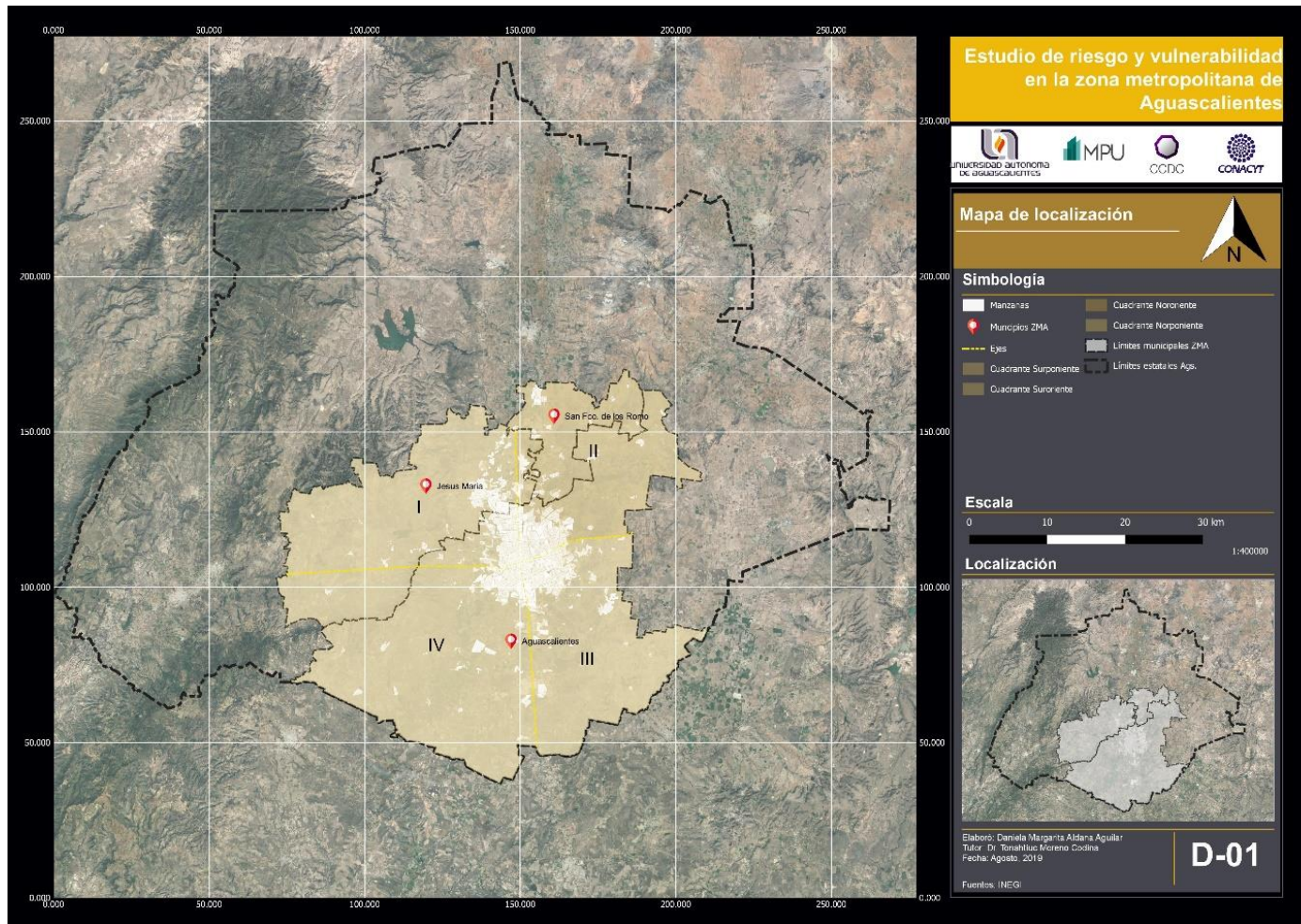
Geología

En este apartado se identifican, para fines prácticos y específicos, la clasificación de las rocas en la Zona Metropolitana de Aguascalientes. Prácticamente, está conformada de arenisca y conglomerado en un 46% (ver Tabla 15). Es importante puntualizar que la zona conurbada se encuentra mayormente asentada sobre el valle, y éste es de tipo aluvial (ver Mapa 3). Ambos tipos son rocas sedimentarias detríticas que van desde grava gruesa hasta grava mediana características de ambientes fluviales y/o aluviales (POZCM 2013-2035, p. 10).

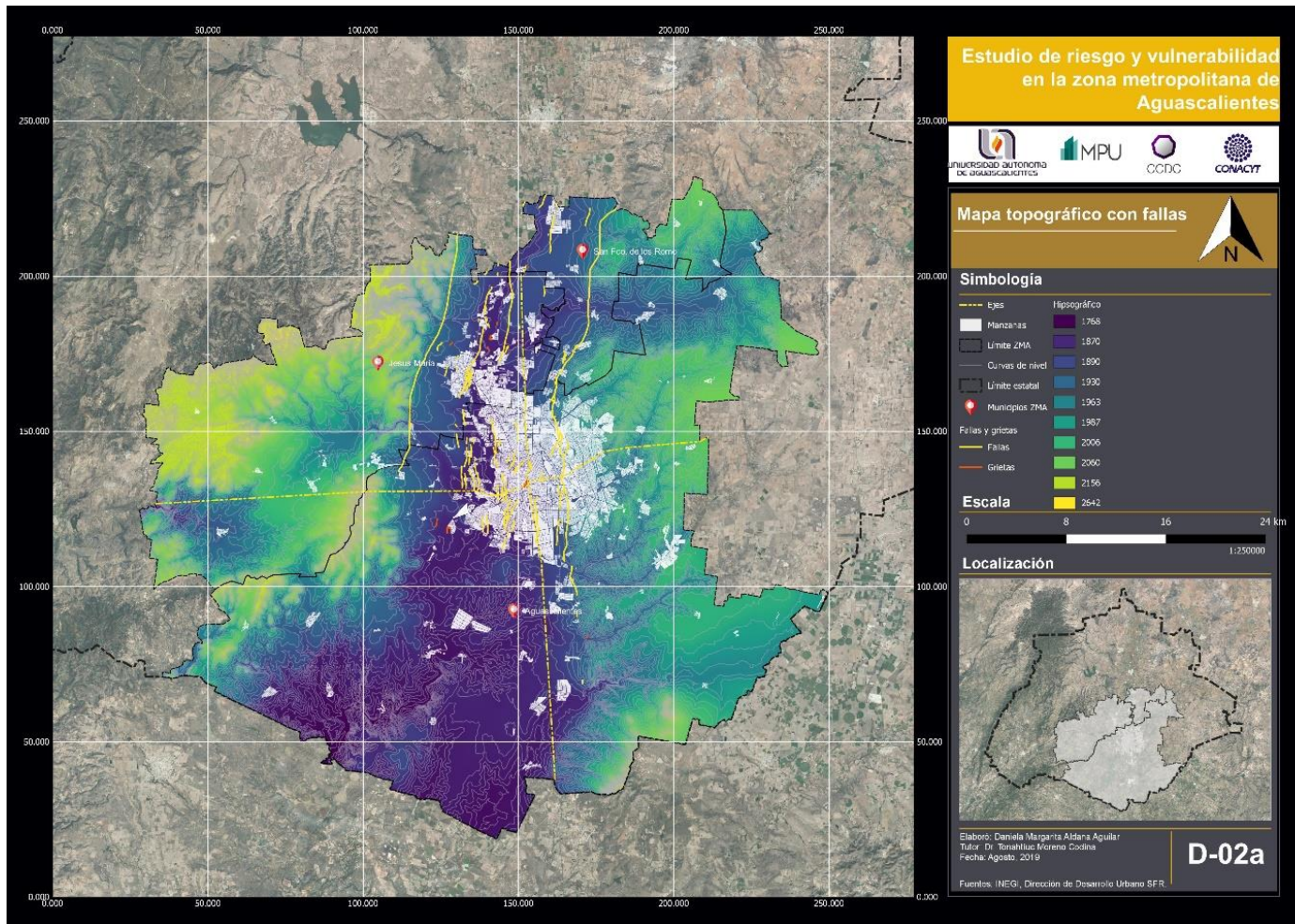
Tabla 15. Suelos geológicos

Geología			Zona conurbada	Zona metropolitana
Tipo	Era	Periodo		
Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	23.56%	7.94%
Arenisca-conglomerado	Cenozoico	Terciario	46.02%	6.03%
Esquisto	Mesozoico	Triásico	0.41%	0.04%
Esquisito	Mesozoico	Jurásico	0.36%	0.00%
Lutita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	1.78%	0.00%
Suelos y cuerpos de agua		Otro	0.42%	0.01%
Riolita-toba ácida	Cenozoico	Terciario	27.45%	0.08%
Total			100.00%	14.11%

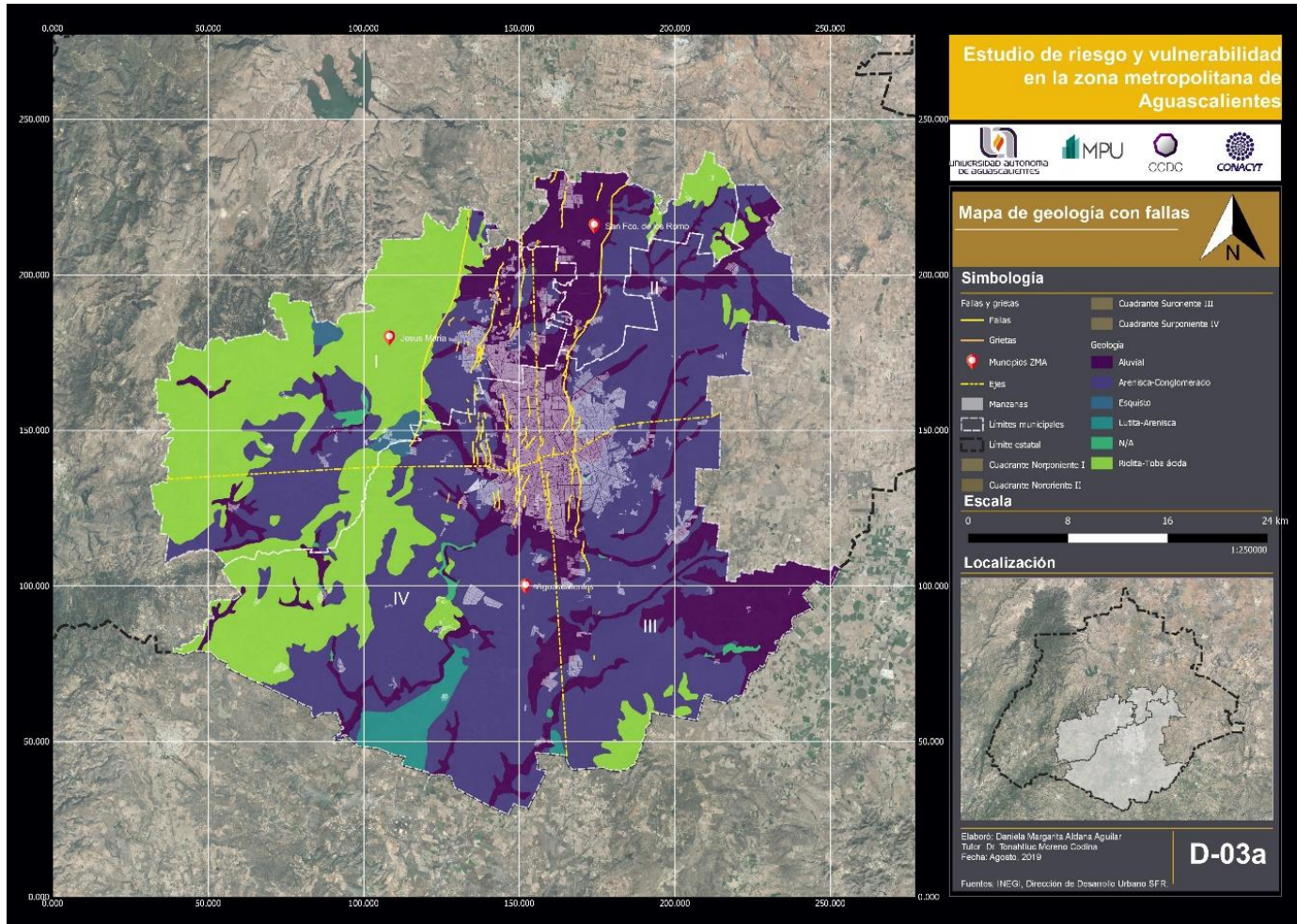
Nota. Recuperado de POZCM 2013-2035, p. 10.



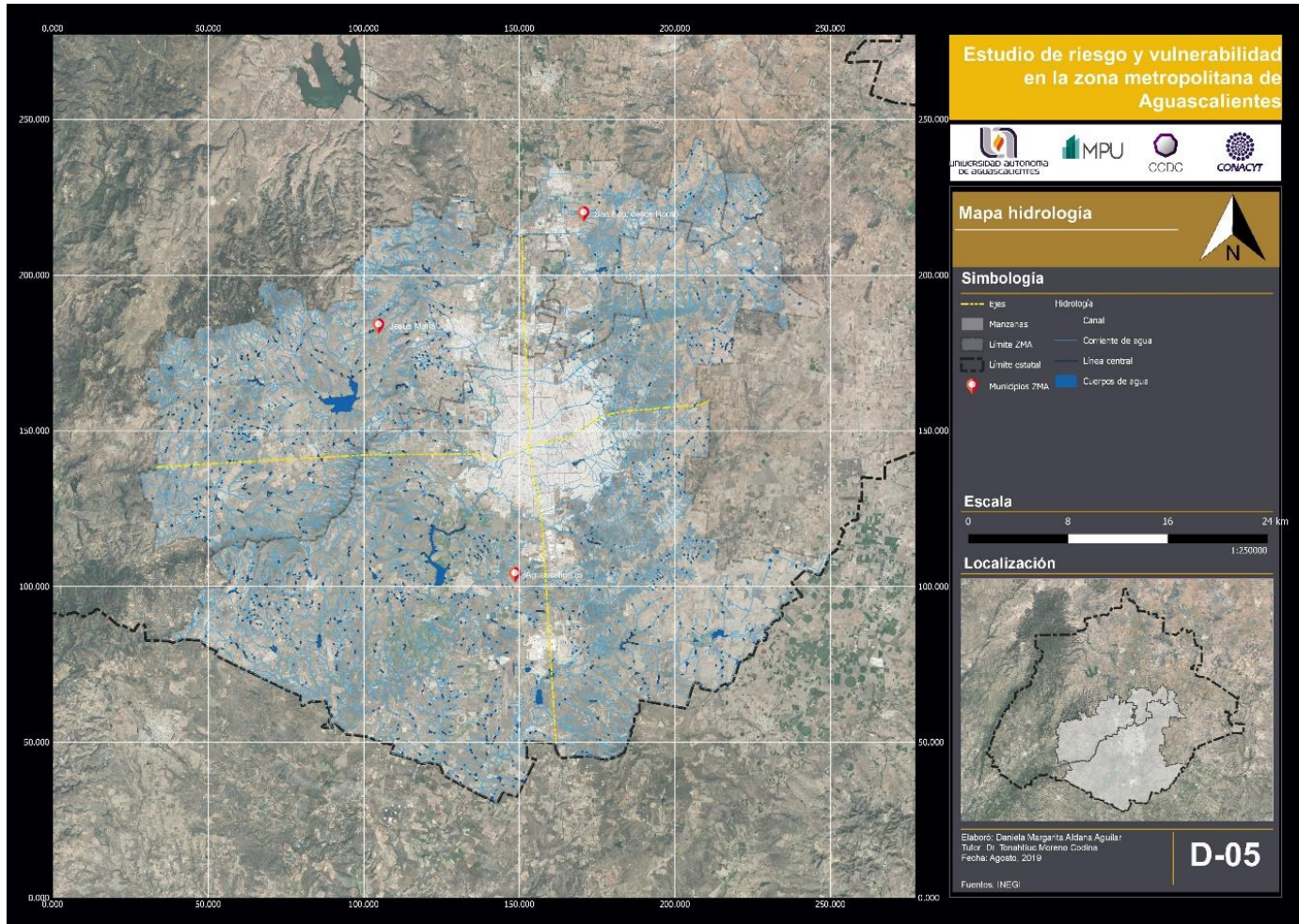
Mapa 1. Localización de la zona de estudio
 Nota: Elaboración propia. Ver fuentes al final del documento.



Mapa 2. Mapa Hipsográfico – Topográfico con fallas de la Zona Metropolitana de Aguascalientes
 Nota: Elaboración propia. Ver fuentes al final del documento.



Mapa 3. Mapa de suelos geológicos con fallas de la Zona Metropolitana de Aguascalientes
Nota: Elaboración propia. Ver fuentes al final del documento.



Mapa 4. Mapa Hidrología de la Zona Metropolitana de Aguascalientes

Nota: Elaboración propia. Ver fuentes al final del documento.

Hidrología

Sin profundizar mucho en este punto, en este apartado se expone la red hidrológica de la Zona Metropolitana de Aguascalientes (ver Mapa 4), es importante tenerlas en cuenta para tener el conocimiento de saber hacia dónde va el agua y sus escurrimientos. Aunque el tema del agua no se estudie en el presente trabajo, es importante mencionar la relación que pudiera existir entre los agrietamientos y el comportamiento hidrológico, ya que se realizó un estudio de infiltración de la falla oriente y se encontró que tiene una alta capacidad de infiltración de agua (Hernández-Marín et al., 2018); por lo tanto, es importante conocer la ubicación de zonas de recarga, hidrología superficial y subterránea para poder aprovecharlas en conjunto con las fallas (lo cual no es objetivo de este trabajo).

Subsistencia y agrietamientos

Se presenta un mapa elaborado por INEGI, resultado de un estudio llamado “Estudio de Subsistencia del Valle de Aguascalientes, en éste se explica que la recarga por flujo subterráneo se valúa en 235 millones de m³ mientras que la extraída es de 359 millones de m³ (INEGI, 2015b), lo que indica que se extrae más agua de la que el acuífero puede recargar, y consecuentemente, se presentan hundimientos. En el mapa se indican las zonas con más hundimientos (rojas-amarillas), en donde la zona con más hundimiento es al nororiente del municipio de Aguascalientes (en Maravillas) con 13 cm de asentamiento por año. En las zonas verdes se presenta un hundimiento menor, aproximadamente de 5 cm anuales (Pacheco, 2019). El estudio indica que la extracción de agua se da, básicamente, para uso agrícola. Asimismo, se puede observar en el mapa que la fallas o agrietamientos se dan en las zonas amarillas-verdes, es decir, que son el reflejo de la subsidencia provocada por la extracción del agua, además, coincide con la mancha urbana, factor que puede inferir en la generación de agrietamiento (urbanización).

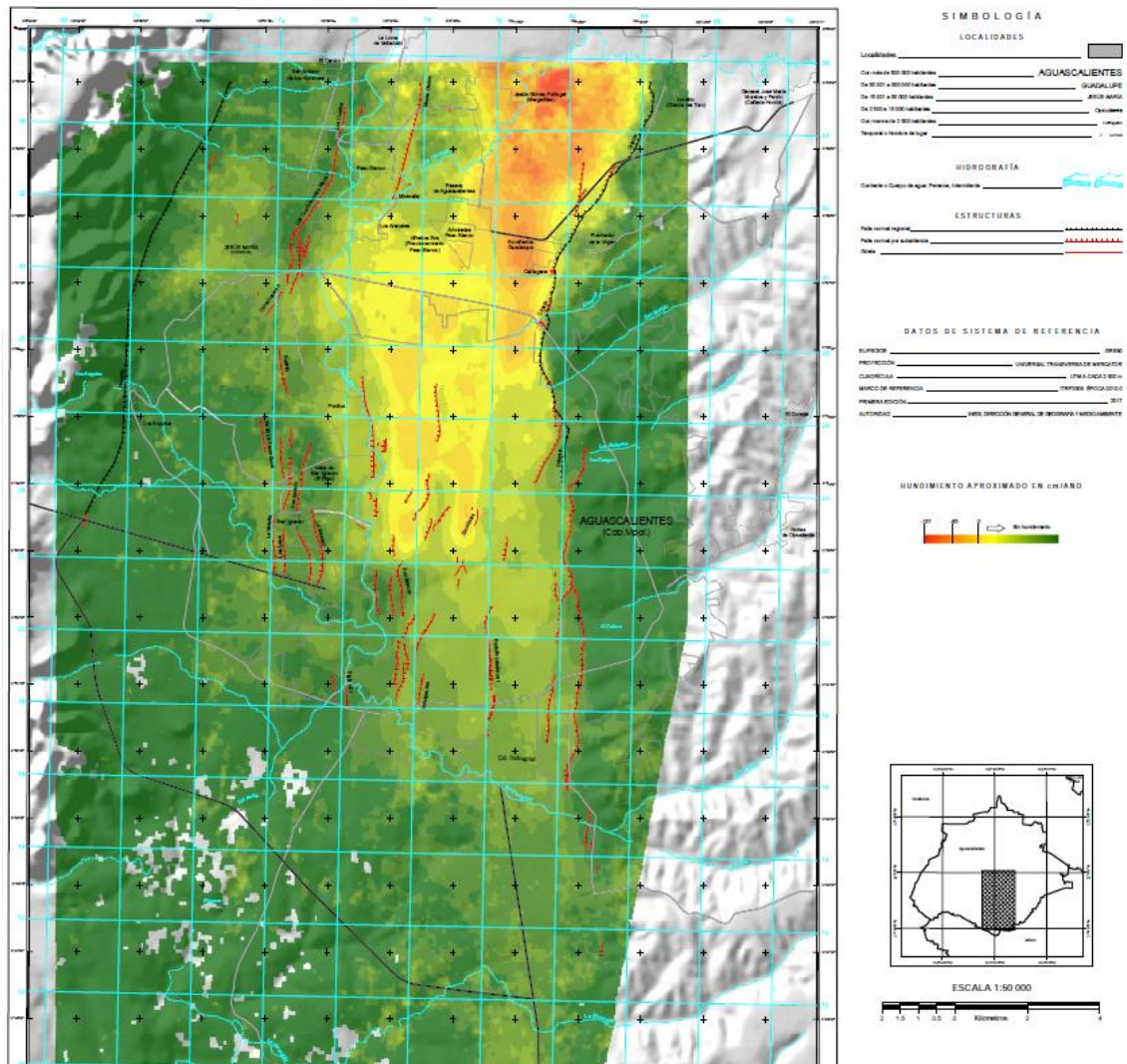


Figura 16. Imagen de interferometría diferencial en la porción centro-sur de Valle de Aguascalientes.
 Nota: Tomado del Estudio de Subsistencia del Valle de Aguascalientes, INEGI (2015b).

Síntesis diagnóstico medio natural

Con base al diagnóstico básico realizado, se podría decir que el suelo de la zona del Valle de Aguascalientes, debido a la intensa extracción de agua, tiende a hundirse naturalmente⁸; a esto se le suma la composición del suelo, la cual es de ambientes aluviales y/o fluviales, esto indica que este tipo de sedimentos son de aquellos no consolidados, es decir, que tienden a desmoronarse fácilmente. Por lo tanto, el Valle de Aguascalientes es una superficie propensa a la subsidencia y al agrietamiento del suelo por dos factores: a) composición del suelo (ambientes fluviales y aluviales) y b) extracción del agua (Pacheco, 2015).

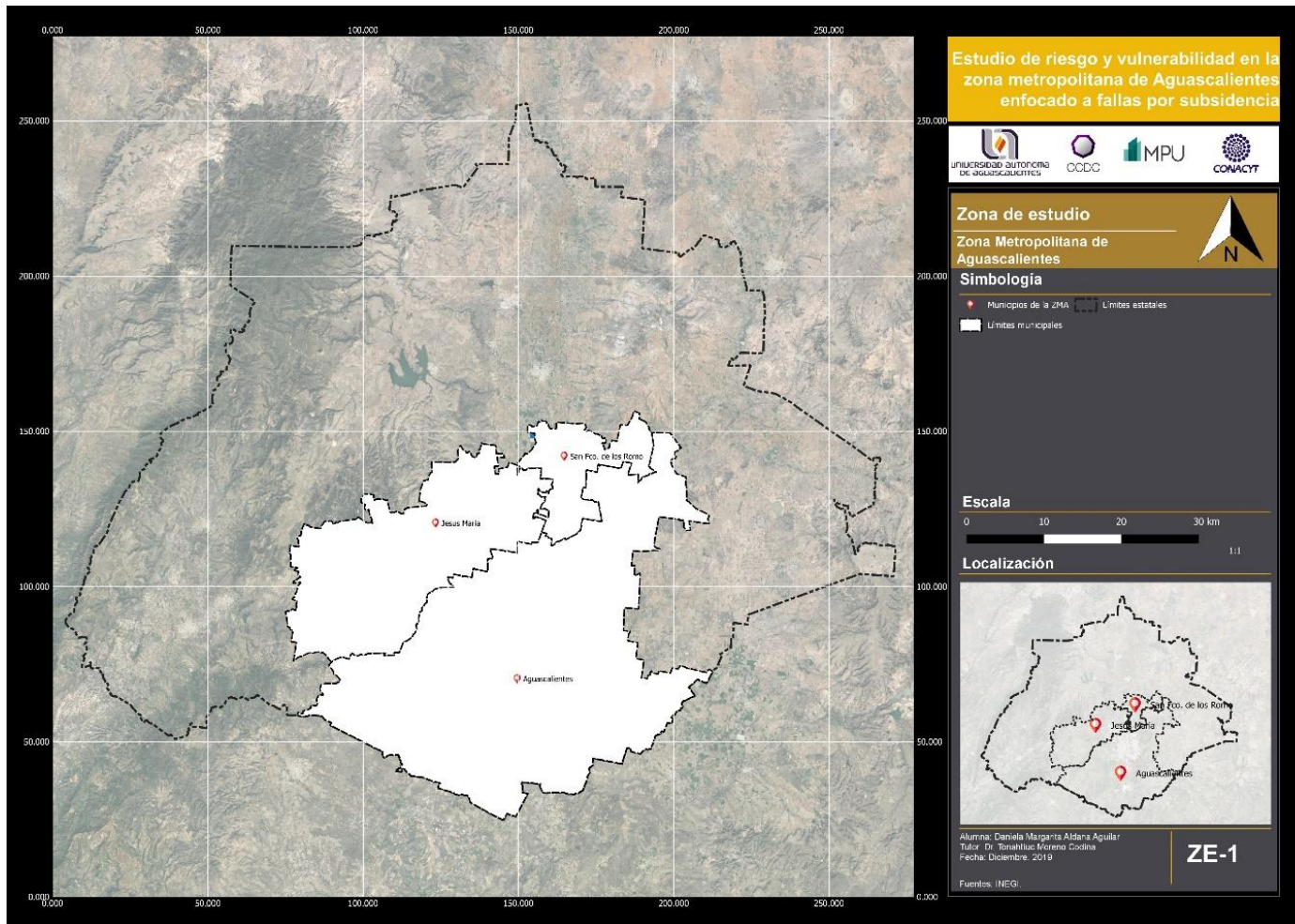
⁸ Esto se cuestiona en muchos documentos, ya que varios autores aseguran que la subsidencia es un peligro antrópico porque es ocasionado por la extracción de agua (acción humana); por el contrario, existe otra definición en la que se complementan ambas ideas, definiendo a la subsidencia como un peligro geológico inducido por el hombre.

Capítulo III. Metodología

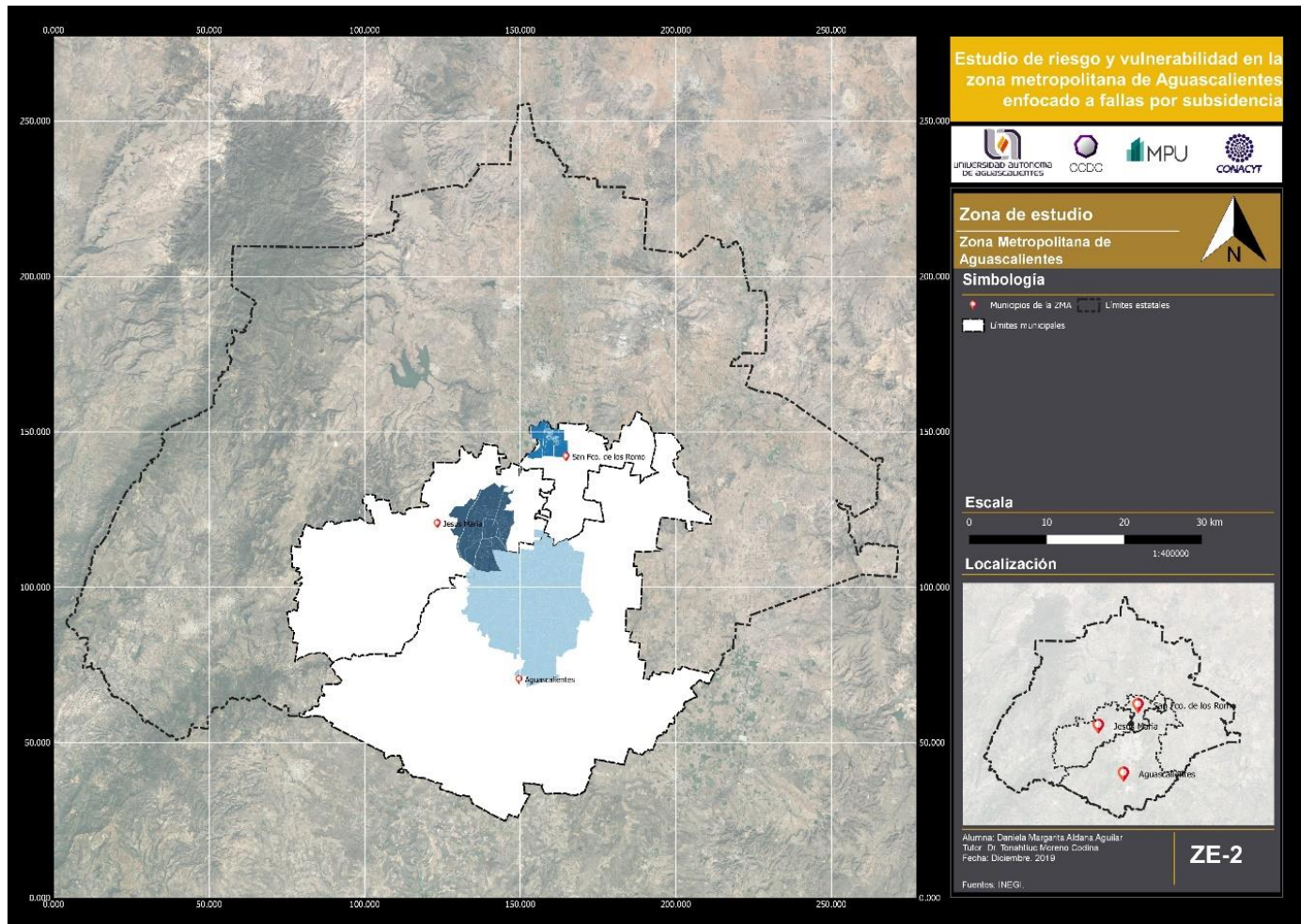
En este capítulo se explicará paso a paso el proceso propuesto para obtener la evaluación del riesgo por fallas por subsidencia. Se comenzará por la acotación de la zona de estudio, para posteriormente, explicar cada etapa de la evaluación de las tres variables: peligro, exposición y vulnerabilidad; por último, se explicará cómo se obtendrá la evaluación final del riesgo.

Zona de Estudio

Se ha mencionado anteriormente que la zona de estudio es la Zona Metropolitana de Aguascalientes, la cual está constituida por los municipios de Aguascalientes, Jesús María y San Francisco de los Romo (SEDESOL, CONAPO & INEGI, 2004). Sin embargo, al evaluar la zona de estudio, sólo se seleccionaron aquellas localidades que son urbanas, es decir, que tienen una población de más de 2500 habitantes (SEGOB, CONAPO & SEDATU, 2018). Se consideró pertinente tomarlo así, porque para que exista riesgo es necesario la presencia del peligro y de la población, especialmente aquellas zonas en donde existe mayor densidad de población. Por lo tanto, la zona de estudio se acotó únicamente a las cabeceras municipales de la ZMA (ver Mapa 5 y Mapa 6).



Mapa 5. Zona de estudio general (Zona Metropolitana de Aguascalientes)
Nota: Elaboración propia. Ver fuente.



Mapa 6. Zona de estudio acotada (localidades urbanas de la Zona Metropolitana de Aguascalientes)
Nota: Elaboración propia. Ver fuente.

Metodología para la evaluación del riesgo

Según la literatura consultada, el hundimiento del suelo y el agrietamiento son considerados un peligro geológico por CENAPRED (2006), sin embargo, no existe una metodología específica para evaluar el riesgo de fallas por subsidencia. Por lo tanto, la metodología aquí propuesta será una aportación importante para el estudio general de fallas por subsidencia.

Para empezar, la fórmula de riesgo que se aplicará a la realización del escenario de riesgo es la más comúnmente aceptada y establecida oficialmente en México por CENAPRED:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Exposición} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Ahora, para evaluar cada una de las variables, se continuará con el siguiente proceso:

Evaluación del Peligro. Se procedió a realizar un índice absoluto que cuantificara la longitud de fallas respecto a la superficie de estudio (zonificación primaria), esto con el objetivo de identificar qué zonas (por cabecera municipal) concentra una mayor densidad de fallas.

Para identificar la superficie a trabajar, se tomaron las zonas marcadas por las zonificaciones primarias de los respectivos programas de desarrollo urbano del área de estudio. La razón principal de tomar esta zonificación es porque se establecen las zonas consolidadas (en donde se puede estudiar el estado actual) y las zonas de crecimiento (donde se podrían prevenir zonas de riesgo). Por otro lado, para sacar la longitud total de fallas, se cuantificó la longitud de las mismas por cada una de las zonas establecidas en la zonificación. El procedimiento a seguir para obtener el índice, es el siguiente:

- Identificar, por cabecera municipal del área de estudio, las zonificaciones primarias (zona consolidada, zona de crecimiento, zona de conservación y zona de mejoramiento).
- Cuantificar las superficies de cada una de las zonas establecidas por las zonificaciones primarias (por ejemplo: la superficie en km² de la zona consolidada, la superficie en km² de la zona de crecimiento, etc).

- Cuantificar las longitudes de fallas dentro de cada una de las zonas (Km).
- Obtener índice de peligro dividiendo el total de la longitud de las fallas por zonas entre la superficie de la zona.

$$I_p = \frac{\text{Longitud de fallas}}{\text{Superficie}}$$

- Vincular el índice al SIG⁹ de los usos de suelo respectivos para poder espacializarlo.

De los índices obtenidos, se sacaron quintiles para poder categorizar de ‘Muy alto’ a ‘Muy bajo’, es decir, se tomó el valor más alto al más bajo y se dividieron en 5 rangos para elaborar categorías. Al obtener rangos se les asigna un valor, cuyo objetivo será aplicarlo en la fórmula de riesgo (ver Tabla 16):

Tabla 16. Equivalencia de grados y valor asignado

Rango	Grado de peligro	Valor asignado
a-b (valor más alto)	Muy alto	1
c-d	Alto	0.75
e-f	Medio	0.5
g-h	Bajo	0.25
i-j (valor más bajo)	Muy bajo	0

Nota: elaboración propia.

Evaluación de la Exposición. Para obtener la exposición¹⁰, se necesita saber cuánta población está expuesta. El proceso para obtener la exposición se divide en dos partes, la primera parte de este proceso es el siguiente: se tomaron las fallas por subsidencia registradas/mapeadas hasta el momento del Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas (SIFAGG, 2018c), A partir de estas fallas, se genera un *buffer* de afectación, que según el PDUCA 2040, la restricción a grieta es de 10 m a partir del eje de la falla (ver Figura 17), por lo tanto, el *buffer* sería del ancho de esta longitud.

⁹ Sistema de Información Geográfica.

¹⁰ Como se vio en la fundamentación teórica, se puede calcular una exposición de bienes (en sentido económico) o de población expuesta, en este caso, sólo se calculará la cantidad de personas expuestas.

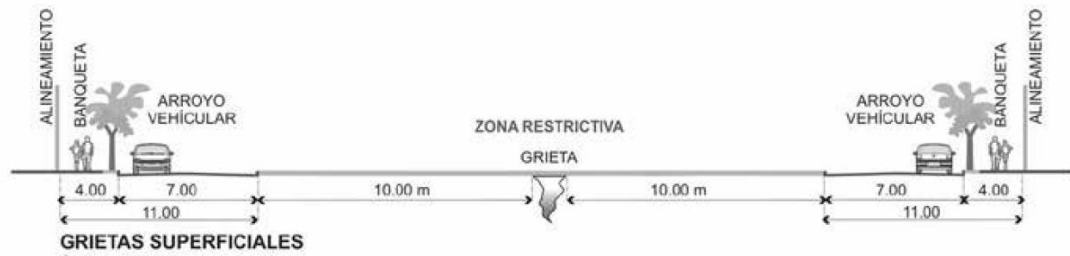


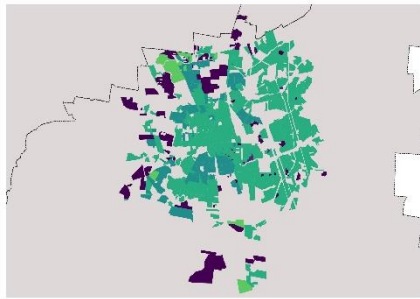
Figura 17. Restricción a grietas superficiales.

Nota: Tomado del PDUCA 2040.

La segunda parte del proceso se explica a continuación (ver Tabla 17), se tomó con ejemplo la Ciudad de Aguascalientes:

Tabla 17. Procedimiento para la segunda etapa de la evaluación de la exposición

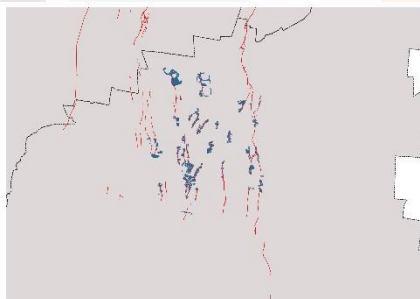
Procedimiento	
	<p>Tener la zonificación primaria de la zona de estudio a evaluar.</p>
	<p>De ésta zonificación, seleccionar únicamente la zona consolidada (la zona amarilla del mapa anterior).</p>
	<p>De la zona consolidada, traducirla en su zonificación secundaria (usos específicos del suelo).</p>



Seleccionar usos de suelos únicamente habitacionales.



Colocar información (shape) de la ubicación de las fallas. Seleccionar aquellos usos de suelos habitacionales que están siendo afectados por fallas.



Aplicar Censo de Población 2010 de INEGI (información en manzanas).

Depurar manzanas que no tengan información y las que son baldías. No se debe de tener ningún dato en cero porque esto sesgaría los resultados a una exposición nula, ergo a una ausencia de riesgo. Es importante recordar que para que exista el riesgo es imprescindible la presencia de peligro y de población (exposición y vulnerabilidad).



Obtener la población total de la manzana y la superficie de la misma, con esto se debe sacar la densidad:

$$D = \frac{Hab}{Sup}$$

Donde:

D = Densidad

Hab = Habitantes por manzana

Sup = Superficie total de la manzana

Nota: Elaboración propia.

En este punto del proceso, se retoma el *buffer* de la fallas. Mediante un proceso geométrico SIG (Sistema de Información Geográfica), se intersecta el *buffer* y las manzanas habitadas afectadas, y se obtiene la superficie de la manzana que está afectada. Con esta superficie se puede obtener la población afectada, es decir la que se encuentra dentro del *buffer*, esto con la siguiente fórmula:

$$Pa = (Hab/Sup)Sa$$

Donde:

Pa = Población afectada

Hab = Habitantes por manzana

Sup = Superficie total de la manzana

Sa = Superficie afectada

Con el número resultante de personas afectadas por manzanas, se repite el proceso de los quintiles, se toma el valor más alto y más bajo, y se elaboran rangos/categorías (ver Tabla 16).

Evaluación de la Vulnerabilidad. Para obtener la vulnerabilidad, CENAPRED ofrece una metodología muy completa para su evaluación, de la cual ya se habló anteriormente en el apartado del marco teórico. Para el presente escenario de riesgo, se tomaron indicadores que pudieran arrojar resultados significativos. El obstáculo fue que algunos de ellos no se tenía información, ya que el Censo de Población 2010 no expone toda la información pertinente a lo que se está buscando. Por lo tanto, se buscaron otras alternativas para poder medir la vulnerabilidad que coincidieran con los objetivos de la búsqueda (ver Tabla 18):

Tabla 18. Comparación de alternativas para la evaluación de la vulnerabilidad

Indicadores de CENAPRED		Índice de pobreza CONEVAL		Índice de marginación CONAPO	
Salud	Médicos por cada 1000 habitantes	Medición del espacio de bienestar	Población con un ingreso a la línea de pobreza por ingresos	Educación	Porcentaje de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela
	Tasa de mortalidad infantil		Población un ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos		Porcentaje de población de 15 años o más sin educación básica completa
Educación	Porcentaje de la población no derechohabiente	Indicadores de carencia social	Carencia por rezago educativo	Salud	Porcentaje de población sin derechohabiencia a los servicios de salud
	Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela		Carencia por acceso a los servicios de salud		Porcentaje de hijos fallecidos de las mujeres de 15 a 49 años de edad
	Grado promedio de escolaridad		Carencia por acceso a la seguridad social	Vivienda	Porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada dentro de la vivienda
Vivienda	Porcentaje de vivienda sin servicio de agua entubada	Carencia por calidad y espacios de la vivienda	Carencia por calidad y espacios de la vivienda	Carencia por acceso a los servicios básicos de vivienda	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje		Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin excusado con conexión de agua		

	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad		Carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad		Porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra
	Porcentaje de viviendas con paredes de desecho y láminas de cartón	El espacio territorial	Grado de cohesión social		Porcentaje de viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra		Grado de accesibilidad a carretera pavimentada		Porcentaje de viviendas particulares sin refrigerador
	Déficit de vivienda			Económico	Ingreso de hasta dos salarios mínimos
Económico	PEA hasta dos salarios mínimos				
	Razón de dependencia				
	Tasa de desempleo abierto				
Población	Densidad de población				
	Población de habla indígena				
	Dispersión poblacional				

Nota: Elaboración propia con datos de CONAPO (2016), CONEVAL (2019), CENAPRED (2006).

Con base a la tabla anterior, se analizó cuál de los indicadores era el más pertinente, y se seleccionó el indicador de marginación por CONAPO, ya que es el que coincide más con los indicadores de CENAPRED.

El índice de marginación 2000-2010 indica lo siguiente:

“...la marginación se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. En consecuencia, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad social cuya mitigación escapa del control personal o familiar...” (CONAPO, 2016)

Y define las siguientes dimensiones:

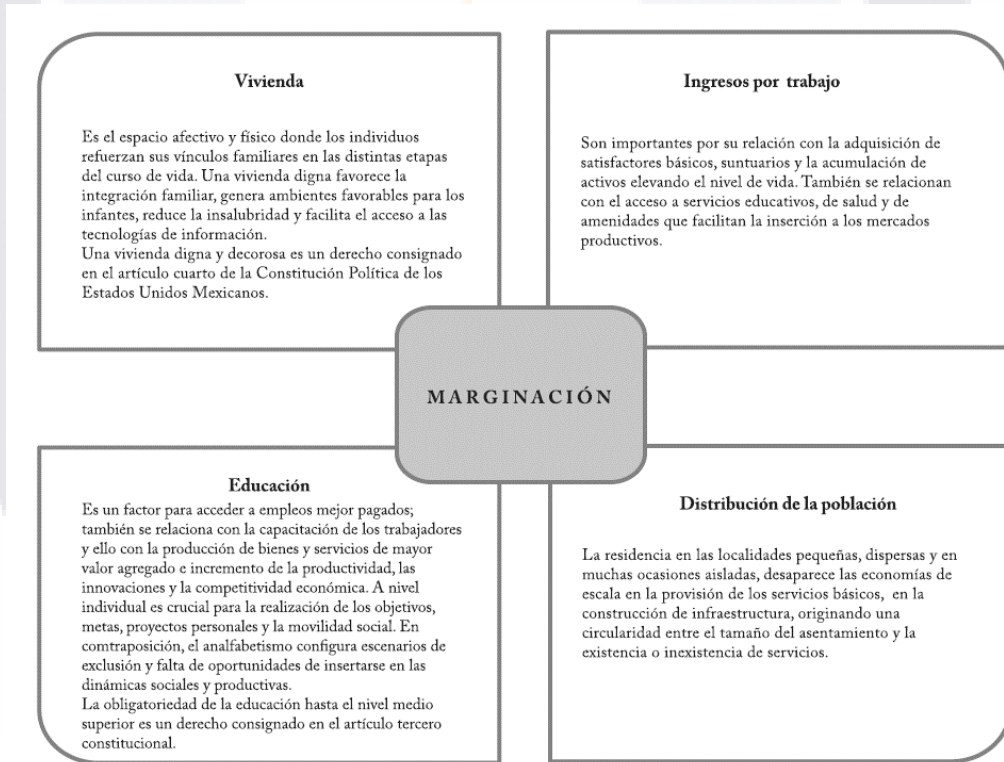


Figura 18. Dimensiones de la marginación.

Nota: Tomado de CONAPO, 2016.

Es importante aclarar en este punto que los datos del indicador de marginación vienen por AGEB's¹¹ urbanas, su nivel de desagregación es superior al que se está manejando en el presente ejercicio (manzana). Cada AGEB viene categorizado por el grado de marginación que va de 'Muy bajo' hasta 'Muy alto'.

Por lo tanto, para poder aplicarlo al estudio de riesgo, se asociaron las manzanas afectadas dentro de los AGEB's correspondientes, de esta manera las manzanas adquirieron automáticamente el atributo correspondiente al grado de marginación. En este punto, ya no se necesitó realizar los quintiles, ya que el grado de marginación ya venía asignado. Lo único que se le agregó fueron los valores asignados acorde a su categoría.

Evaluación del Riesgo. Para obtener el riesgo, se aplicó la fórmula del riesgo y solamente se multiplicaron los valores asignados por cada variable:

$$Riesgo = Pva \times Eva \times Vva$$

Donde:

Pva = Valor asignado de peligro

Eva = Valor asignado de exposición

Vva = Valor asignado de vulnerabilidad

Tabla 19. Equivalencia de grados y valor asignado

Peligro		Exposición		Vulnerabilidad	
Grado de peligro	Valor asignado	Grado de exposición	Valor asignado	Grado de vulnerabilidad	Valor asignado
Muy alto	1	Muy alto	1	Muy alto	1
Alto	0.75	Alto	0.75	Alto	0.75
Medio	0.5	Medio	0.5	Medio	0.5
Bajo	0.25	Bajo	0.25	Bajo	0.25
Muy bajo	0	Muy bajo	0	Muy bajo	0

Nota: elaboración propia.

¹¹ Área Geoestadística Básica. es un área geográfica ocupada por un conjunto de manzanas perfectamente delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno y cuyo uso del suelo es principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etcétera, y sólo son asignadas al interior de las localidades urbanas.

Finalmente el resultado obtenido del riesgo se categoriza de acuerdo a los mismos valores asignados, es decir, si está dentro 0.6 al 0.75 es un grado de riesgo medio.

Mediante este proceso se obtuvo el escenario de riesgo por fallas por subsidencia que se expondrá en el siguiente capítulo.



Capítulo IV. Diagnóstico de Riesgo - Escenario de Riesgo

Según CENAPRED (2006), un escenario de riesgo es aquel mapa que representa los niveles de pérdidas del sistema expuesto, al cambiar las variables que determinan al peligro y la vulnerabilidad. Los escenarios de riesgo son representados gráficamente por medio de mapas de riesgo (ver Figura 19). Los mapas de riesgos están conformados, básicamente, por tres mapas: peligro, exposición y vulnerabilidad.

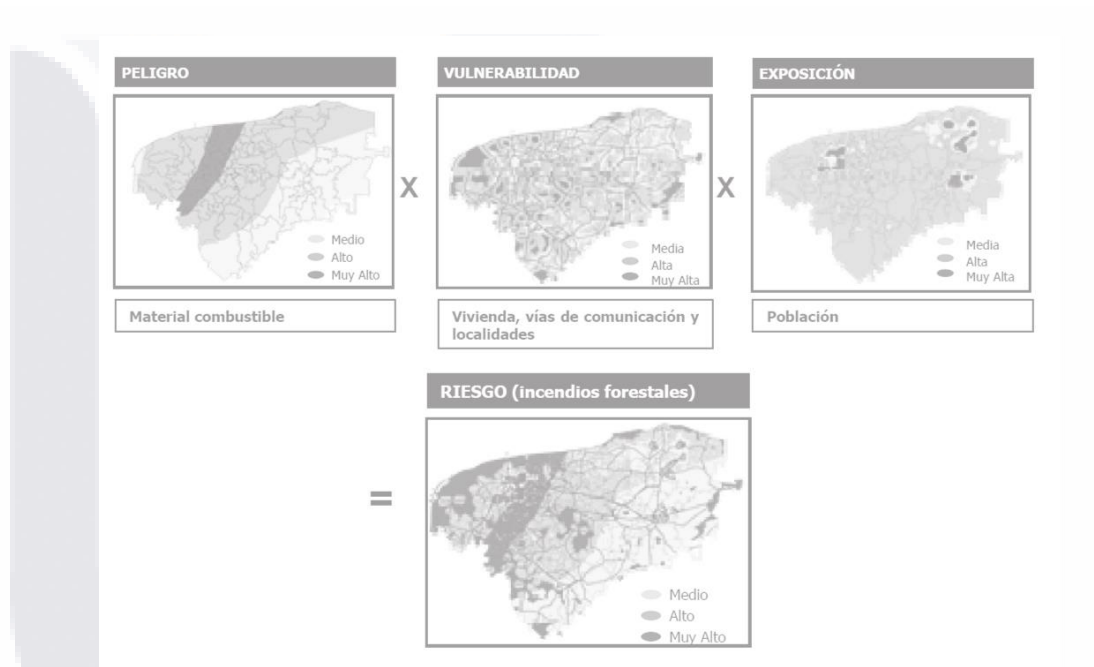


Figura 19. Ejemplo de mapa de riesgo por incendios forestales para Yucatán.
 Nota: Tomado de Conceptos Básicos del Atlas de Riesgo, CENAPRED (2006).

En el presente apartado, y con base a lo anterior, se procedió a realizar el escenario de riesgo de fallas por subsidencia en la Zona Metropolitana de Aguascalientes. Se empezará por explicar el peligro en la ZMA, ya que esta variable se aplicó directamente a toda la zona de estudio. Después se analizará por municipio la exposición y la vulnerabilidad, para concluir con los resultados del riesgo.

Evaluación del Peligro ZMA. Aplicando la metodología propuesta, se obtienen diferentes índices de peligro, uno por cada uso de suelo en la ZMA (ver Tabla 20 y Mapa 7).

Tabla 20. Obtención del índice de peligro

Municipio	Superficie total del municipio (Km2)	Localidad urbana (mayor a 15 mil habitantes)*	Población de la localidad urbana (habitantes)*	Superficie de la localidad urbana en Km2 (zonificación primaria)*	Zonas pertinentes al estudio*		Superficie por zona en Km2	Fallas por zona (Km)	Índice por zona (Km/Km2)	Total de fallas por localidad urbana	Índice por localidad	
Aguascalientes	1189.61	Aguascalientes	740680	203.40	A. Zona consolidada	A.1. Zona urbana a consolidar y densificar (Km2)	115.24	48.16	0.418	0.40	73.01	0.34
						A.2. Zona mejoramiento (Km2)	4.77	0.2	0.042			
						B. Zona crecimiento	66.29	20.93	0.32			
						C. Zona de conservación	17.08	3.72	NA			
Jesús María	509.90	Jesús María	52002	98.66	A. Zona consolidada	A.1. Zona consolidada (Km2)	45.35	11.28	0.249	0.25	27.23	0.18
						A.2. Zona mejoramiento (Km2)	1.14	0.56	0.491			
						B. Zona de crecimiento	40.3	5.46	0.14			
						C. Zona de conservación	11.18	9.92	NA			
San Francisco de los Romo	140.54	San Francisco de los Romo	16454	16.3	A. Zona consolidada	A.1. Zona consolidada (Km2)	1.42	1	0.704	0.63	4.58	0.12

A.2. Zona de mejoramiento (Km2)	0.66	0.3	0.455
B. Zona de crecimiento	4.47	0.63	0.14
C. Zona de conservación	9.75	2.65	NA

Nota: Elaboración propia con datos de CONAPO (2012), PDUCDSEFR 2015-2035, PDUCA 2040, PDUMJM 2017-2040.



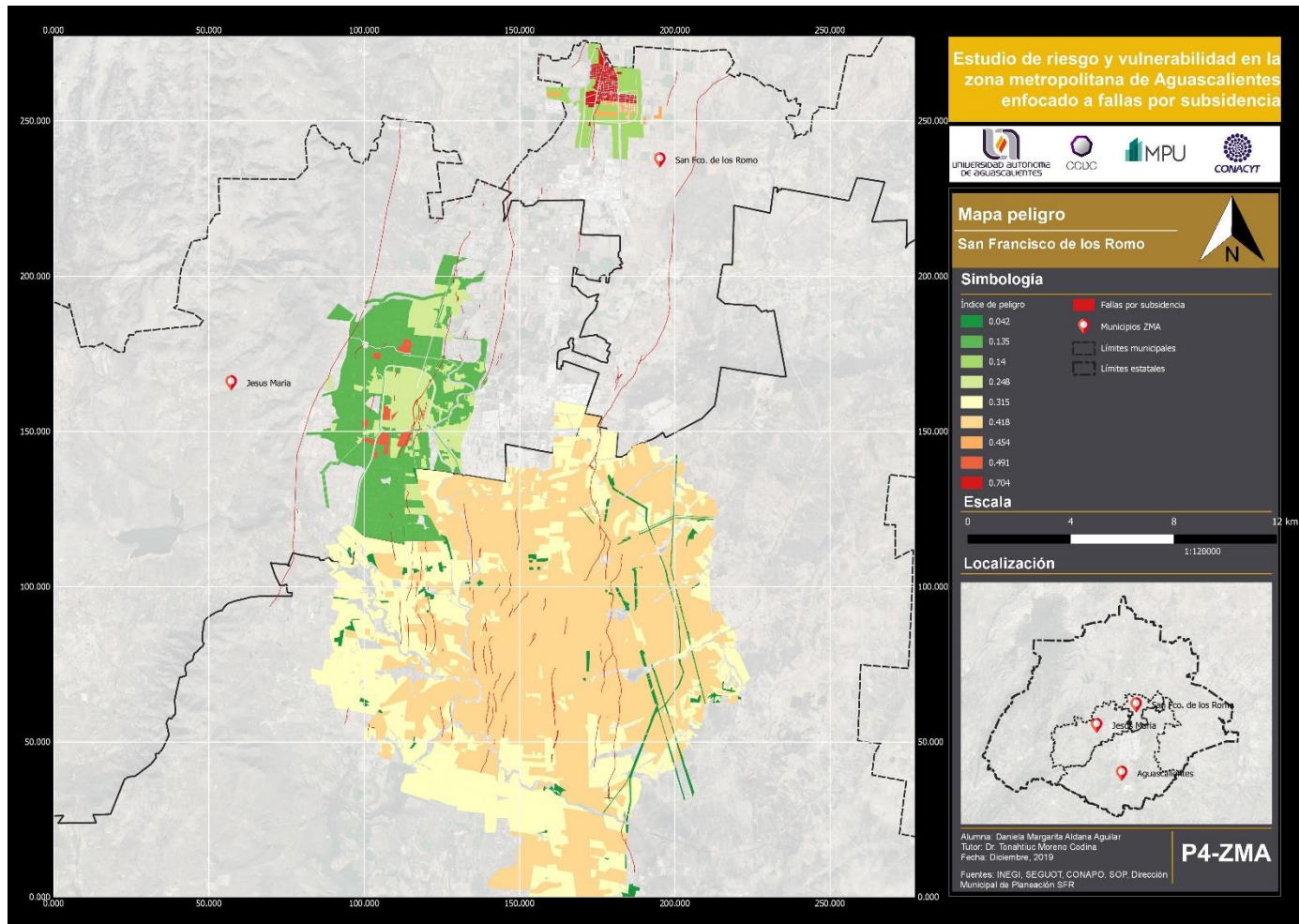
Se puede observar que la zona consolidada de la Ciudad de Aguascalientes obtuvo un índice de 0.418, esto quiere decir que a cada kilómetro cuadrado de superficie le corresponde aproximadamente medio kilómetro de falla¹², lo cual lo posiciona en un grado de peligro medio; en lo que corresponde a la zona de crecimiento, se obtuvo un índice menor de 0.315, es decir, con menos presencia del peligro; en total, la Ciudad de Aguascalientes, se mantiene en primer lugar de densidad de fallas respecto a las otras localidades urbanas analizadas, con un índice de 0.34, lo que indica un grado medio de peligro(ver Mapa 8).

En Jesús María, prácticamente se encuentra en un grado de peligro bajo, tanto su zona consolidada, y aún más su zona de crecimiento. Se encuentran posicionados en los índices de 0.042 y 0.14, que corresponde a 40 metros de falla por kilómetro cuadrado, lo cual es muy poco comparado con Aguascalientes (ver Mapa 9).

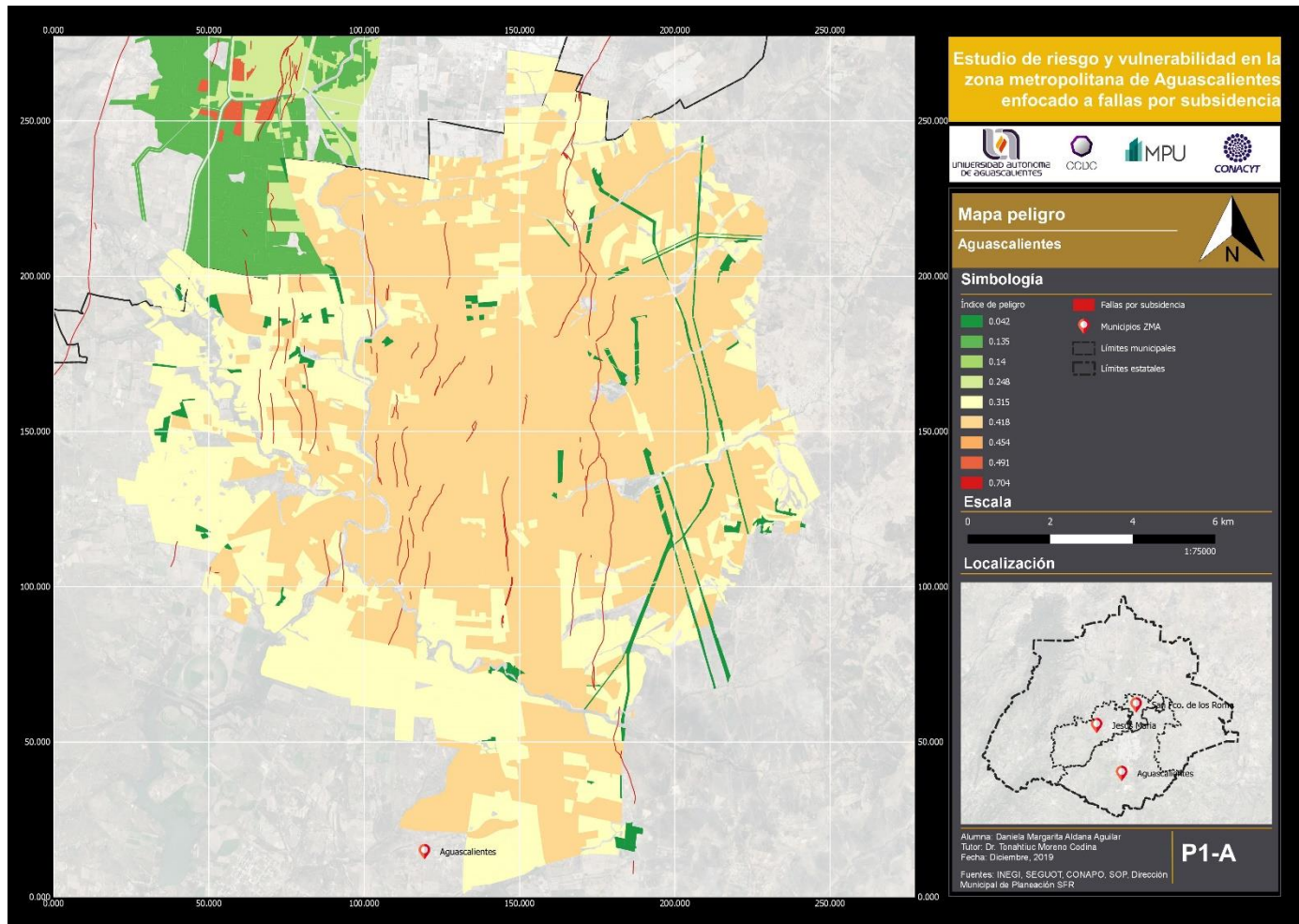
En San Francisco de los Romo, se detecta el caso más crítico, ya que obtuvo el índice más elevado en su zona consolidada equivalente a 0.704, lo cual representa 700 metros de fallas por kilómetro cuadrado, es una densidad alta en comparación con las demás. Caso contrario en su zona de crecimiento, en donde se observa que el índice de peligro más bajo, correspondiente a 0.135 (ver Mapa 10).

En general, se puede observar que las zonas consolidadas de las localidades urbanas analizadas tienen un índice mayor al de sus zonas de crecimiento, por lo tanto, no existe mucha concentración de fallas en las zonas de crecimiento, lo cual es importante saber para poder realizar una planeación preventiva y adecuada de los usos de suelo. También es importante mencionar que es mucho más viable el desarrollo urbano en zonas de crecimiento en Jesús María y San Francisco de los Romo, debido a que existen menos fallas en sus superficies de crecimiento, a diferencia de Aguascalientes.

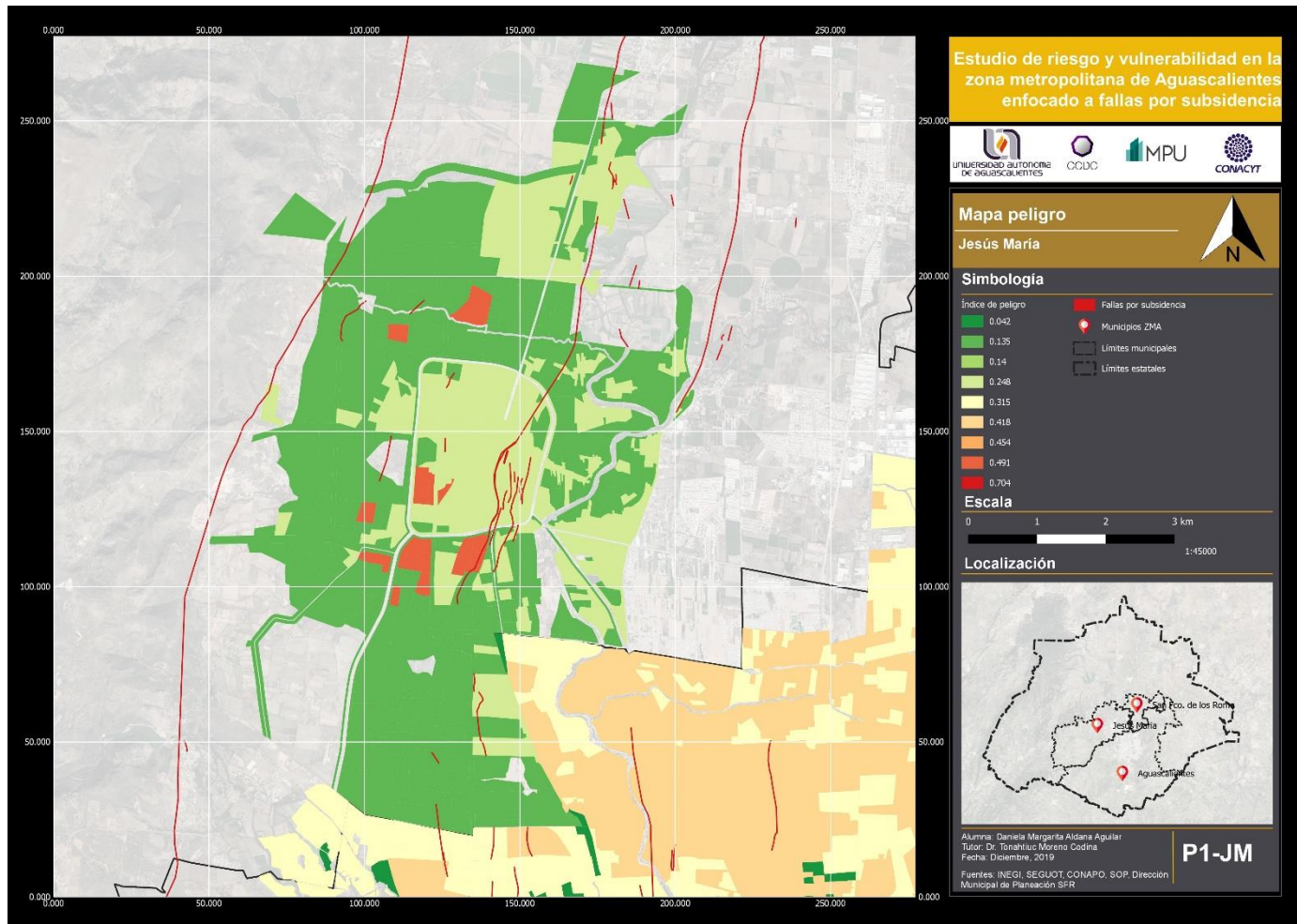
¹² Ver apartado metodológico (Capítulo IV).



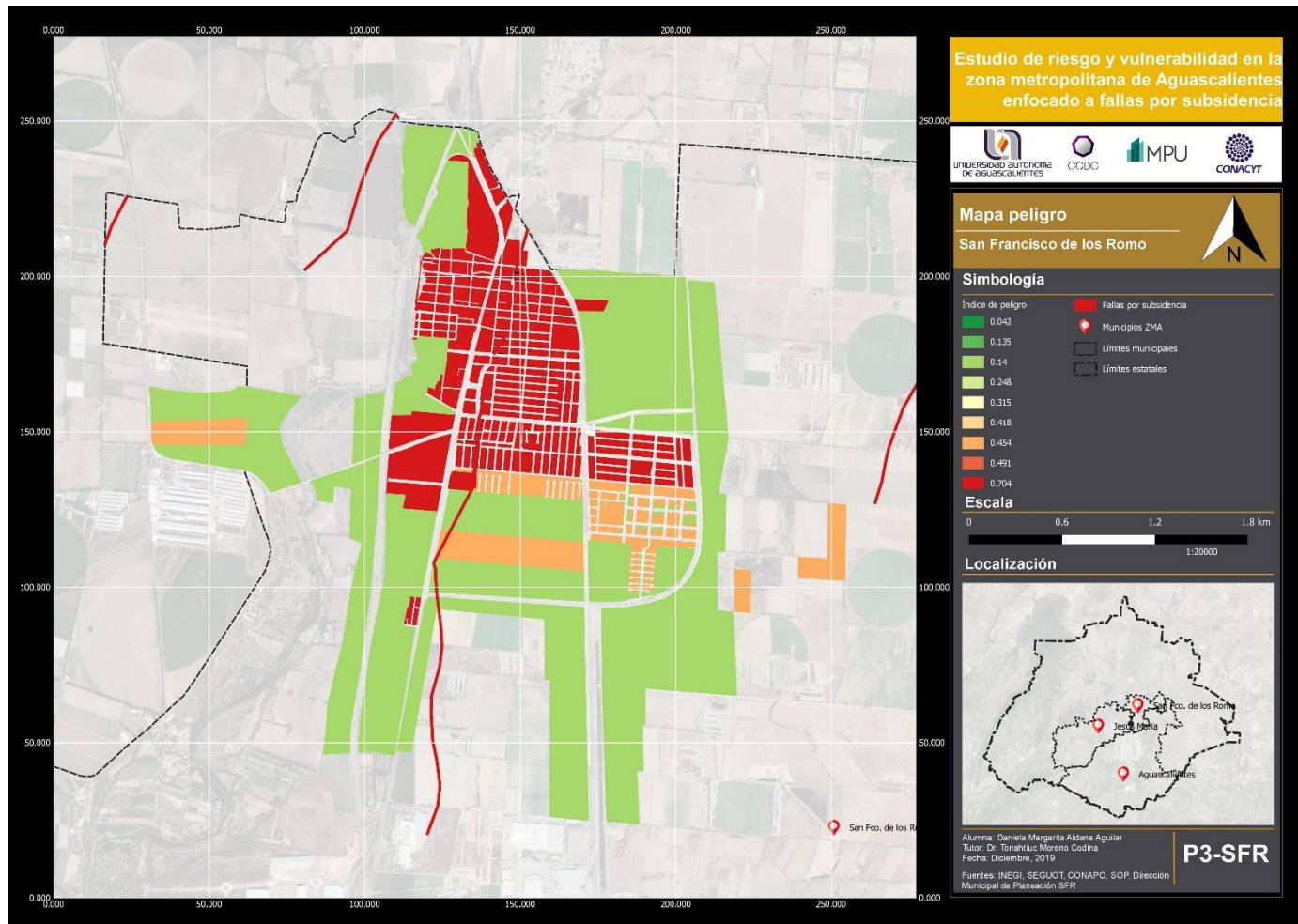
Mapa 7. Mapa de peligro de la Zona Metropolitana de Aguascalientes.
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 8. Mapa de peligro de la Ciudad de Aguascalientes
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 9. Mapa de peligro de la Ciudad de Jesús María
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 10. Mapa de peligro de la Ciudad de San Francisco de los Romo
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.

Evaluación de la Exposición ZMA. En la zona consolidada de la Ciudad de Aguascalientes existen 5,083 personas expuestas al peligro de fallas por subsidencia, éstas se encuentran dentro del área de restricción de 10 m a partir de la falla (parámetro marcado por el PDUCA 2040, restricción por grieta). Se obtuvo la siguiente tabla en dónde se refleja la cantidad de personas afectadas por tipo de uso de suelo habitacional (ver Tabla 21).

Se puede observar que el 78% del total de la población expuesta corresponde a personas que habitan en fraccionamientos populares, seguido por el 19% de fraccionamientos medios. Es importante recordar que, según Aranda (1989), la manifestación del fenómeno se dio aproximadamente por la década de los 80, y se puede ver que precisamente en ese entonces se generó la expansión de la ciudad hacia el segundo anillo (ver Figura 20), por lo tanto, genera algo de confusión que se hayan asentado fraccionamientos populares donde supuestamente ya había fallas. Habría que detectar la aparición histórica de las fallas para corroborar lo anteriormente dicho.

Tabla 21. Exposición actual por uso de suelo habitacional en la zona consolidada de la Cd. de Aguascalientes

Zona consolidada					
Usos de suelo habitacional afectado	Población total por manzanas afectadas	Superficie total por manzana afectada (Ha)	Densidad por manzana	Superficie total de afectación (Ha, restricción de 20m)	Población real afectada por manzana
Fraccionamiento medio	9329	83.02	112.37	9.56	971
Fraccionamiento popular	31572	225.88	139.77	23.98	4010
Fraccionamiento residencial	410	56.53	7.25	2.10	15
Condominio horizontal	1195	23.88	50.05	1.52	84
Condominio vertical	39	0.067268	579.77	0.0055	3
Total	42545			37.16	5083

Nota: Elaboración propia con datos de la zonificación secundaria, PDUCA 2040. Censo INEGI, 2010.

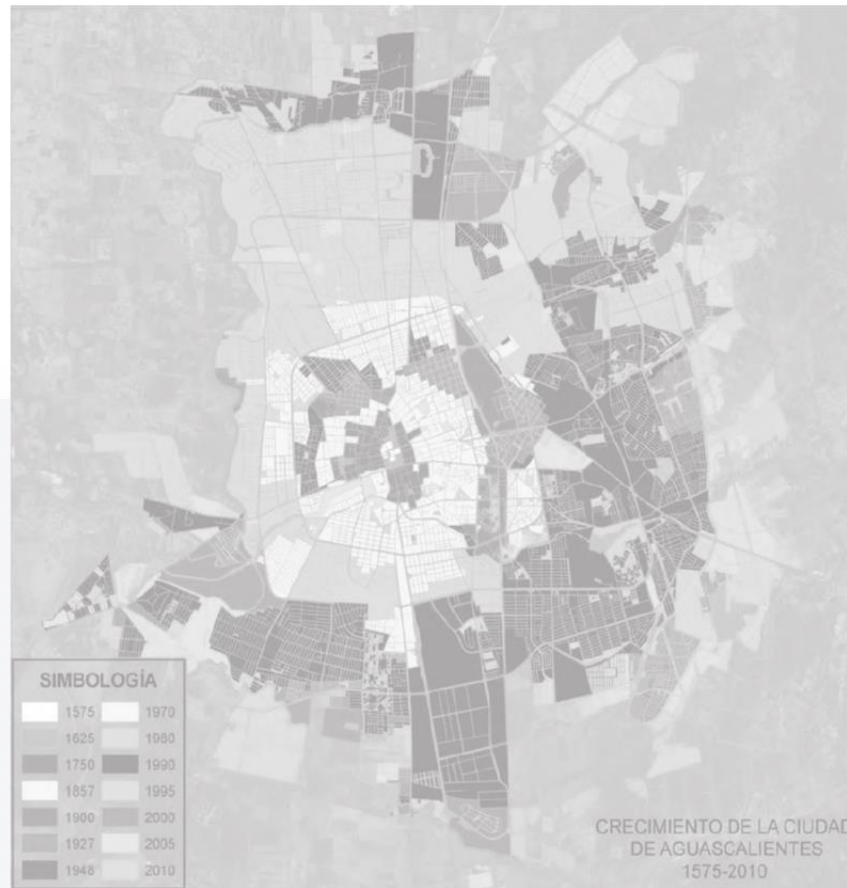


Figura 20. Mapa del crecimiento de la Ciudad de Aguascalientes.
Nota: Tomado de IMPLAN (2011).

Por otro lado, se calculó la población que se vería afectada en zona de crecimiento, dando como resultado un total de 6,772 personas, un poco más que en la zona consolidada, e igualmente las zonas destinadas para la Densidad A (que es la más alta y correspondería a fraccionamientos populares según el PDUCA 2040) son las que tienen mayor número de población expuesta con un 61% del total. Afortunadamente, teniendo este escenario, se pueden generar estrategias para evitar el asentamiento humano en zonas de peligro por falla (ver Tabla 22).

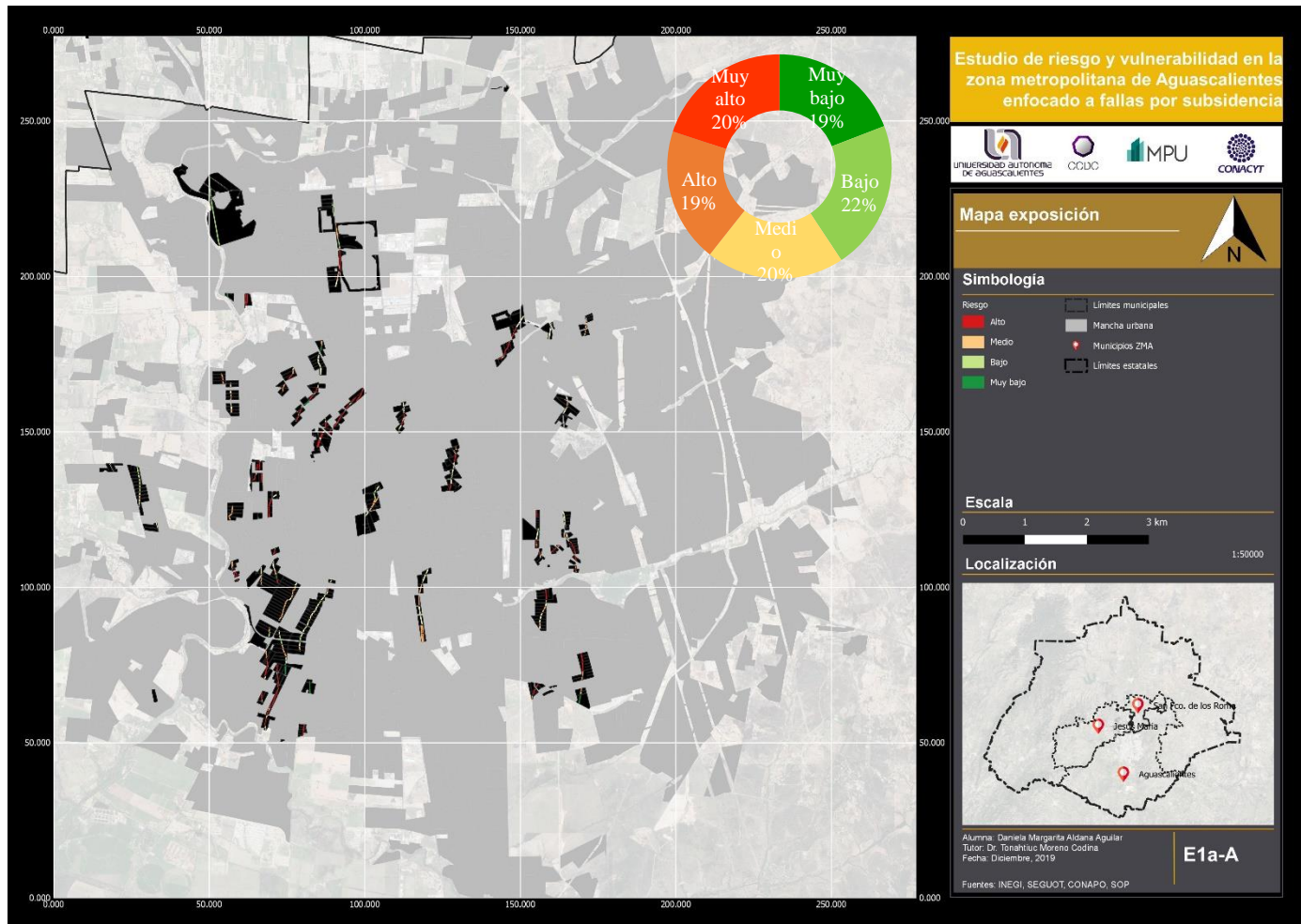
Tabla 22. Exposición por uso de suelo habitacional en zona de crecimiento en Aguascalientes

Zona crecimiento			
Usos de suelo habitacional afectado	Densidad establecida por el PDUCA 2040	Superficie total de afectación (Ha, restricción de 20m)	Población real afectada por manzana
Densidad A	255	16.43	4189
Densidad B	175	13.30	2328
Densidad C	90	2.83	255
Total			6772

Nota: Elaboración propia con datos de la zonificación secundaria; densidad obtenida del PDUCA 2040.

En el mapa siguiente (ver Mapa 11), se representan las superficies afectadas por manzanas por grado de exposición. Las de color rojo reflejan aquellas en donde hay mayor número de personas expuestas, cambiando de color hasta tonalidades verdes que indican menor exposición. Los porcentajes del grado de exposición son muy uniformes, pero se observa una mayor ponderación en el grado bajo de exposición. Aun así, es importante resaltar, que al menos el 20% de las manzanas afectadas cuenta un muy alto grado de exposición, de lo que se puede interpretar que existe una alta densidad de población en esas manzanas o, probablemente, la existencia de hacinamiento en las mismas.

Por otro lado, la localización de las manzanas con mayor exposición no se encuentran concentradas en un espacio en específico, sino que su ubicación es aleatoria, por lo tanto no se puede concluir que zona poniente u oriente son las más expuestas, sino que existe una exposición arbitraria.



Mapa 11. Mapa de exposición de la Ciudad de Aguascalientes

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.

En la Ciudad de Jesús María, se observa que la población expuesta es de 1,016, mucho menos que la Ciudad de Aguascalientes, aproximadamente un 80% menos. En este caso, no se pudo obtener la exposición por usos de suelo debido a la ausencia de información (ver Tabla 23).

Tabla 23. Exposición actual por uso de suelo habitacional en la zona consolidada de la Cd. de Jesús María

Zona consolidada					
Usos de suelo habitacional afectado	Población total por manzanas afectadas	Superficie total por manzanas afectadas (Ha)	Densidad por manzana	Superficie total de afectación (Ha, restricción de 20m)	Población real afectada por manzana
Área urbana a consolidar	6853	74.65	91.80	11.07	1016

Nota: Elaboración propia con datos de la zonificación secundaria, PDUCDJM 2040. Censo INEGI, 2010.

Por otro lado, en la zona de crecimiento, sí se definen los usos habitacionales por densidades. Se observa que la exposición aumentaría a 2,233 habitantes si se posicionan dentro de la restricción establecida (casi al doble de la actual), de igual manera, la exposición aumenta dentro de las zonas habitacionales con alta densidad, ésta corresponde al 53% de la población afectada (Tabla 24).

Tabla 24. Exposición por uso de suelo habitacional en zona de crecimiento en la Cd. de Jesús María

Zona crecimiento			
Usos de suelo habitacionales afectados	Densidad establecida por el Programa de Desarrollo Urbano de la Cd. de Jesús María	Superficie total de afectación (Ha, restricción de 20m)	Población real afectada por manzana
H1	400	3.215399	1286
H2	250	1.975448	494
H3	250	1.22902	307
H4	100	1.454397	145
Total			2233

Nota: Elaboración propia con datos de la zonificación secundaria; densidad obtenida del PDUCDJM 2035.

Por otro lado, se puede observar que el grado de exposición es, al igual que Aguascalientes, uniforme. La cuarta parte de la población expuesta corresponde a un bajo

grado de exposición, seguida de un 23 % de un alto grado de exposición. En el mapa (ver Mapa 12), se puede ver la localización de las manzanas afectadas, no existe una distribución específica, al contrario, es una distribución aleatoria de los diferentes grados de exposición.

En San Francisco de los Romo se aprecia un resultado distinto. Dentro de la zona consolidada, se obtiene que existen 144 personas expuestas al peligro, lo cual, en comparación con los otros municipios, la cantidad se reduce bastante (ver Tabla 25). En este caso, al igual que Jesús María, tampoco se pudieron identificar los usos de suelo habitacionales por ausencia de información.

Tabla 25. Exposición actual por uso de suelo habitacional en la zona consolidada de la Cd. de SFR

Zona consolidada					
Usos de suelo habitacional afectado	Población total por manzanas afectadas	Superficie total por manzanas afectadas (Ha)	Densidad por manzana	Superficie total de afectación (Ha, restricción de 20m)	Población real afectada por manzana
Habitacional	510	3.16	161.39	0.89	144

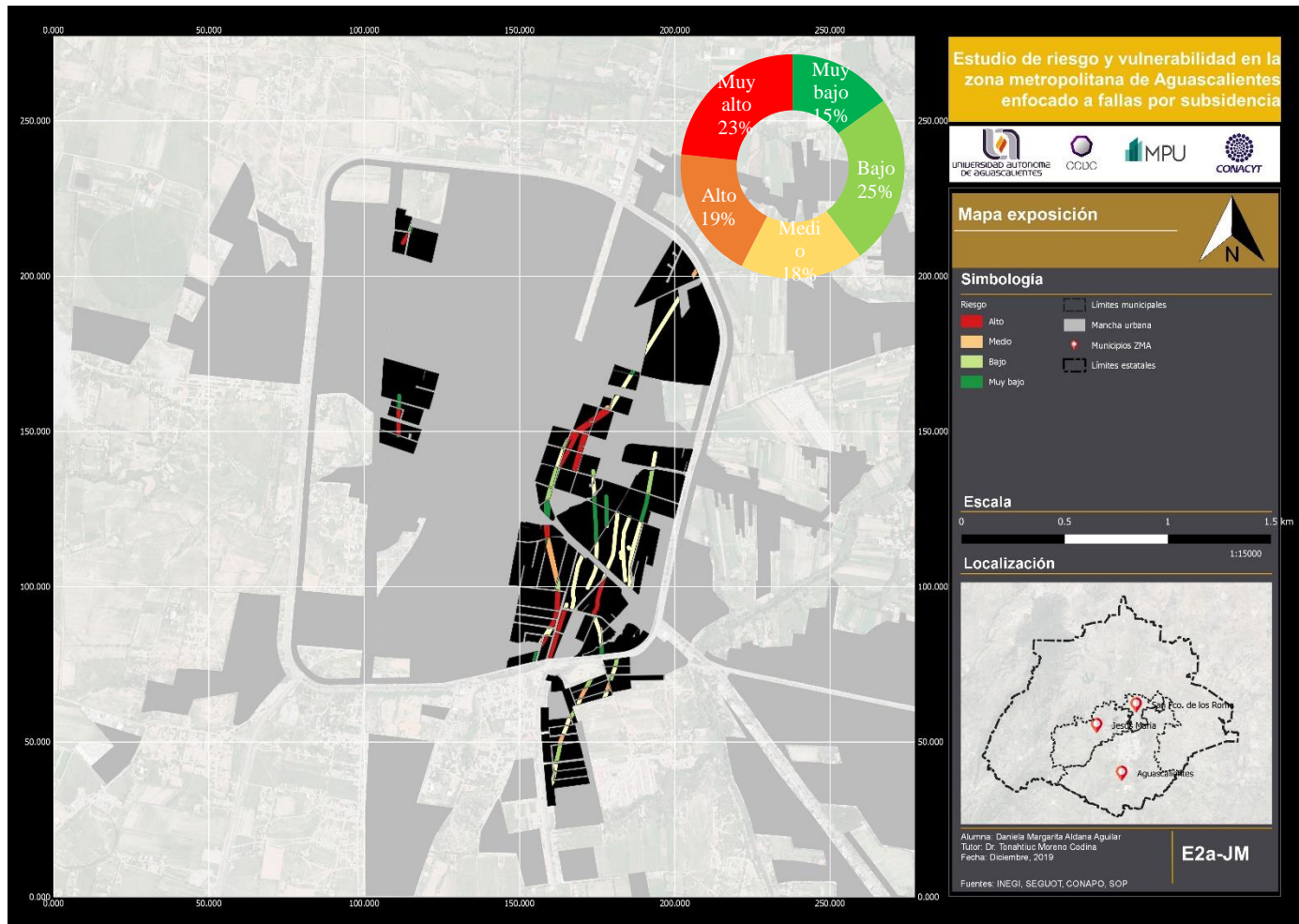
Nota: Elaboración propia con datos de la zonificación secundaria, PDUCD SFR 2035. Censo INEGI, 2010.

Por otro lado, en la zona de crecimiento, se observó que ninguna zona habitacional toca alguna falla, lo cual habla muy bien de las estrategias que se tomaron en cuenta para poder evitar el peligro. San Francisco de los Romo es el único caso de la Zona Metropolitana de Aguascalientes que, se podría decir, ha prevenido el peligro mediante la planeación de usos de suelo (Tabla 26). Habría que realizar estudios técnicos para corroborar lo anterior y verificar la ausencia de fallas en zonas de crecimiento.

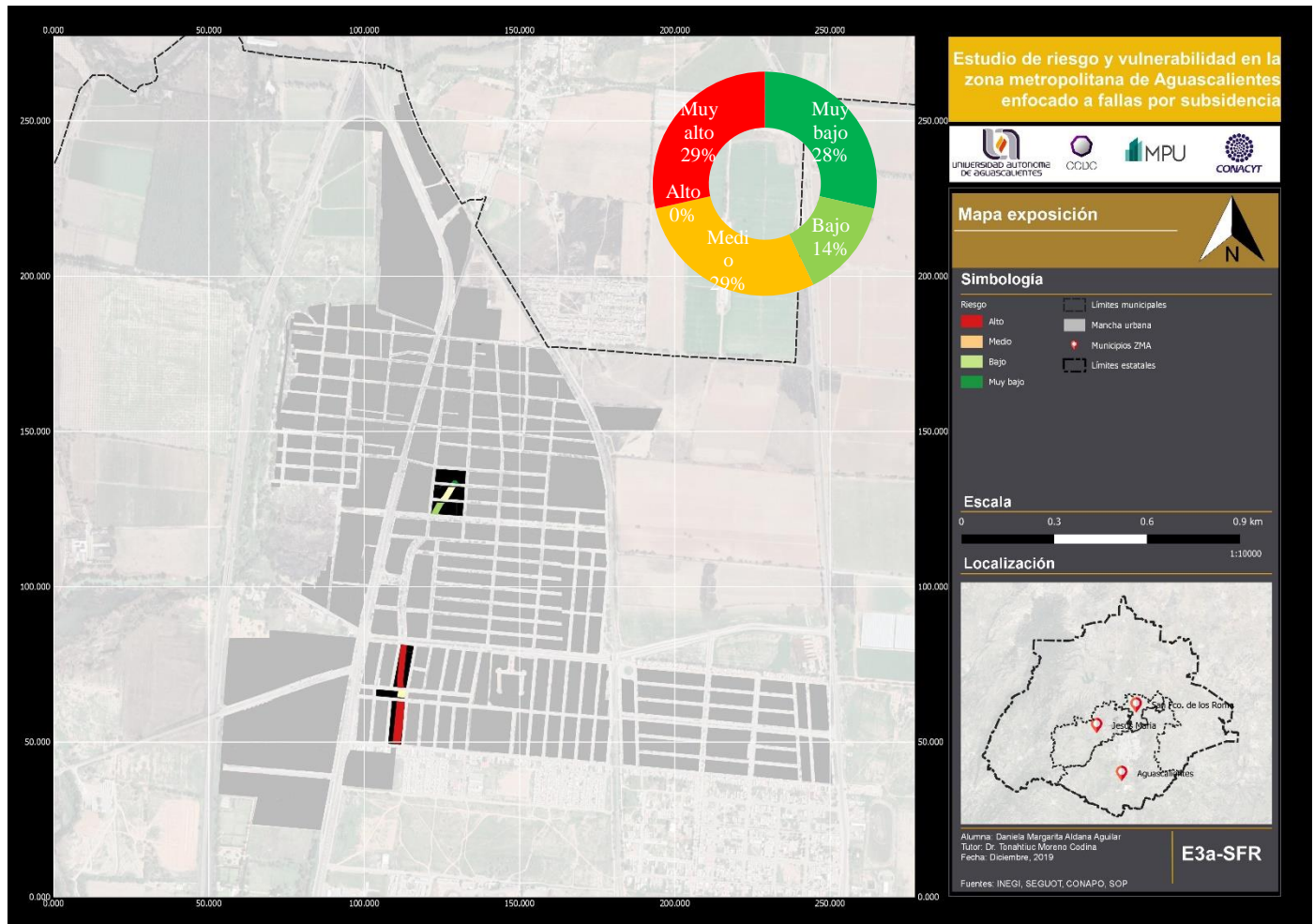
Tabla 26. Exposición por uso de suelo habitacional en zona de crecimiento en la Cd. de SFR

Zona crecimiento			
Usos de suelo habitacional afectado	Densidad hab/Ha*	Superficie total de afectación (Ha, restricción de 20m)	Población real afectada por manzana
Habitacional	200	NA	NA

Nota: Elaboración propia con datos de la zonificación secundaria; densidad obtenida del PDUCD SFR 2035.



Mapa 12. Mapa de exposición de la Ciudad de Jesús María
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 13. Mapa de exposición de la Ciudad de San Francisco de los Rom

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.

En el Mapa 13, se puede observar el resultado del análisis de exposición de San Francisco de los Romo, en el cual, después de todos los filtros aplicados vistos en la metodología, muy pocas manzanas habitadas resultaron afectadas. Se observa que la mayoría de las manzanas, exactamente un 29%, tienen un grado muy alto de exposición, lo que indica que existe mucha concentración de población en esa superficie de afectación por manzanas.¹³

Evaluación de la Vulnerabilidad de la ZMA. Para el análisis de la vulnerabilidad se seguirá con el mismo orden de los municipios, empezando con Aguascalientes. Con base en la metodología aplicada, los resultados obtenidos reflejan que el 40% de la población afectada tiene un grado muy bajo de vulnerabilidad, y sólo el 7% tiene un grado alto de vulnerabilidad; esto indica que existiría una alta capacidad para recuperarse a un desastre o incluso a evitarlo. Sin embargo, es importante destacar que existe un 33% de la población afectada con vulnerabilidad media, lo cual sería un punto de focalización para analizar más a fondo y averiguar qué factores son los que hacen a esta población más vulnerable. En el caso del Mapa 14, donde se representa la vulnerabilidad, se observa que las manzanas con mayor vulnerabilidad se encuentran al sur-poniente de la Ciudad, mientras que los demás grados de vulnerabilidad se encuentran dispersos por todas las manzanas afectadas, lo que significa que no existe algún patrón de comportamiento de vulnerabilidad, es aleatorio.

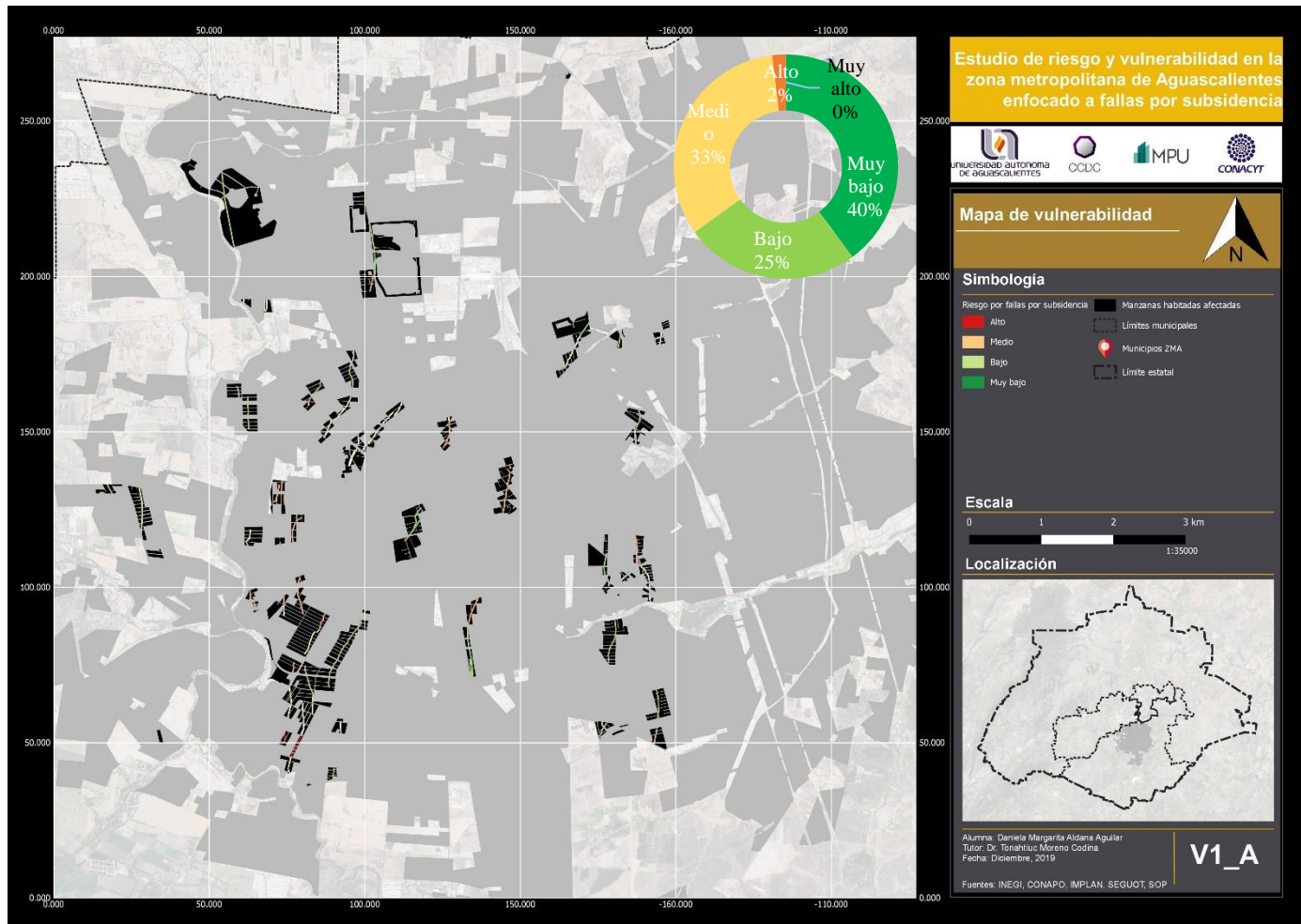
Para la Ciudad de Jesús María, existe un alto grado de vulnerabilidad, correspondiente a un 43% de la población afectada, seguido de un 42% de población afectada caracterizada por media vulnerabilidad. Esto es muy importante, ya que si existe un alto grado de vulnerabilidad puede ser más difícil la recuperación ante un desastre. En el Mapa 15 se refleja que el alto grado de vulnerabilidad se encuentra concentrado en el centro de la Ciudad de Jesús María, lo cual es importante resaltar, ya que por ser una zona consolidada, debería de contar con todos los servicios, a menos que exista mucha gente con poco grado de educación o mucha gente que reciba hasta dos salarios mínimos, estos factores podrían ser determinantes para el proceso de resiliencia ante un desastre.

Por su parte, San Francisco de los Romo se caracteriza por tener dos grados de vulnerabilidad, el 57% de la población afectada corresponde al grado medio, lo cual nos indica que hay indicadores que deben ser atendidos, los cuales se verán más adelante. En el

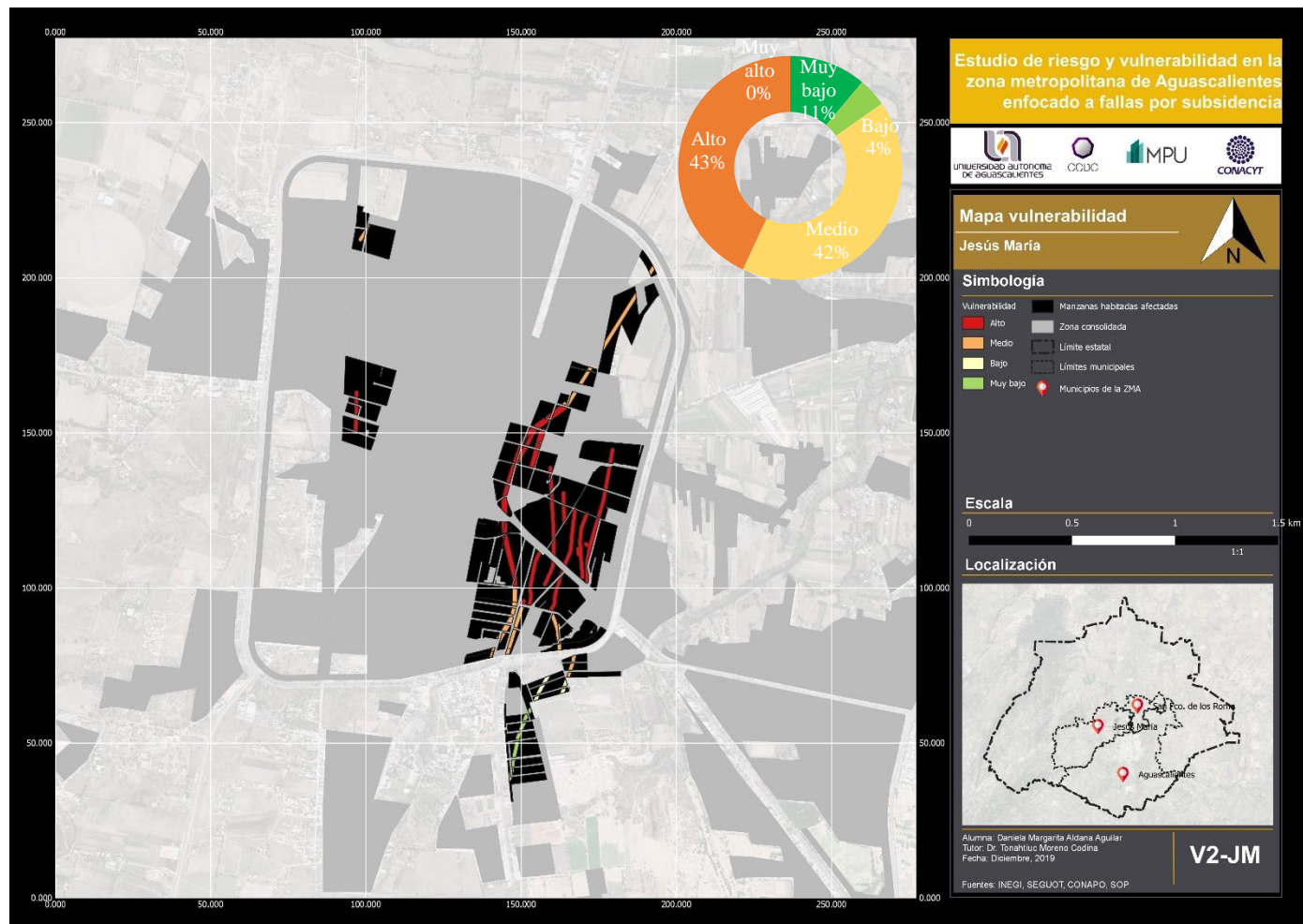
¹³ Se realizará una síntesis de los resultados en el apartado de la conclusión (ver Tabla 33).

Mapa 16, se aprecia la localización de las manzanas afectadas respecto a su grado de vulnerabilidad, que como se ha visto anteriormente, solamente son unas cuantas, por lo tanto la lectura del mapa es muy fácil de entender.



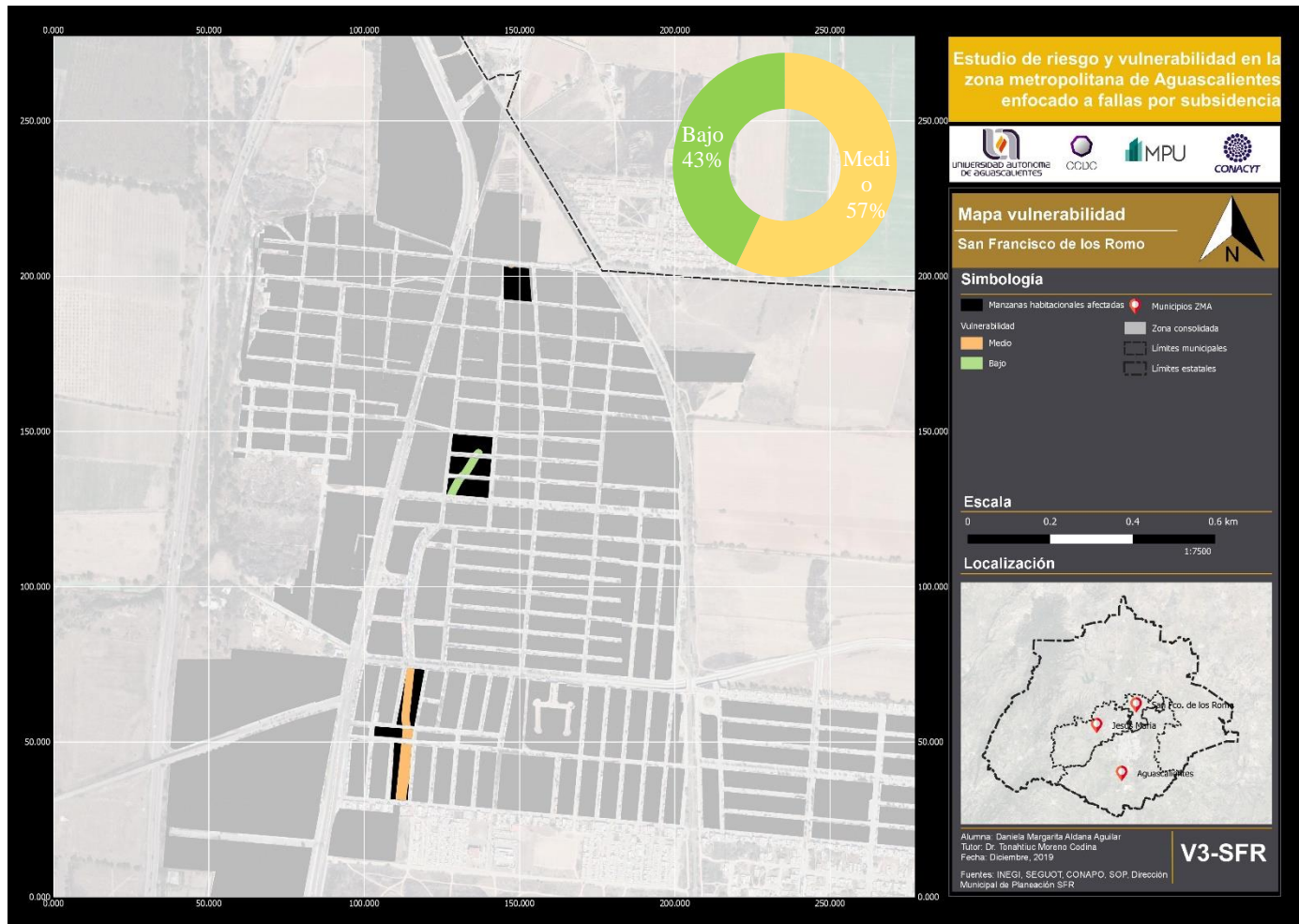


Mapa 14. Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de Aguascalientes
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 15. Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de Jesús María

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 16. Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de San Francisco de los Romo
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.

Capítulo V. Resultados del Escenario de Riesgo

En el presente apartado se expondrán los resultados obtenidos del escenario de riesgo, es decir, se explicará el producto final de riesgo compuesto de las variables de peligro, exposición y vulnerabilidad.

Para la Ciudad de Aguascalientes se obtiene que el riesgo es bajo. Al interpretar los datos en conjunto, se aprecia que la exposición es la variable más acentuada ya que es la que tiene los porcentajes más altos, y al realizar un análisis visual de los mapas, es la variable que más tonalidades rojas tiene, por lo tanto, es la que más se debe mitigar y/o prevenir para reducir el riesgo (aunque éste sea mínimo). Se observa que el peligro está en un grado medio, mientras que la vulnerabilidad está en un grado bajo, lo cual nos indica que capacidad de respuesta de la población ante un desastre podría ser muy elevada porque, con base a los resultados, se expresa que tiene las condiciones necesarias para poder reaccionar positivamente a un desastre ocasionado por el peligro en cuestión (Tabla 27). En el Mapa 17, se puede observar que aquellas manzanas que se manifiestan en color rojo, son las mismas en la que la vulnerabilidad eran un grado muy alto, mientras que en las demás se observa un dispersión entre un grado bajo y muy bajo, 33% y 49% de la población afectada, respectivamente.

Tabla 27. Riesgo en la Ciudad de Aguascalientes

	Peligro	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo
Grado	Alto	Medio	Bajo	Bajo
Valor asignado	0.418	0.6	0.2	0.1

Nota: Elaboración propia. La obtención de estos valores se hizo con base al proceso metodológico anteriormente explicado (ver Capítulo III. Metodología).

En Jesús María, la variable con valores más altos, nuevamente, la exposición; mientras que las demás variables se encuentran en un grado medio; al multiplicarse estas variables, se obtiene que el riesgo es bajo (ver Tabla 28). Con base a la fundamentación teórica, es importante acentuar, que la Planeación Urbana es un medio para mitigar y/o prevenir el riesgo, y ésta se manifiesta por medio de la variable exposición. Por otra parte, en el Mapa 18, se observa la distribución de los grados de riesgo obtenidos, básicamente el 89% de zona afectada tiene un riesgo bajo, mientras que el restante es muy bajo.

Tabla 28. Riesgo en la Ciudad de Jesús María

	Peligro	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo
Grado	Medio	Alto	Medio	Bajo
Valor asignado	0.25	0.8	0.5	0.1

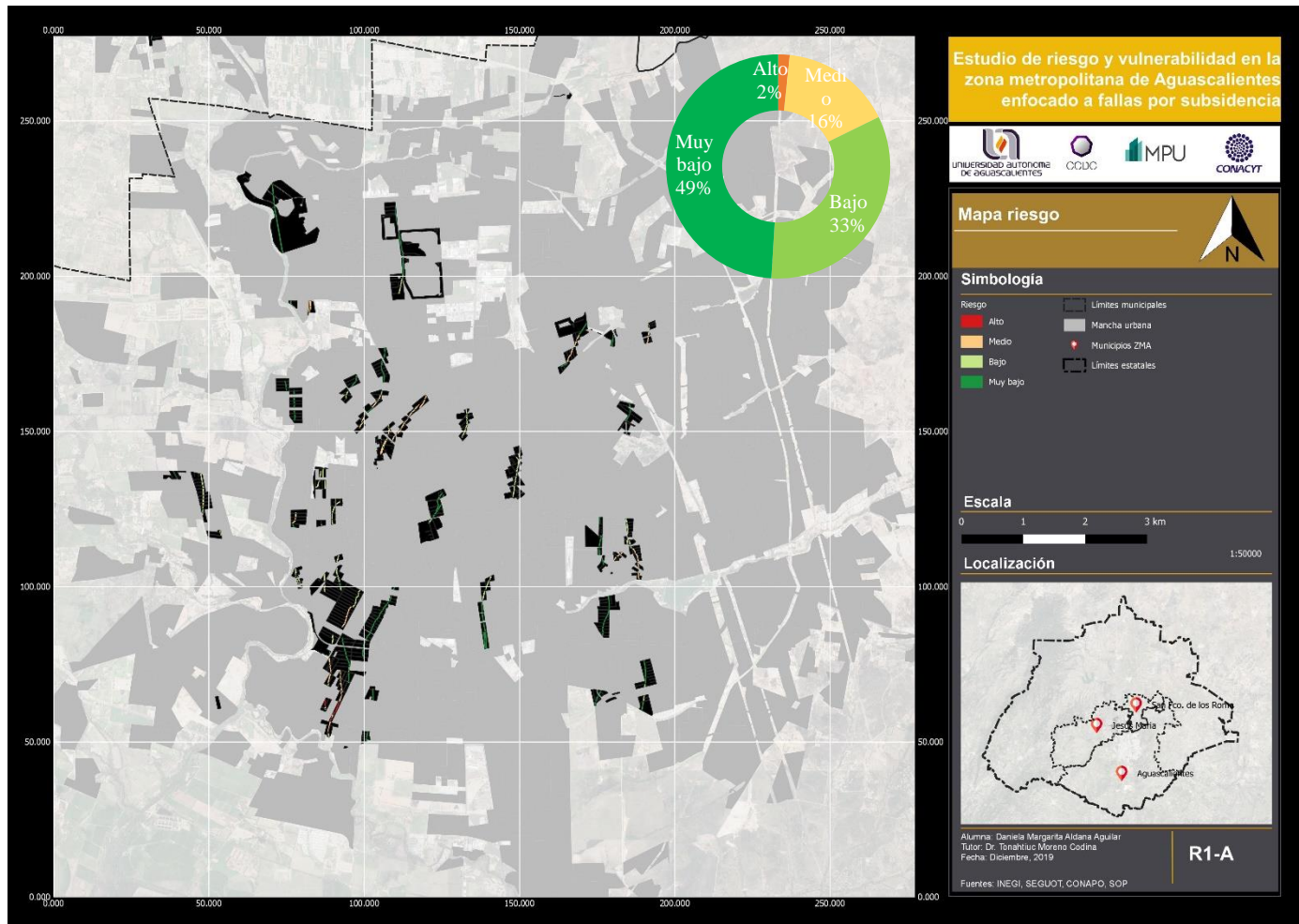
Nota: Elaboración propia. La obtención de estos valores se hizo con base al proceso metodológico anteriormente explicado (ver Capítulo III. Metodología).

Y finalmente, San Francisco de los Romo también se caracteriza por tener un grado bajo de riesgo. Aunque su índice de peligro resultó muy alto, en cuanto a las otras dos variables resultaron ser de grado medio (ver Tabla 29). En este caso, para reducir el riesgo, no se podría intervenir en el peligro ya que depende de otros factores externos (extracción de agua, composición del suelo), pero se puede intervenir en las demás variables (exposición y vulnerabilidad) para mitigar el riesgo. Por último, el Mapa 19 refleja que el 57% de las manzanas afectadas cuentan un grado muy bajo de riesgo.

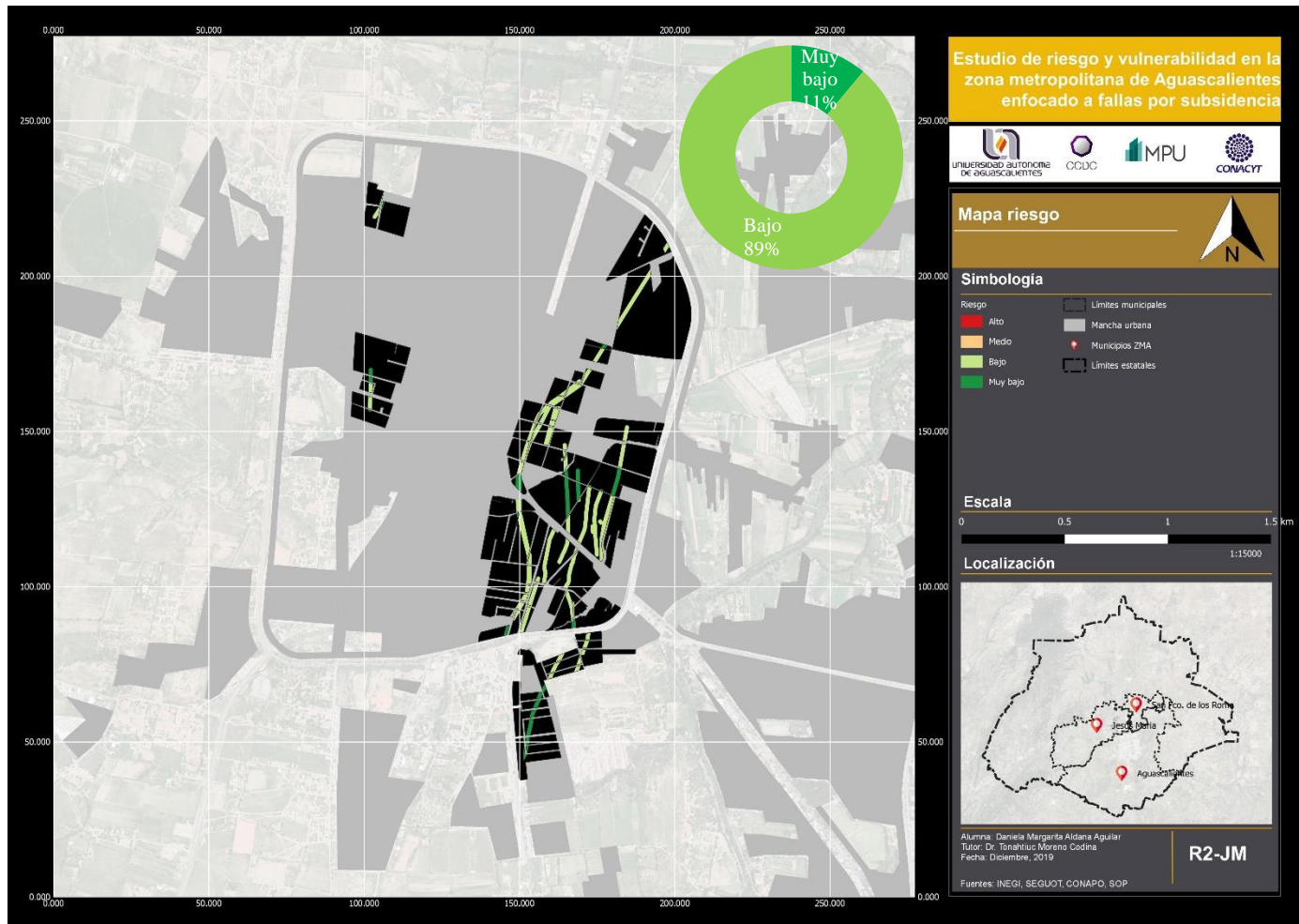
Tabla 29. Riesgo en la Ciudad de San Francisco de los Romo

	Peligro	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo
Grado	Muy alto	Medio	Medio	Bajo
Valor asignado	1	0.4	0.4	0.16

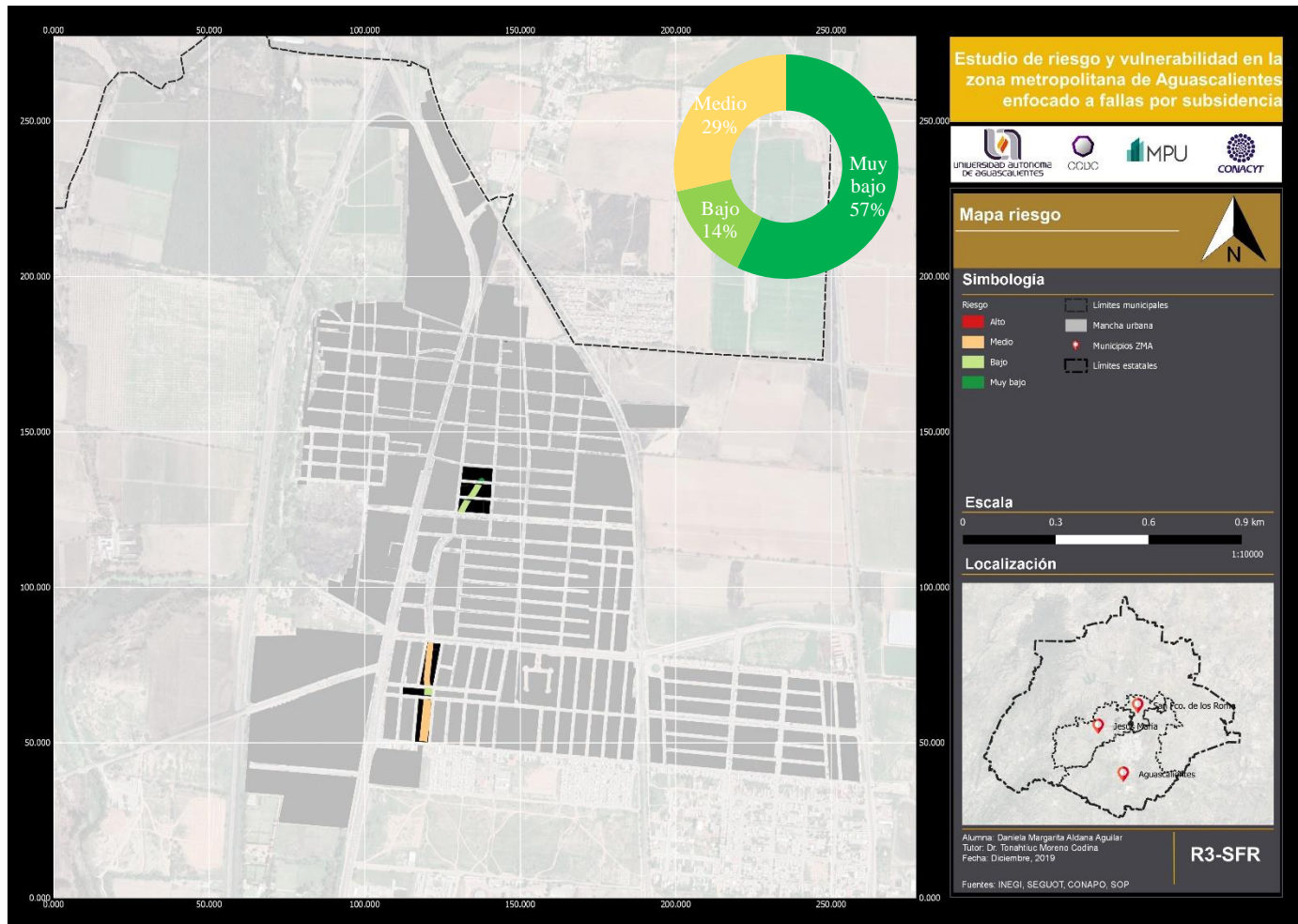
Nota: Elaboración propia. La obtención de estos valores se hizo con base al proceso metodológico anteriormente explicado (ver Capítulo III. Metodología).



Mapa 17. Mapa de riesgo por fallas por subsidencia de la Ciudad de Aguascalientes.
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 18. Mapa de riesgo por fallas por subsidencia de la Ciudad de Jesús María.
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 19. Mapa de riesgo por fallas por subsidencia en la Ciudad de San Francisco de los Romo.
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.

Se puede concluir que la Zona Metropolitana de Aguascalientes se caracteriza por un grado bajo de riesgo. Es importante aclarar que, aunque el riesgo es bajo, está presente y seguirá estando hasta que se ejecute alguna acción para reducirlo, ya que si no se actúa puede incrementar y llegar a afectar a más población. Otro factor que es importante aclarar, es el manejo de la evaluación de la vulnerabilidad, en este caso, se utilizaron indicadores por AGEB, es decir, no se utilizó la unidad de manzana que se utilizó para la exposición, por lo tanto, encauzó los datos hacia un resultado de vulnerabilidad muy generalizado, de tal manera que todos salieron bajos en riesgo. Sería interesante realizar el estudio hasta la evaluación de exposición, después, con las zonas de afectación ya identificadas, se puede realizar la evaluación de la vulnerabilidad de manera censal, es decir, ir a cada vivienda e indagar con base a los indicadores adecuados.

Por otro lado, en la variable peligro no se puede ejercer mucha acción de prevención o mitigación, ya que es consecuencia de un problema mayor (extracción de agua), por lo tanto no se puede incursionar directamente. En cuanto a vulnerabilidad, habría que desagregar el índice para poder identificar los problemas que inciden en la vulnerabilidad y poder generar estrategias sociales que ayuden a reducir la vulnerabilidad. Y por último, la exposición es la variable de mayor impacto y es precisamente donde la Planeación Urbana puede intervenir para reducirla.

En general, la aportación de este escenario de riesgo es hacer conciencia de que el riesgo existe (ya sea mínimo o máximo) y lograr que éste pueda reducirse con algunas propuestas de mitigación (en zonas consolidadas) y otras de prevención (en zonas de crecimiento).

Capítulo VI. Construcción de Escenarios para la Planeación Urbana

Para la elaboración de escenarios, se realizó el siguiente procedimiento:

- Se seleccionaron las variables que conforman el riesgo.
- De estas variables y con base en los autores analizados, se desagregaron las condiciones necesarias para que ocurra el fenómeno en cuestión, es decir, las fallas por subsidencia (ver Figura 21).
- Después, se procedió a analizar cada una de las variables por etapas de tiempo para poder contextualizar los escenarios.
- Para finalizar, se describen los escenarios pertinentes: tendencial y optimista.

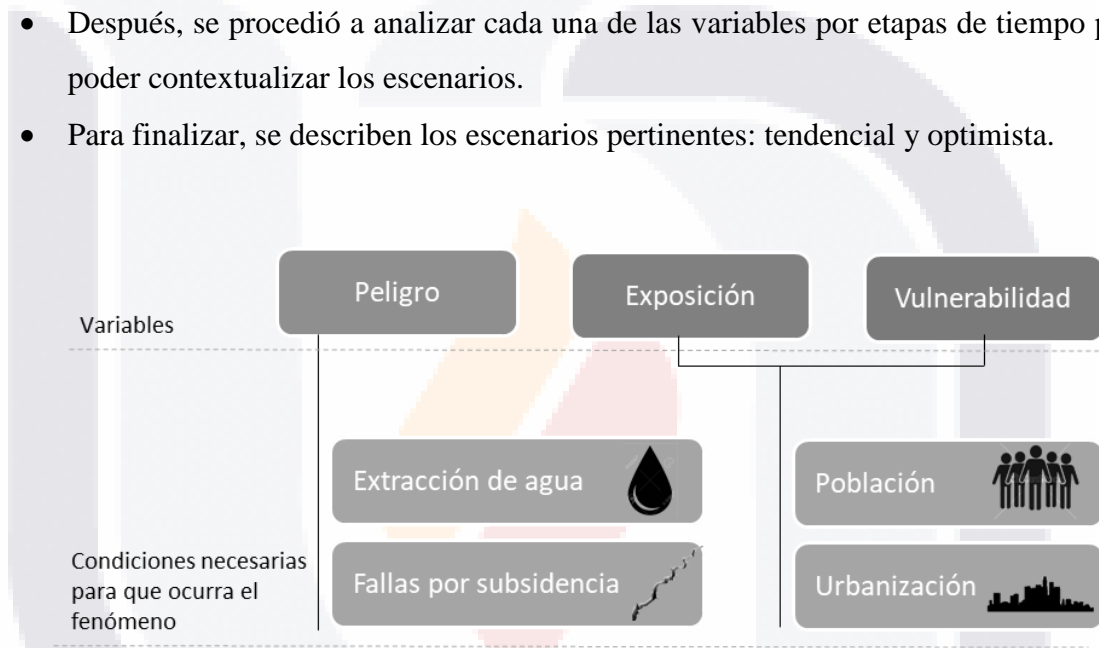


Figura 21. Esquema para la elaboración de escenarios.
 Nota: Elaboración propia.

Contextualización

Periodo 1978-2013. Según Aranda (1989), se empezaron a manifestar grietas dentro de la zona urbana de Aguascalientes. Para el año de 1984, el fenómeno antes descrito se había intensificado, ya que había causado daños en edificios, calles e infraestructura de servicio. El mismo autor argumenta que una de las razones de este fenómeno es la extracción de agua de acuífero. A continuación, con base a algunos planes y programas del Estado de Aguascalientes, se registraron los hechos que intervienen en el desarrollo de cada una de las variables:

Tabla 30. Evolución de la detección del peligro de fallas por subsidencia en el Estado de Aguascalientes

Plan o programa (año publicado)	Condiciones necesarias para la ocurrencia del fenómeno	Observaciones
Plan Estatal de Desarrollo Urbano 1978	Población	El crecimiento de la población ha sido constante, para este entonces el Estado contaba con 447,000, en su mayoría concentrada en la capital (54.4%).
	Urbanización	Acentúan la ausencia de una planeación desequilibrada, necesaria para el desarrollo urbano.
	Extracción de agua	Para este año, se detecta que el recurso hidrológico es limitado, ya que el 60% del mismo es destinado a un uso agrícola.
	Fallas por subsidencia	En cuanto a riesgos, no se hace mención alguna de ningún tipo de riesgo.
Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Aguascalientes 1994-2010	Población	Se estima una población de 477,739 habitantes.
	Urbanización	Se denota un crecimiento de la estructura urbana, y se identifica la participación del proceso industrial dentro de la traza urbana (1970).
	Extracción de agua	Igualmente a anterior, se observa que los recursos hídricos son limitados debido a su escasa precipitación, alta evaporación y el abatimiento del acuífero de 2 a 4 metros por año.
	Fallas por subsidencia	No hay presencia de líneas de acción referentes a riesgos en general, ni a fallas por subsidencia.
Programa Estatal de Ordenamiento Territorial 2000-2025	Población	Creciente; 944, 285 habitantes.
	Urbanización	Creciente.
	Extracción de agua	Se sigue identificando un déficit del recurso, indicando una sobreexplotación del acuífero en el orden del 82.4%
	Fallas por subsidencia	Se analizan los riesgos estatales de manera general, pero no de fallas por subsidencia.

Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico y Territorial 2013-2035	Población	Paralelamente, en 2004 se genera el Comité Interinstitucional de Fallas Geológicas y Grietas del Estado de Aguascalientes. En aumento.
	Urbanización	En aumento.
	Extracción de agua	Déficit.
	Fallas por subsidencia	Se toma en cuenta las fallas por subsidencia para la planeación del territorio.

Nota: Elaboración propia. Se consultaron los documentos mencionados en la tabla.

Se concluye que el estudio de las fallas por subsidencia dentro de la planeación urbana es relativamente reciente, se observa que a pesar de que el fenómeno se manifestó a partir de los 80, 24 años después se empezaron las acciones conjuntas para mitigar el peligro.

Periodo Actual. Actualmente, en la Zona Metropolitana de Aguascalientes, se cuenta con 192 km de fallas. Al 2009 se tenían identificados 2483 inmuebles afectados en todo el valle, mientras que en la ciudad de Aguascalientes se tuvo, que al 2014, una cantidad de 2274 inmuebles afectados (con datos del SIFFAG, 2017).

Escenario Tendencial

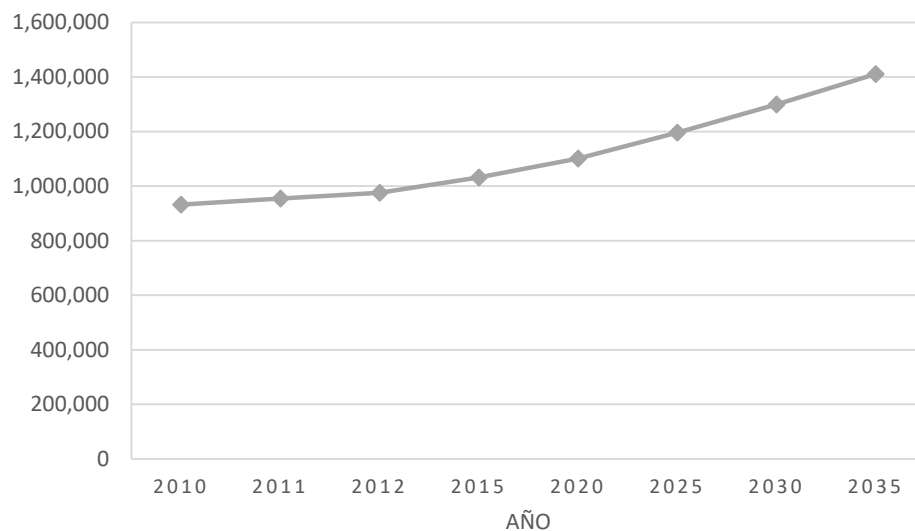
Para la elaboración del escenario tendencial, se hizo una breve descripción del comportamiento futuro de los factores que se necesitan para que ocurra el fenómeno en cuestión, esto para saber hacia dónde avanzará el riesgo y cómo se podría enfrentar en un futuro:

Población. Con base a las proyecciones del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial 2013-2035, se estima que la población de los tres municipios de la Zona Metropolitana irá en aumento (ver Gráfica 6).

Tabla 31. Proyecciones de la población 2010-2035

Municipio	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030	2035
ZMA	932,369	954,120	975,381	1,032,209	1,101,021	1,195,901	1,298,991	1,410,970
Aguascalientes	797,010	815,604	833,778	890,606	941,152	1'022,283	1'110,407	1'206,129
Jesús María	99,590	101,913	104,184	111,285	117,601	127,739	138,750	150,711
San Francisco de los Romo	35,769	36,603	37,419	39,969	42,268	45,879	49,834	54,130

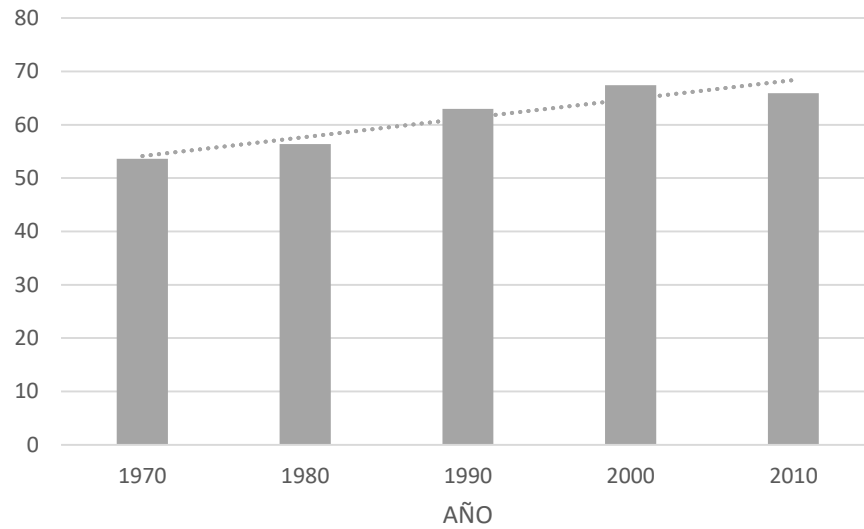
Nota: Tomado de Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial 2013-2035.



Gráfica 6. Proyección de población de la Zona Metropolitana de Aguascalientes

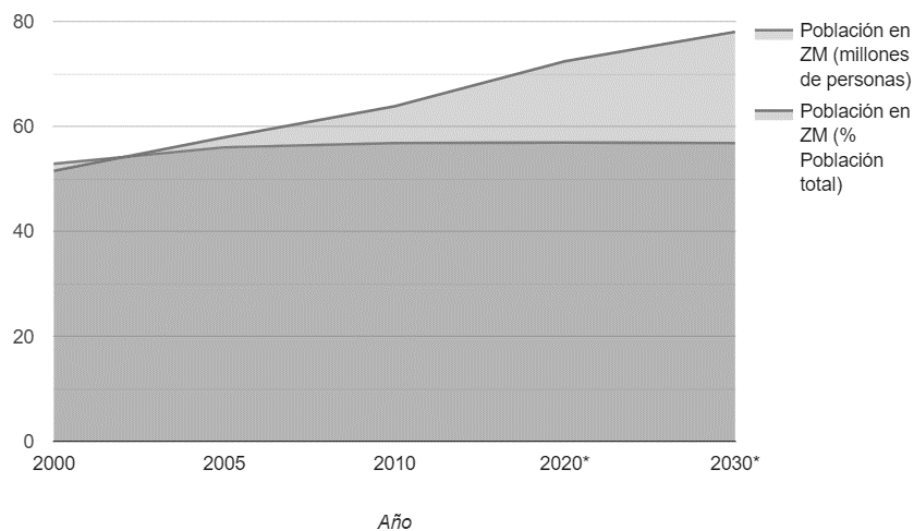
Nota: Elaboración propia con base a la Tabla 29.

Urbanización. El índice de urbanización refleja el tamaño de las ciudades respecto a la concentración de su población (PEOT, 2013). En la siguiente gráfica, se puede observar el índice de urbanización estatal, donde se manifiesta el aumento de la concentración de personas en el Estado, el 81% de la población del Estado corresponde a la Zona Metropolitana de Aguascalientes (ver Gráfica 7). Según ONU-Hábitat (2017), al 2030, las ciudades en México concentrarán el 83.2% de la población nacional, y la tendencia indica el crecimiento de las zonas metropolitanas (ver Gráfica 8), por lo que cada vez será más pertinente estudiar temáticas a escala metropolitana.



Gráfica 7. Índice de urbanización.

Nota: Elaboración propia con datos del Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico y Territorial 2013-2035.

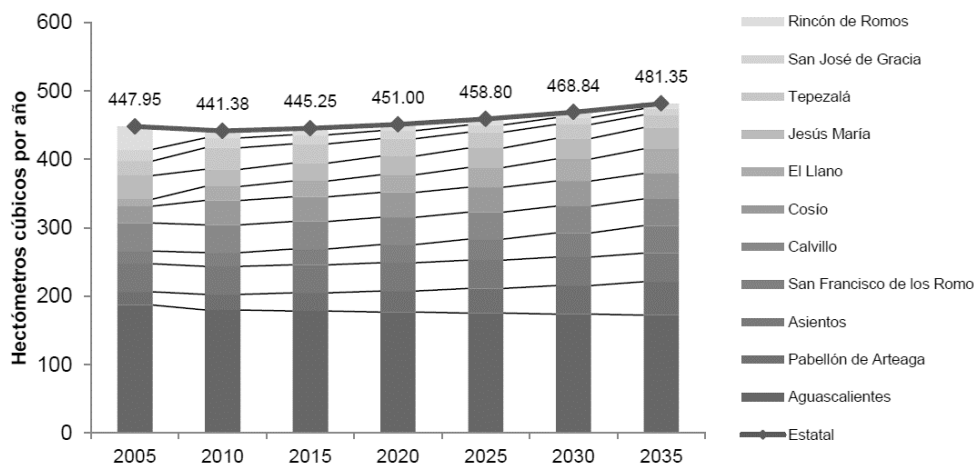


Gráfica 8. Evolución de la población en las Zonas Metropolitanas

Nota: Tomado de ONU-Habitat (2017).

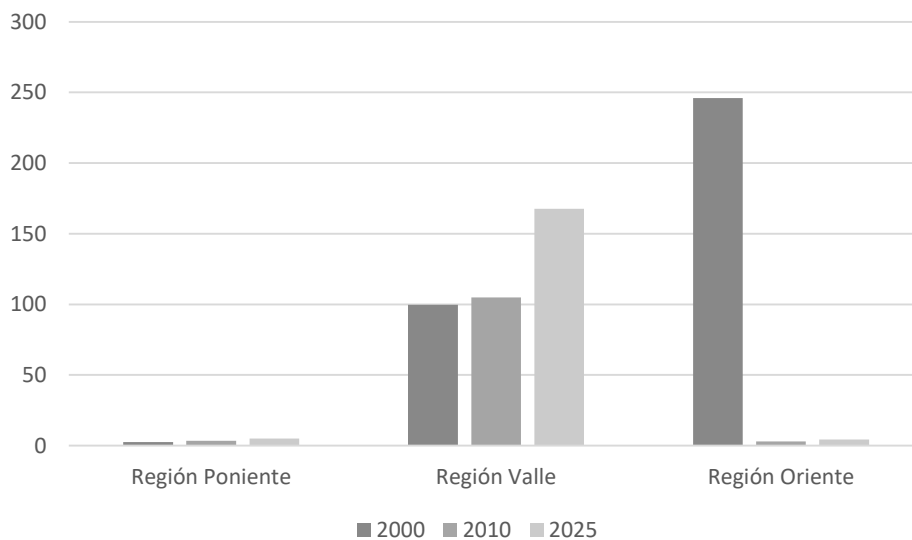
Extracción de agua. Según el Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico y Territorial 2013-2035, el consumo de agua es de 445.5 hectómetros cúbicos por año, y la tendencia indica que para el 2035 aumentará aproximadamente a 481 hectómetros cúbicos. Por otro

lado, la extracción de agua también aumentará cerca del 70% para el 2025 (ver Gráfica 9 y Gráfica 10).



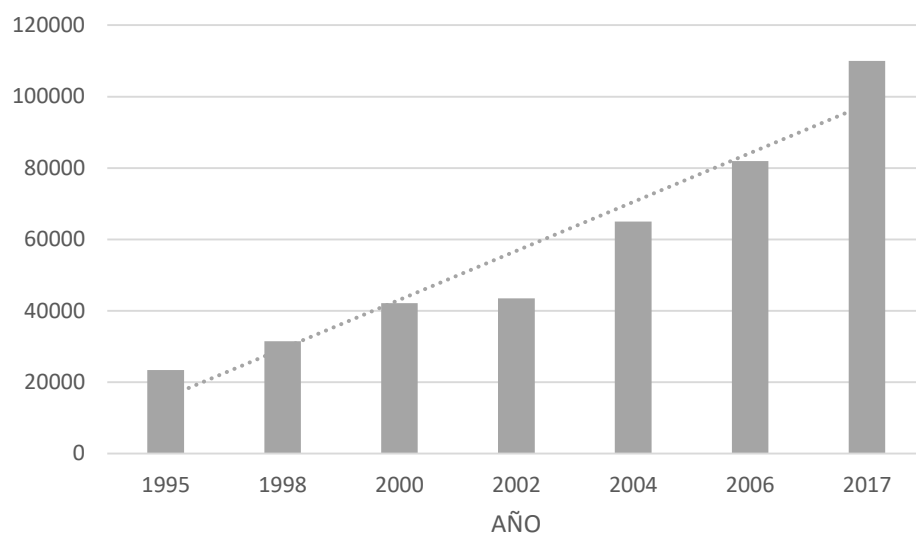
Fuente: SEGUOT, 2012. Dirección General de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Metropolitano

Gráfica 9. Estimación del uso consuntivo del agua subterránea (hm³).
 Nota: Tomado de Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico y Territorial 2013-2035



Gráfica 10. Proyección de la extracción de agua potable en localidades urbanas por región (Mm³).
 Nota: Tomado de Programa Estatal de Ordenamiento Territorial 2000-2025

Falla por subsidencia. Según el SIDDIS (2006), se tienen registros de las fallas desde 1995 (al menos de la Ciudad de Aguascalientes), con esto se pudo identificar que la manifestación de las mismas han ido en aumento, al igual que las variables anteriores. Asimismo, se indica que en el año de 1995, se contaba con 729 inmuebles afectados registrados (en la ciudad de Aguascalientes). Para el 2014, el IMPLAN (Instituto Municipal de Planeación) registró en el Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Aguascalientes un total de 2274 de inmuebles afectados. Se podría concluir que la tendencia a la generación de las fallas por subsidencia va en aumento, pero según Pacheco et al. (2015), el fenómeno de la subsidencia no tiene una tendencia lineal (ver Gráfica 11).



Gráfica 11. Evolución de las fallas por subsidencia

Nota: Elaboración propia con datos del SIDDIS (2006).

Para la finalizar el escenario tendencial, se concluye que si todas las variables continúan como hasta ahora y si la tendencia es al aumento de las mismas, sin hacer ningún cambio o ejecutar acción alguna, el riesgo a fallas por subsidencia aumentará también (ver Figura 22).

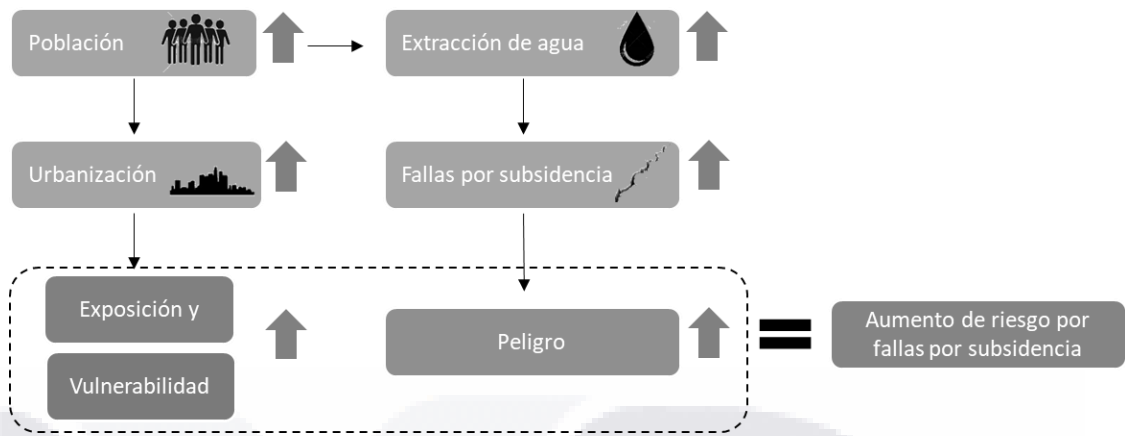


Figura 22. Escenario tendencial.

Nota: Elaboración propia.

Escenario Óptimo. El escenario óptimo sería que todas las variables disminuyeran para sofocar el riesgo (ver Figura 23):

- Población: controlar la densidad de población.
- Urbanización: control de la densidad de construcción en la ciudad.
- Extracción de agua: detener la extracción de agua y encontrar alternativas para el abasto de la misma.
- Fallas por subsidencia: se reduciría el riesgo, ya que no aumentaría el peligro.

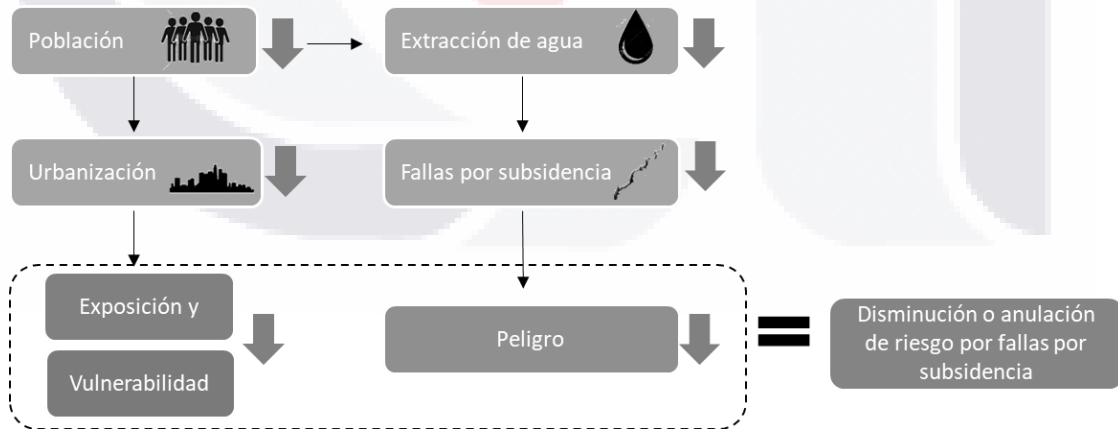


Figura 23. Escenario óptimo.

Nota: Elaboración propia.

Escenario Deseable-posible. El escenario deseable-posible no llega al extremo de disminuir al máximo todas las variables, sino encontrar un punto de equilibrio de todas. Algo que se tiene que considerar, es que no todas tardarán el mismo tiempo para llegar al mismo equilibrio (ver Figura 24).

- **Población:** Establecer un control en la natalidad de la población, de tal manera que no crezca esporádicamente. De igual manera, pensar que la población del Estado va a llegar a un punto en donde se invierta la pirámide poblacional (CONAPO, 2018), es decir, habrá un mayor número de adultos mayores, esto traerá consecuencias (respecto a accesibilidad) en las zonas donde se presenten fallas por subsidencia.
- **Urbanización:** El PDUCA 2040, indica estrategias para la densificación de la Cd. de Aguascalientes, lo cual sería una ventaja para fortalecer el riesgo. Se podrían elaborar estrategias¹⁴ que controlen la urbanización y la densidad de construcción en zonas afectadas por fallas por subsidencia.
- **Extracción de agua:** Se necesitan políticas en el manejo de agua para poder así controlar el uso de la misma, y por lo tanto, el control de la subsidencia. Por lo tanto, en el periodo que se trabajen y se materialicen estas políticas, será necesario un plan alternativo para seguir lidiando con las fallas por subsidencia, ya que mientras el fenómeno se siga manifestando seguirá habiendo población expuesta.

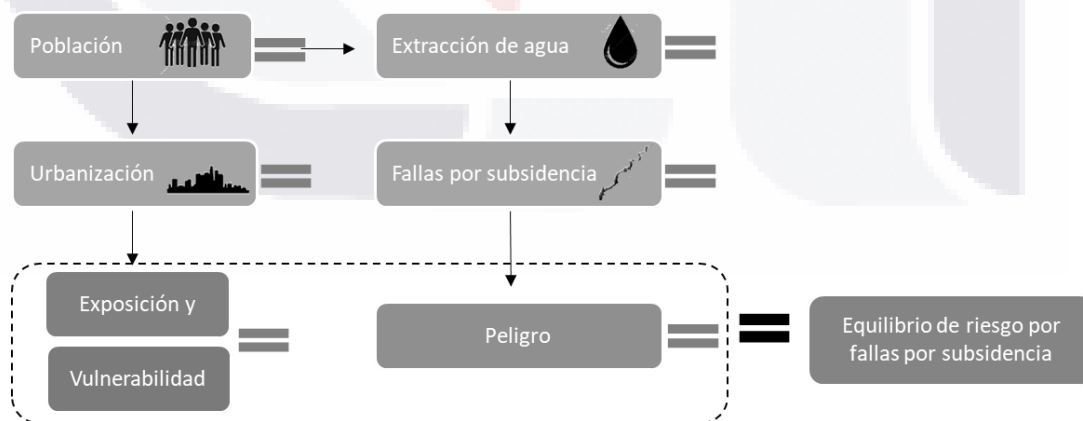


Figura 24. Escenario deseable-posible

Nota: Elaboración propia.

¹⁴ Ver Capítulo VII. Estrategias.

Capítulo VII. Estrategias de Planeación Urbana

La presente etapa expone algunas recomendaciones derivadas de los resultados obtenidos del escenario de riesgo, y paralelamente, del análisis de los escenarios de planeación urbana. Las siguientes propuestas se estructuran con base a las variables del riesgo; dentro de ellas se establecen posibles medidas de mitigación para aquellas zonas consolidadas, y de prevención para aquellas de crecimiento.

Estrategias de prevención para zonas de crecimiento urbano

Estrategias generales:

- Se propone, por sugerencia de los programas de Planeación Urbana de las localidades estudiadas y con base a los resultados obtenidos del escenario de riesgo, la actualización de los Atlas de Riesgos, tanto estatal como municipal, estos no se actualizan desde hace 8 años. Es necesario, y se recomienda, que se establezca un tiempo definido la actualización de los riesgos, ya que los peligros han ido en aumento. Esta estrategia se enmarca en las normas que rigen al CENAPRED, ya que es el organismo que coordina los Atlas de Riesgos, por lo tanto sería una acción que impactaría a la legislación nacional. Los Atlas de Riesgos, según el Plan Nacional de Protección Civil (2014), son los instrumentos que son el marco de referencia para la elaboración de políticas públicas preventivas para mitigar riesgos, además de su intervención básica en el ordenamiento del territorio.
- Por otro lado, se sugiere que los Atlas de Riesgos, sean verdaderamente de riesgo. Los Atlas de Riesgos revisados sólo consideran la localización del peligro, más no las otras variables. Se propone un complemento a la estructura de la evaluación del riesgo:
 - En primera (así como se hizo en el presente estudio), realizar una acotación en la zona de estudio. En el escenario de riesgo realizado se observó, que el Atlas de Riesgos Estatal/Municipal manifiesta todos los peligros que se dan en el Estado y Municipio, respectivamente, pero en el momento de sacar conclusiones, comentan que los peligros de mayor incidencia son heladas o sequías, sin embargo, dichos peligros no afectan directamente a la población.

Por lo tanto, se recomienda que se haga un complemento de peligros urbanos, es decir, un Atlas de Riesgos Urbanos, un atlas que manifieste aquellos peligros que sólo están en la Ciudad y que impactan negativamente a la población.

- En segunda, y con base a lo anterior, en el Atlas de Riesgos Urbanos se podrá llegar a la evaluación de la vulnerabilidad. Se cree que el tener una escala demasiado grande, como un estado o municipio, puede ser un obstáculo para la medición de la exposición y vulnerabilidad, además, para poder llegar a estas dos variables se necesita la presencia de peligro y población, situación que no pasa en todo el territorio del Estado o Municipio.
- En tercera, otro beneficio de esta propuesta, es que en el Atlas de Riesgos Urbanos, se tendrá la oportunidad de realizar un análisis completo de riesgo, incluso, por la reducción de la escala, se pueda enfocar a unos cuantos peligros, por ejemplo, en la Ciudad de Aguascalientes se puede especializar en fallas por subsidencia o inundación, los peligros con mayor incidencia. Esto podría ser de mucha utilidad para las dependencias encargadas de la Planeación Urbana, sobre todo para la mitigación de riesgos en la Ciudad.
- Se propone una Gestión Integral del Riesgo, mediante la coordinación entre las dependencias correspondientes para elaborar planes de acción que prevengan los riesgos. El riesgo es un tema integral, y como tal, debe ser abordado interdisciplinariamente.
- Se sugiere el fomento de escenarios de riesgos que sirvan de apoyo prospectivo para la Planeación Urbana, para la identificación de población expuesta y posibles cambios de uso de suelo y de esta manera mitigar y/o prevenir riesgos.
- Fomentar la cultura preventiva, y no reactiva, es decir, que la población tenga el conocimiento adecuado para poder evitar el peligro¹⁵.

¹⁵ En este caso, de fallas por subsidencia, se exponen públicamente mapas de la ubicación de las fallas, pero lo importante es darle difusión para que la población tenga conocimiento de dónde asentarse o no.

Estrategias específicas:

- Peligro
 - Con base a los resultados obtenidos, el peligro de las fallas por subsidencia se presenta en todas localidades urbanas estudiadas, pero en diferentes magnitudes. Según Pacheco et al. (2015), la subsidencia puede ser un fenómeno predecible, y por lo tanto prevenible. Por otro lado, el mismo autor afirma que el fenómeno puede ser evitado si se deja de extraer agua. Por lo tanto, se propone: realizar estudios especializados para la detección de subsidencia en el terreno con tendencia a urbanización¹⁶ para poder evadir el peligro.
- Exposición
 - Se propone evitar asentamientos en zonas donde se haya identificado algún peligro, especialmente por subsidencia y agrietamientos. En donde sea así, se recomienda realizar estudios especializados para conocer el área de afectación y poder alertar a los planeadores urbanos del riesgo que conlleva el edificar dentro de esa zona y proponer usos de suelo alternativos.
 - Sumado a lo anterior, se sugiere respetar las restricciones establecidas por los Programas de Desarrollo Urbano vigentes, pero no conformarse con esa restricción, sino que con base a los estudios propuestos, se rectifique cuál es la afectación verdadera de esas zonas. O de otra manera, se puede plantear que se de cierta flexibilidad a la norma restrictiva establecida por los programas¹⁷.
- Vulnerabilidad
 - Para prevenir la vulnerabilidad, se sugiere que la población esté informada de lo que pudiera pasar si se llega a asentar en zona de peligro (educación preventiva).

¹⁶ Zonas de crecimiento de las localidades urbanas estudiadas.

¹⁷ Ver criterios en Capítulo VIII. Conclusiones, sección de aportaciones, estrategia general para la determinación del COS y CUS.

Estrategias de mitigación para zonas urbanas consolidadas

Estrategias generales:

- Impulsar la realización de Programas de Desarrollo Urbano enfocado a Riesgos Urbanos¹⁸ con visiones prospectivas a cierto plazo (plazo que será definido en su momento), que con base al diagnóstico ofrecido por los Atlas de Riesgos Urbanos, puedan dar respuesta al qué hacer (mitigar) en caso de un riesgo establecido. Actualmente existen metodologías de Programas Especiales de Protección Civil, pero son exclusivamente de protección civil y por lo tanto, tienen una visión reactiva y social; pero no existen programas que puedan mitigar el riesgo en la Ciudad, lo cual sería de mucha utilidad, que por medio de la Planeación Urbana, se pudiera prevenir a la población del peligro.

Estrategias específicas:

- Peligro

Para aquellas zonas en las que ya se encuentran asentamientos humanos, e incluso para aquellas en las que todavía no, se recomienda que las políticas de extracción de agua sean reguladas, de tal manera, que se detenga la extracción de agua y se recarguen los acuíferos.
- Exposición

Con base a los resultados obtenidos del escenario de riesgo, se identificó que la variable de exposición era la más alta o la más crítica de las tres variables evaluadas, pero en la que más se puede intervenir por medio de la Planeación Urbana. Las propuestas son las siguientes:

 - En las zonas afectadas detectadas, al menos en las más críticas, se propone la reubicación de la población, esto dicho por la Ley General de Protección Civil (2012) en el Artículo 87:

“En el caso de asentamientos humanos ya establecidos en Zonas de Alto Riesgo, las autoridades competentes con base en estudios de riesgos específicos, determinará la realización de las obras de infraestructura que sean

¹⁸ Ver Capítulo VIII. Conclusiones, sección de aportaciones.

necesarias para mitigar el riesgo a que están expuestas o, de ser el caso, deberán formular un plan a fin de determinar cuáles de ellos deben ser reubicados, proponiendo mecanismos financieros que permitan esta acción.”

- Otra alternativa que se sugiere, son las siguientes políticas propuestas por Ohara y Meguro (2008), algunas de ellas implementadas en California después del sismo de San Fernando en 1972. Básicamente, la política consiste en que las viviendas deshabitadas de la Ciudad sean ocupadas por aquella población que habita en zona de riesgo; y que las posibles personas o constructoras que deseen habitar y/o construir estas zonas de riesgo, sean “castigadas” con algunos impuestos (ver Tabla 32).

Tabla 32. Políticas concebibles para el control del uso de suelo

	Direct Policy	Indirect Policy
Repression of the population inflow	Regulation of new construction	Increase in tax for new construction
	Prohibition of new construction	Increase in property tax for existing buildings Disclosure of risk information
Promotion of population outflow	Relocation of existing buildings	Grant of relocation
	Regulation of extension or reconstruction of buildings	Preferential tax treatment for relocation
	Prohibition of extension or reconstruction of buildings	Increase in property tax for existing buildings.

Nota: Tomado de Ohara y Meguro (2018).

La implementación de esta política podría ser viable, al menos en la Ciudad de Aguascalientes; según el PDUCA 2040, expone que la Ciudad ha estado propensa a problemáticas de viviendas deshabitadas, incluso una de sus estrategias es incentivar la ocupación de las mismas. Esta propuesta estaría abierta a discusión de las diferentes independencias a intervenir. Por otro lado, un inconveniente de esta alternativa sería que, aunque la población afectada obtuviera hogares más seguros, aún habría probabilidad de estar en zona de riesgo, ya que todo el valle de Aguascalientes padece de hundimientos

(Pacheco, 2019), lo ideal sería generar asentamientos humanos después de la falla Oriente, es decir, fuera de los límites del valle.

- Por otro lado, se propone que, una vez reubicada la gente, o en caso de avistamiento de alguna falla, se destinen usos de suelos compatibles con la prevención y/o mitigación del riesgo. Como recomendación, algunos de los criterios generales que William Spangle and Associates (1980) proponen, son los siguientes:

ANNUAL PROBABILITY	COMMON PERCEPTION OF RISK		POSSIBLE CORRELATION OF LAND USES WITH THE ANNUAL PROBABILITY OF LOSS OF FUNCTION AND DAMAGE EXCEEDING 10% OF VALUE (2)
	FOR SIGNIFICANT ECONOMIC LOSS	FOR FATALITY (1)	
1:10	HIGH	HIGH (4)	5. OPEN SPACE, NON-STRUCTURAL USES
1:100	MODERATE (3)		
1:1,000	LOW	MODERATE (5)	4. CONVENTIONAL RESIDENTIAL, COMMERCIAL
1:10,000	NEGLECTIBLE		3. HIGH OCCUPANCY STRUCTURES
1:100,000			2. EMERGENCY FACILITIES
1:1,000,000		LOW (6)	1. NUCLEAR REACTORS, LARGE DAMS, ETC.

NOTES:

- (1) Starr, 1972, "Benefit-Cost Studies in Sociotechnical Systems", in *Perspectives on Benefit-Risk Decision Making*: National Academy of Sciences.
- (2) Use categories 1-4 from California State Legislature, Joint Committee on Seismic Safety, 1974, *Meeting the Earthquake Challenge*
- (3) The "100 year flood" is a criterion of an acceptable risk level for many types of land development. Exposure of capital to this risk level represents a self-insurance cost of 1%, which is probably tolerable to most investors in today's economic climate.

Figura 25. Posibles criterios de riesgo para usos de suelo

Nota: Tomado de William Spangle and Associates (1980).

En la tabla anterior se explican los criterios aconsejables para el posible uso de suelo, se establecen por pérdidas económicas por fatalidad, van de mayor riesgo a menor riesgo. Por ejemplo, se interpreta que entre más pérdida económica y más fatalidad, se recomiendan espacios abiertos; y ante un riesgo moderado con bajas pérdidas económicas se pueden aplicar estructuras de alta

ocupación, como edificios de varios niveles. De esta manera, y aplicado a nuestro estudio, en las zonas de mayor riesgo se pueden aplicar usos de suelos caracterizados por espacios abiertos, mientras que en las de bajo riesgo se les puede dar otra utilidad, o en las zonas contiguas a estas áreas pueden ser ocupadas por usos de suelos comerciales que no representen tanta exposición a la población.

Lo anterior va estrechamente ligado con el CUS (Coeficiente de Utilización del Suelo) y el COS (Coeficiente de Ocupación del Suelo). Se propone la revisión de estos factores para determinar la superficie y los niveles adecuados de construcción permisibles: si el riesgo es bajo, el valor de los factores se pueden mantener igual; de lo contrario, si el riesgo es alto, se podrían anular¹⁹.

En el párrafo anterior se mencionan los espacios abiertos como una solución de evasión al riesgo; según Nichols & Buchanan-Banks (1990), proponen algunos usos de suelo convenientes para los espacios afectados por fallas como son los siguientes: áreas de recreación (campos de golf, viveros, caminos de bici), cementerios, autopistas (paralelas a la fallas), estacionamientos, o depósitos de eliminación de residuos sólidos (bajo ciertas condiciones). Estos usos de suelo, a través de los Programas de Desarrollo Urbano enfocados a Riesgos Urbanos, podrían analizarse bajo la perspectiva social y de integración al tejido urbano social, de tal manera que no se fragmente la Ciudad y sea de utilidad para la población. De todas estas opciones, la más viable, al menos para la Ciudad de Aguascalientes, sería la de espacios de recreación, ya que según el PDUCA 2040 propone mayor dotación de áreas verdes para el uso de la población.

- Es importante notificar que las estrategias antes mencionadas son o han sido aplicadas a fallas por sismo, lo que significa que están diseñadas para un crítico grado de riesgo; sin embargo, se puede decir que son aplicables a las

¹⁹ Ver Capítulo VIII. Conclusiones, sección de aportaciones.

fallas por subsidencia, ya que aunque el peligro sea sutil y no súbito como el de un sismo, sigue siendo una amenaza a la población.

- Vulnerabilidad
 - En el caso de la vulnerabilidad, que fue la variable más afortunada, ya que prácticamente el riesgo es bajo en prácticamente toda la ZMA, se propone la realización de programas sociales que apoyen económicamente a las personas afectadas y que las puedan dotar de vivienda libre de peligro por fallas por subsidencia.
 - Fomentar la divulgación de la cultura preventiva, notificar a la población que están en zonas de peligro y que necesitan ser atendidas.
 - Realizar estudios de vulnerabilidad específicos y aterrizados a los peligros en particular. Según Wilches (1993), la vulnerabilidad es social, por lo tanto se propone la realización de una Encuesta o Censo de Vulnerabilidad que permita responder con certeza a los indicadores que establece CENAPRED para la medición de vulnerabilidad, obteniendo esto se podría saber con exactitud qué zonas son las más vulnerables y más urgentes a atender debido a su falta de capacidad de respuesta. Este procedimiento sería aplicable para todas las localidades estudiadas, y atendiendo a la solicitud de los Programas de Desarrollo Urbano de producir inventarios respecto a fallas.

Capítulo VIII. Conclusiones

La presente conclusión se estructura de la siguiente manera: en un primer apartado, se comenzará por dar una breve explicación del contenido del trabajo recepcional, haciendo énfasis en los resultados obtenidos del análisis del escenario de riesgo elaborado; en el segundo apartado, se expondrá el cuerpo de la conclusión que, primordialmente, se compone por las aportaciones que proporciona el presente trabajo y algunas limitaciones que se presentaron en el proceso (mismas que podrían implicar mejoras en un trabajo posterior); por último, en la tercera parte, se describen los desafíos que el presente estudio puede detonar en un futuro.

Conclusión general: Planeación Urbana y Riesgos

En general, se considera que el riesgo es un proceso integral de varios factores (peligro, exposición y vulnerabilidad) que, de alguna manera, pueden ser regulados o controlados. De estos tres factores, se estima que el peligro es en el que menos se puede ejercer control, ya que varios de los peligros son naturales, y sobre la naturaleza terrestre no se puede incidir directamente (sismos, inundaciones, huracanes, etc.). Por otro lado, se tiene a la vulnerabilidad; se considera que la vulnerabilidad es un aspecto de los más importantes, con base a los resultados obtenidos, se observa que es de vital importancia tomar en cuenta las circunstancias en que se encuentra la población, ya que se pueden descubrir las deficiencias de la misma y reducir su fragilidad ante el desastre. Asimismo, es necesario incluir a los actores correspondientes de lo social en la gestión del riesgo, es un paso que necesita dar como una de las alternativas principales para disminuir el riesgo. Y por último, la exposición; de ésta se podría decir que en la capacidad del ser humano está el poder de decidir inteligentemente dónde generar asentamientos humanos y evadir todas aquellas zonas que puedan poner en peligro su integridad, es aquí donde la Planeación Urbana, incluso desde el Ordenamiento Territorial, se tiene la destreza para poder organizar el espacio terrestre y asignar el uso pertinente a una superficie en específico.

A lo largo del trabajo, se ha reflexionado que la problemática de las fallas por subsidencia es un tema complejo debido a la ausencia de certidumbre, es decir, no se sabe dónde exactamente aparecerá una falla o hacia dónde se dirigirán aquellas ya existentes. Se

considera que lo importante en este tema es trabajar sobre los datos que se tienen y, seguramente, se podría obtener una vasta cantidad de información, como ejemplo está el presente trabajo, que se puede tomar como un punto de partida para la generación de políticas públicas para la reducción del riesgo. Con base a los resultados del presente, se observa que la Planeación Urbana puede ser una alternativa o herramienta poderosa para mitigar el riesgo, o incluso prevenirlo. Por lo tanto, siguiendo la misma dirección de las líneas de acción propuestas en el apartado de estrategias, a continuación se enuncian la síntesis y las aportaciones que nacen del presente estudio.

Síntesis del estudio

El proceso que se llevó a cabo para el desarrollo del estudio de riesgo y vulnerabilidad enfocado a fallas por subsidencia se puede resumir en tres fases que serán descritas brevemente a continuación:

- La primera fase se refiere a la consulta y estudio de la literatura revisada relativa a los riesgos, a la planeación urbana y a la subsidencia, asimismo, a la relación existente entre los tres. Este apartado es de suma importancia ya que es una breve introducción al universo de los riesgos, del cual, es muy importante destacar que el riesgo no es una variable independiente, sino un conjunto compuesto de tres variables: peligro, exposición y vulnerabilidad, de ellas, la variable de exposición es aquella en dónde la planeación urbana puede intervenir para reducir el riesgo. Por otro lado, en este apartado, se describe el peligro de fallas por subsidencia, mismo que fue seleccionado debido a su incidencia dentro de la zona de estudio. Es importante subrayar que el marco teórico contenido en este trabajo es significativo porque puede ser útil para enmarcar estudios futuros de desarrollo urbano enfocados a riesgos.
- La segunda fase trata de la metodología. Es importante mencionar en este apartado, que no existe alguna metodología oficial para evaluar el riesgo por fallas por subsidencia (al menos aquí en México), por lo tanto, se propuso la siguiente metodología:

- Se acotó la zona de estudio, de ser todos los municipios de la Zona Metropolitana de Aguascalientes (Aguascalientes, Jesús María y San Francisco de los Romo), el estudio se acotó solamente a las localidades urbanas contenidas en la ZMA (aquellas que tienen más de 2500 habitantes, esto basado en un criterio de CONAPO) ya que para evaluar efectivamente el riesgo se necesita que exista población y peligro.
- Para la evaluación del peligro (índice de peligro), se ideó un indicador que señalara la concentración de fallas en una superficie determinada. Las superficies aplicadas fueron las zonas determinadas por las zonificaciones primarias de los Programas de Desarrollo Urbano de cada ciudad (consolidación, mejoramiento, conservación y crecimiento). Este se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$I_p = \frac{\textit{Longitud de fallas}}{\textit{Superficie}}$$

- Para la evaluación de la exposición (población afectada), el desarrollo fue complejo, ya que se ideó un proceso para obtener específicamente el número aproximado de habitantes que se encontraban dentro del área de restricción de la falla. Para llegar a esta cantidad, se obtuvo la densidad de población por manzana (habitantes por manzana sobre la superficie de la manzana) y se multiplicó por la superficie de afectación, para así tener el número aproximado de población afectada:

$$P_a = (\textit{Hab/Sup})S_a$$

- Para la evaluación de la vulnerabilidad social, se aplicó el índice de marginación diseñado por CONAPO, que establece rangos de vulnerabilidad, por lo tanto, según la ubicación de la zona de peligro, se le asigna automáticamente el atributo (muy alto, alto medio, bajo, muy bajo).
- Por último, para obtener la evaluación de riesgo, se multiplican las tres variables antes mencionadas (cada una de ellas tiene un valor asignado según su rango, ver metodología):

$$\textit{Riesgo} = \textit{Peligro} \times \textit{Exposición} \times \textit{Vulnerabilidad}$$

- La tercera fase describe los resultados del escenario de riesgo. Los resultados del escenario son una serie de mapas semaforizados por localidad urbana y por variable. En estos productos, se refleja cuáles son las zonas más críticas y de atención prioritaria respecto a cada una de las variables. Los resultados pueden resumirse en la siguiente tabla:

Tabla 33. Resultado de Riesgo en la Zona Metropolitana de Aguascalientes

	Peligro	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo
Aguascalientes	Alto	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo
Jesús María	Medio	Muy alto	Alto	Bajo
San Francisco de los Romo	Muy alto	Muy alto	Medio	Muy bajo

Nota: Elaboración propia.

- Prácticamente, el resumen del estudio se reduce a lo anteriormente mencionado. Adicionalmente a lo anterior, también se diseñaron escenarios de planeación urbana en donde se vislumbra que el peligro seguirá en crecimiento, por lo tanto, en un futuro (aproximadamente al 2030), habrá un mayor número de población afectada sino se hace algo por evitarlo. Es por eso que el presente estudio podrá aportar estrategias y/o recomendaciones que puedan disminuir y prevenir el riesgo:

Aportaciones

Con base a lo expuesto en la síntesis de trabajo recepcional, se estructuran las siguientes aportaciones:

1. Estrategia general para la modificación del COS y el CUS.

Con base al escenario de riesgo realizado en el presente trabajo (y bajo la metodología propuesta), se obtiene que la variable de riesgo evaluada con mayor grado es la de exposición, lo cual indica que existen problemas de alta concentración de población en zonas afectadas, situación que va ligada al control de la densidad de construcción de dichas zonas.

Por lo tanto, y recapitulando, Hewitt (1997), argumenta que los peligros son maximizados por la rápida urbanización y la mayor concentración de personas en

centros urbanos. Asimismo, comenta que las zonas altamente pobladas y densamente ocupadas con estructuras, como grandes edificios, pueden traer consigo fuertes calamidades. Paralelamente, Yang et al. (2015), argumentan que, en China, uno de los factores que ha sido de crucial importancia para el aumento de la subsidencia (peligro en cuestión) es la construcción urbana y el impacto negativo que trae la misma en la capacidad de carga del suelo, siendo esta última, pieza clave para el adecuado desarrollo urbano.

Con base a lo anterior y al análisis realizado en el presente estudio, se recomienda la siguiente solución al problema identificado mediante la modificación del Coeficiente de Ocupación del Suelo y el Coeficiente de Utilización del Suelo actuales²⁰ para disminuir el porcentaje de superficie de construcción y la superficie de desplante según la cercanía que exista hacia la falla y la capacidad de carga del suelo, lo anterior descrito con el objetivo de reducir el riesgo en zonas propensas a urbanización.

Según el PDUCA 2040 (basado en el Código de Ordenamiento Territorial, Desarrollo Urbano y Vivienda del Estado de Aguascalientes), el COS se define de la siguiente manera:

El COS es el factor que multiplicado por el área total de un lote o predio, determina la máxima superficie de desplante edificable del mismo, excluyendo de su cuantificación las áreas ocupadas por sótanos. El COS es un coeficiente de utilización máximo, por lo que las construcciones dentro de un predio podrán tener una superficie de desplante menor a la establecida de forma directa al multiplicar el tamaño de predio por el COS máximo reglamentado.

Y el CUS, con base a las mismas fuentes, se define así:

El CUS es el factor que multiplicado por el área total de un lote o predio, determina la máxima superficie de desplante edificable del mismo; excluyendo de su cuantificación, la áreas ocupadas por sótanos. El CUS también permite

²⁰ Con base a la revisión de los programas de planeación actuales de los tres municipios que conforman la zona metropolitana, se identificó que sólo la Ciudad de Aguascalientes determina el COS y el CUS, por lo tanto, sólo se tomó en cuenta este último para ejemplificar la propuesta.

saber cuántos niveles de construcción pueden ser edificados en un lote, aunque en ocasiones, este es confundido con el número de piso o niveles permitidos.

Los factores que se toman en cuenta para la asignación del COS y el CUS son los siguientes (PDUCA 2040, pág. 384; ver Figura 26):

- Espacio para la ventilación natural de los inmuebles.
- Asoleamiento crítico de invierno a predios vecinos.
- Disminuir las islas de calor provocadas por el exceso de construcción o impermeabilización de las superficies de terreno natural.
- Propiciar infiltración de aguas al subsuelo.

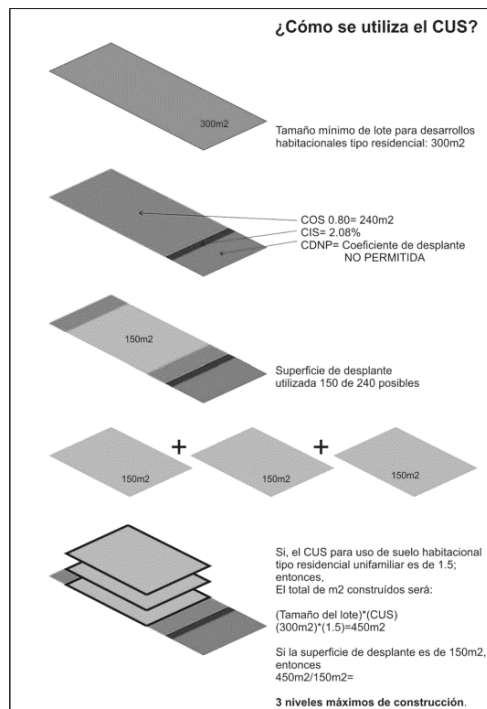


Figura 26. Representación gráfica del COS y CUS

Nota: Tomado del PDUCA 2018.

Para el Estado de Aguascalientes, el artículo no. 289 del COTEDUVI, propone el COS y el CUS según el uso de suelo correspondiente (ver Tabla 34) y, específicamente, el PDUCA 2040 propone otros coeficientes para la Ciudad de Aguascalientes (ver Tabla 35).

Tabla 34. Propuesta del COS y el CUS con base al COTEDUVI

Uso de suelo	COS	CUS
Tipo rural	10%	1
Tipo campestre	50%	1
Tipo residencial horizontal	80%	1,5
Tipo residencial vertical	60%	3
Tipo medio horizontal	85%	1,5
Tipo medio vertical	65%	5
Tipo popular o de interés social horizontal	85%	2
Tipo popular o de interés social vertical	65%	5

Nota: Tomado del COTEDUVI, 2018.

Tabla 35. Propuesta del COS y el CUS con base al PDUCA 2018

Tipo de uso suelo	COS rango	CUS máximo
Popular unifamiliar	85%	2
Medio unifamiliar	85%	1.5
Residencial unifamiliar	80%	1.5
Desarrollo especial habitacional ecológicos unifamiliar	85%	2
Desarrollo multifamiliar vertical en fraccionamiento de origen popular	65%	3.2
Desarrollo multifamiliares verticales en fraccionamientos de medio y habitacional mixto	65	5
Desarrollo multifamiliares verticales en fraccionamientos de baja densidad	60	5
Desarrollo especial habitacional ecológico unifamiliar	50	3.2
Habitacional multifamiliar vertical en zona de conservación	10	1
Habitacional multifamiliar horizontal en zona de conservación	30	.45
Desarrollo multifamiliar tipo popular con características de fraccionamientos mayores a 1400m ²	65	3.2
Desarrollo multifamiliar tipo medio con predio mayor 2300m ²	65	5
Desarrollo multifamiliar tipo residencial con predio mayor a 3840m ²	60	5

Nota: Tomado del PDUCA 2018.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante mencionar que en esta estrategia no es tan relevante las cifras numéricas de los coeficientes, sino los factores que se tomaron en cuenta para obtener los porcentajes, y es precisamente en estos factores

donde el presente documento propone incidir. También, es importante aclarar, que sólo se tomaron los usos de suelo habitacionales, ya que como se ha visto a lo largo del presente documento, sólo se ha trabajado con suelos habitacionales porque es donde se encuentra la mayor concentración de población.

Con base a lo anterior, y siguiendo la misma dirección de las líneas de acción argumentadas en el apartado de estrategias del presente documento, se propone una redefinición del COS y el CUS siguiendo las siguientes sugerencias:

- Se propone que con base a la ejecución de estudios geológicos específicos, se delimiten zonas o áreas de afectación efectiva, y que éstas trabajen con las siguientes condiciones (ver Tabla 36):

Tabla 36. Propuesta de criterios para la modificación del COS y el CUS

Riesgo	COS	CUS
Alto	Se anula. Se prohíbe todo tipo de edificación.	Se anula.
Medio	Se presenta una reducción al COS actual.*	Se presenta una reducción al CUS actual.*
Bajo	Se reduce/mantiene el COS actual.*	Se reduce/mantiene el CUS actual.*

Nota: Será definido con base a los estudios geológicos y de capacidad de carga del suelo. Elaboración propia.

- Para poder ejemplificar la Tabla 36, se realizó la siguiente sección (ver Figura 29), en donde se visualizan las áreas de afectación (en este caso, para fines prácticos, se tomaron las restricciones del PDUCA 2018, ver Figura 27 y Figura 28, pero es importante aclarar que estas zonas deben que ser definidas mediante un estudio geológico) y la propuesta de criterios correspondientes para la modificación del COS y CUS. Se puede observar que en la zona roja se prohíbe cualquier tipo de construcción, y se propone un uso de suelo recreativo o área verde (ver propuestas de uso de suelo en el Capítulo VII. Estrategias); en la zona amarilla se propone una reducción al COS y el CUS que se tenga definido para esa zona; y en la zona verde, se reducen o se mantienen los coeficientes. Estas dos últimas zonas se apejarán a los resultados que arrojen los estudios pertinentes.



Figura 27. Sección de restricción, 10 m.

Nota: Tomado de PDUCA 2018.

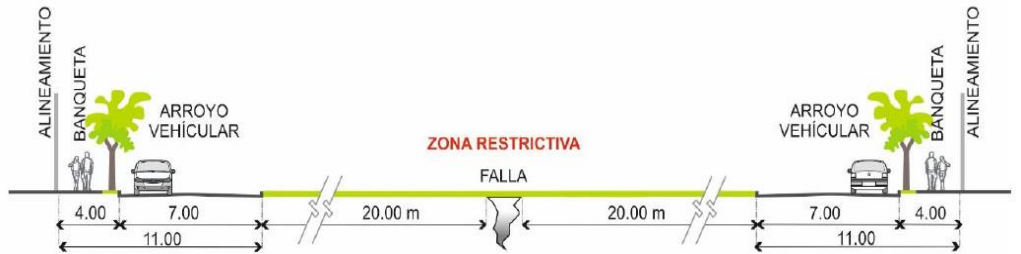


Figura 28. Sección de restricción, 20 m.

Nota: Tomado de PDUCA 2018.

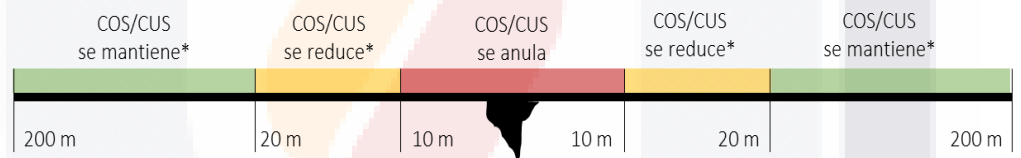


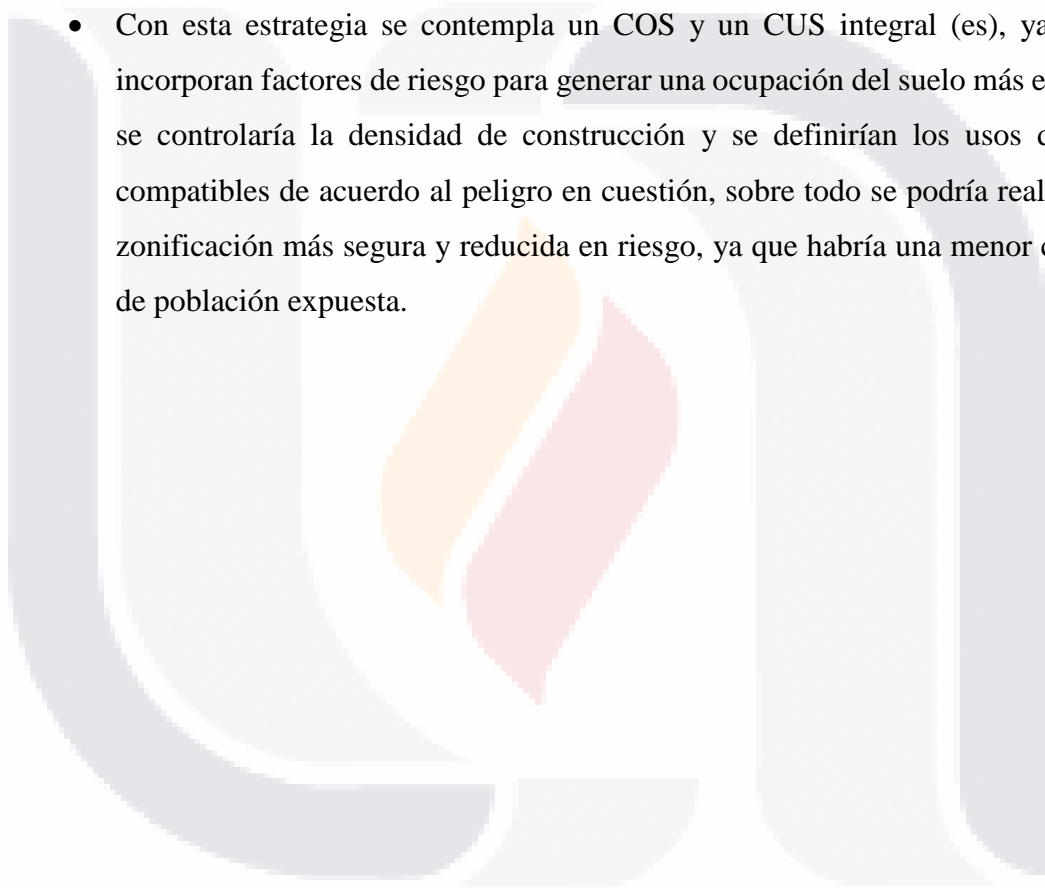
Figura 29. Sección con criterios propuestos del COS y el CUS.

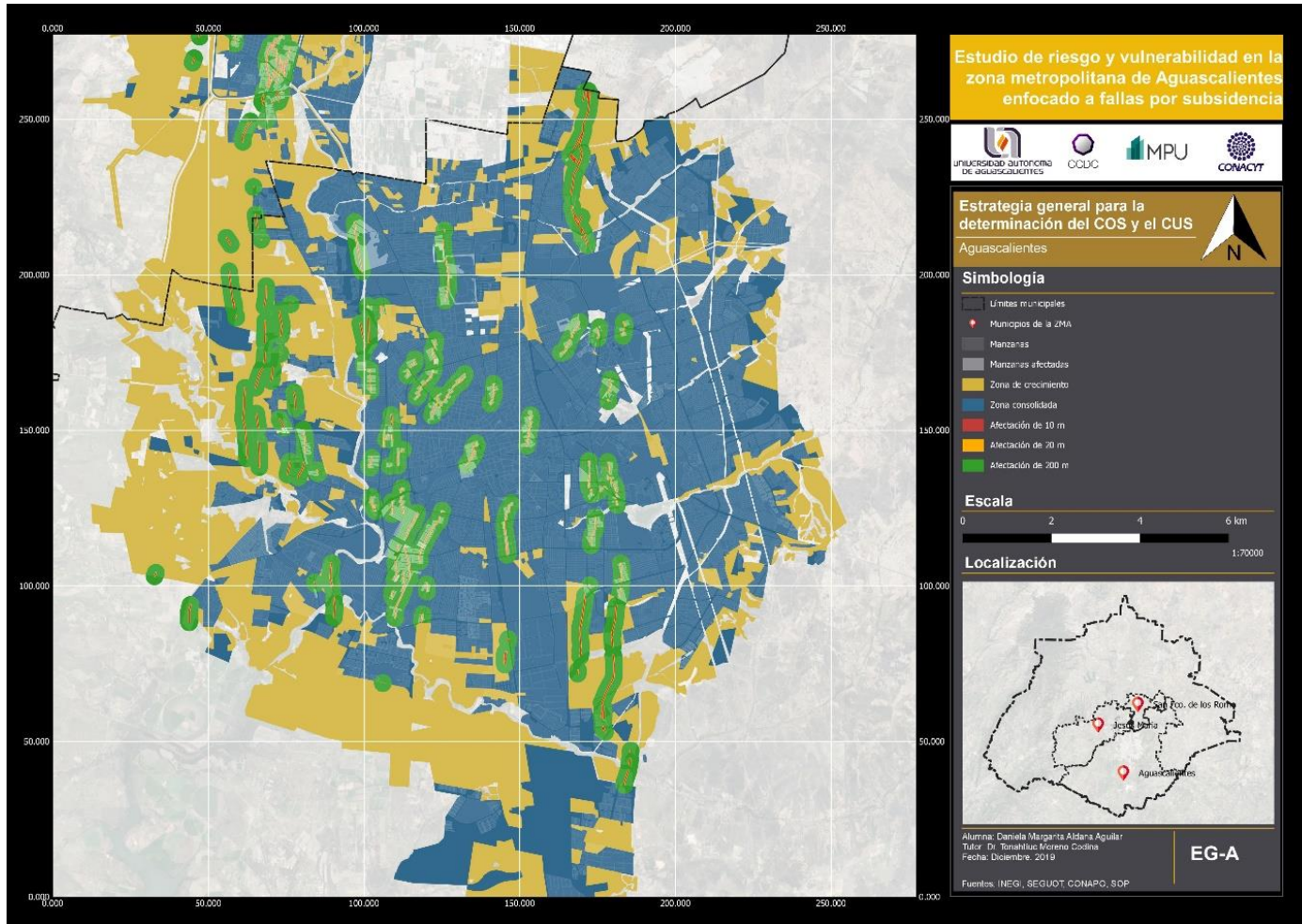
Nota: Tomado de PDUCA 2018.

- Con estos criterios, se realizaron tres mapas (uno de cada municipio que comprende la Zona Metropolitana de Aguascalientes; ver Mapa 20, Mapa 21, Mapa 22) que reflejan la estrategia anteriormente planteada. Los mapas representan las zonas urbanas consolidadas (azul) y las zonas de futuro crecimiento (amarillo); sobre de ellas se localizan puntualmente las fallas por subsidencia existentes hasta ahora, de estas mismas se despliegan las áreas de afectación definidas por el PDUCA 2040 (aunque este criterio es específicamente de la Ciudad de Aguascalientes, se aplicó a los tres municipios, ya que los dos restantes no especificaban la restricción). Las áreas de afectación van de 10 metros, 20 metros hasta 200 metros (ésta última cifra consultada en entrevista con

el Doctor Jesús Pacheco, miembro académico del Comité Interinstitucional de Fallas Geológicas del Estado de Aguascalientes).

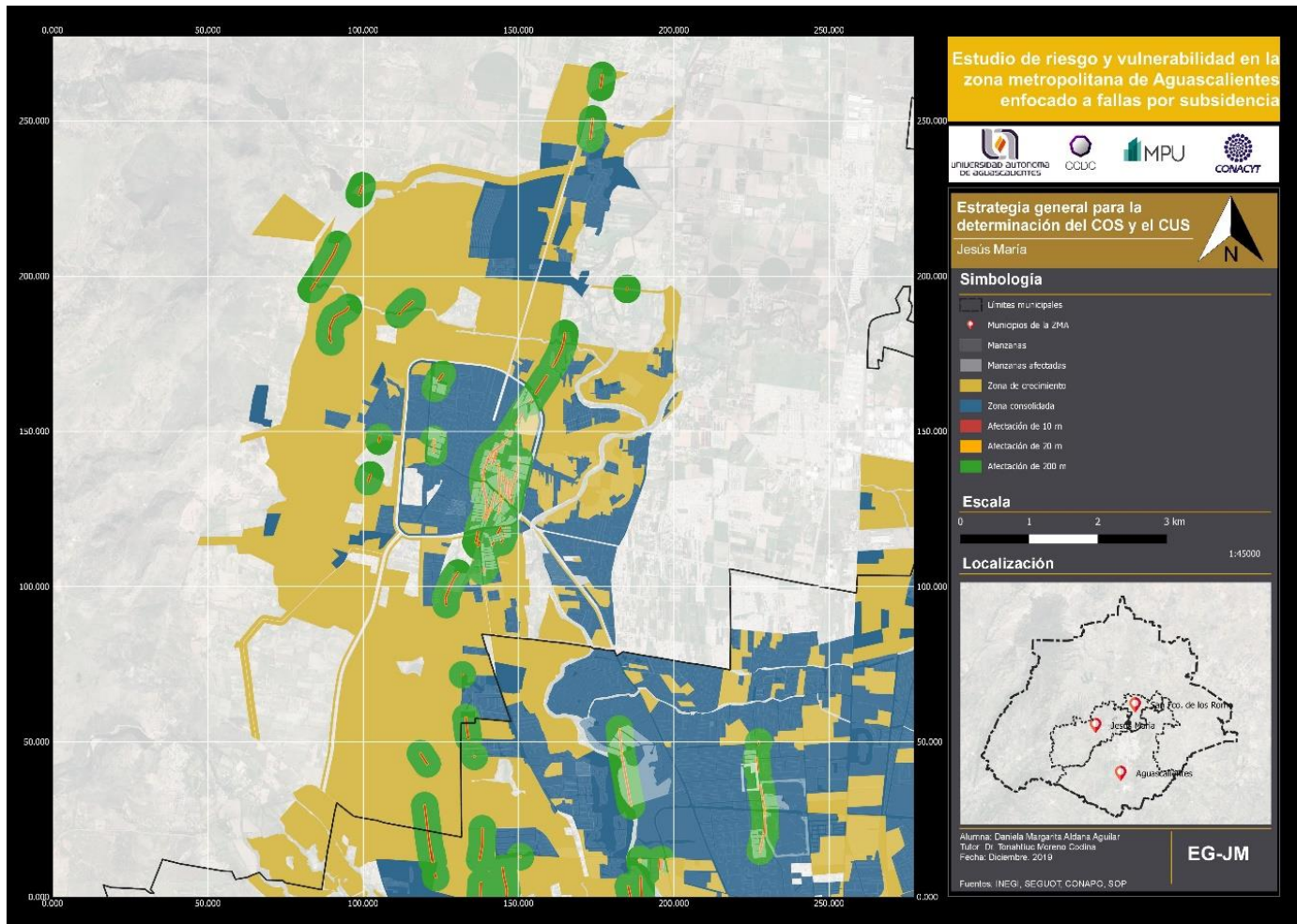
- Es importante mencionar que esta estrategia tendría mayor viabilidad en zonas de crecimiento ya que son zonas en las que aún se pueden prevenir asentamientos en áreas de peligro. En zonas consolidadas se llevaría un proceso más complejo ya que se tendría que reubicar a la población y generar programas para la re-planeación de alguna zona en específico.
- Con esta estrategia se contempla un COS y un CUS integral (es), ya que se incorporan factores de riesgo para generar una ocupación del suelo más eficiente, se controlaría la densidad de construcción y se definirían los usos de suelo compatibles de acuerdo al peligro en cuestión, sobre todo se podría realizar una zonificación más segura y reducida en riesgo, ya que habría una menor cantidad de población expuesta.





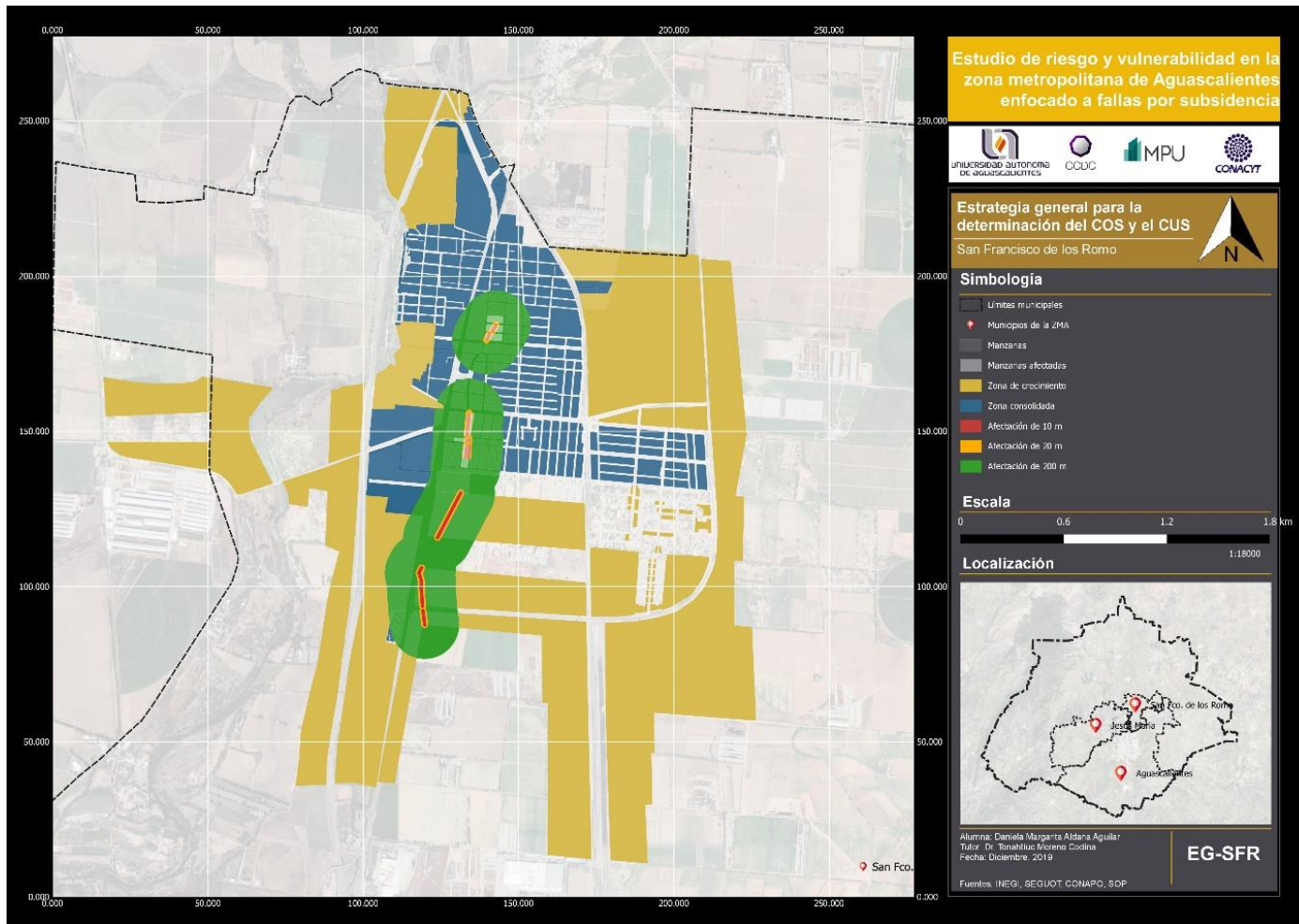
Mapa 20. Estrategia general para la determinación del COS y el CUS, Ciudad de Aguascalientes

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 21. Estrategia general para la determinación del COS y el CUS, Ciudad de Jesús María.

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 22. Estrategia general para la determinación del COS y el CUS, Ciudad de San Francisco de los Romo

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.

2. Zonas críticas de atención

Los resultados generales apuntan que el riesgo por fallas por subsidencia en la Zona Metropolitana de Aguascalientes es de Bajo a Muy bajo, no obstante, el riesgo existe y es necesario reducirlo; de hecho, con base a los escenarios de planeación propuestos en el presente trabajo, se indica que las afectaciones en un futuro irán en crecimiento sino se actúa de manera adecuada. Por lo tanto, con base al escenario de riesgo elaborado, se identificaron aquellas zonas en donde el riesgo es más elevado y donde se necesita priorizar la atención, éstas son las siguientes:

- Ciudad de Aguascalientes

En la Ciudad de Aguascalientes, se detectó que la zona crítica está ubicada en el cuadrante Sur-Poniente. Estas manzanas corresponden a la Colonia Insurgentes, y con base al escenario de riesgo presentado, resultan ser de muy alta exposición y alta vulnerabilidad. Dentro de la vulnerabilidad (con base al índice de marginación de CONAPO), los indicadores que destacan por su deficiencia es el de *promedio de escolaridad* (la mayoría de las personas tienen un grado de escolaridad promedio de primaria) y el de *ingresos de hasta dos salarios mínimos*; lo anterior indica una baja capacidad a reponerse ante a una afectación y/o desastre (ver Tabla 37). Es importante señalar, que aparte de resultar la zona con más riesgo por fallas por subsidencia en la ciudad, es una de las zonas con más incidencia de inundaciones según CENAPRED (CENAPRED, 2019a). A pesar de que el PDUCA 2040 contempla a la Colonia Insurgentes como una de todas las colonias afectadas, el presente estudio arroja que es una de las más afectadas y que se le debería de asignar una atención prioritaria respecto a las demás (ver Mapa 23).

Tabla 37. Identificación de zona crítica en la Ciudad de Aguascalientes

Variables	Datos importantes	
Peligro	Índice de peligro en zona consolidada	Medio- Alto (450 metros por Km2)
Exposición	Colonia	Insurgentes
	Habitantes	272
	Superficie	8391.5 m2 (0.83 Ha)
Vulnerabilidad	No. de manzanas afectadas	7
	Indicadores que presentan deficiencias	Grado promedio de escolaridad (hasta primaria).
		Ingresos de hasta dos salarios mínimos.

Nota: elaboración propia con base a los resultados obtenidos.



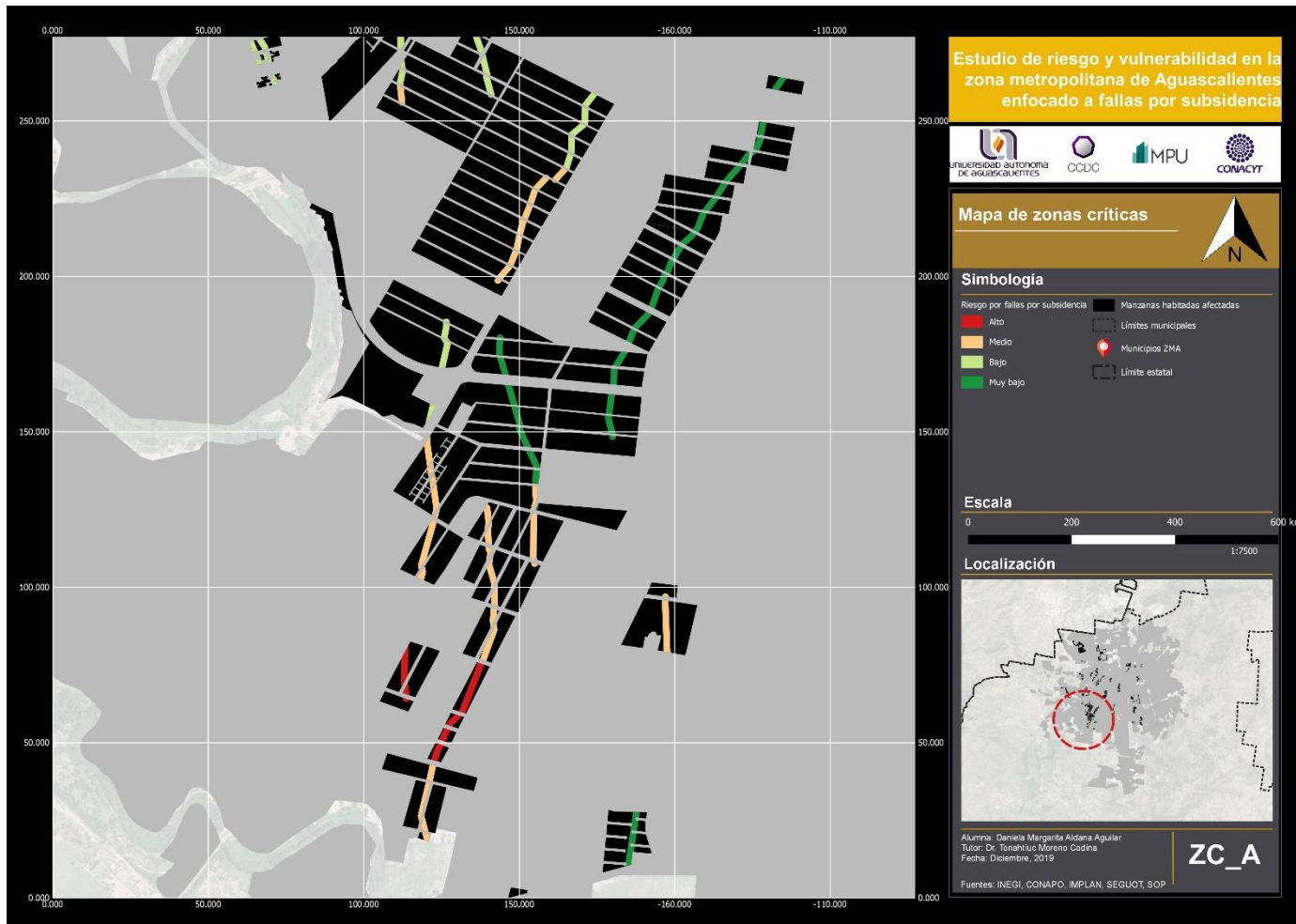
Figura 30. Vista Norte, zona crítica en Ciudad de Aguascalientes.

Nota: Tomado de Street View, Google Earth (2019).



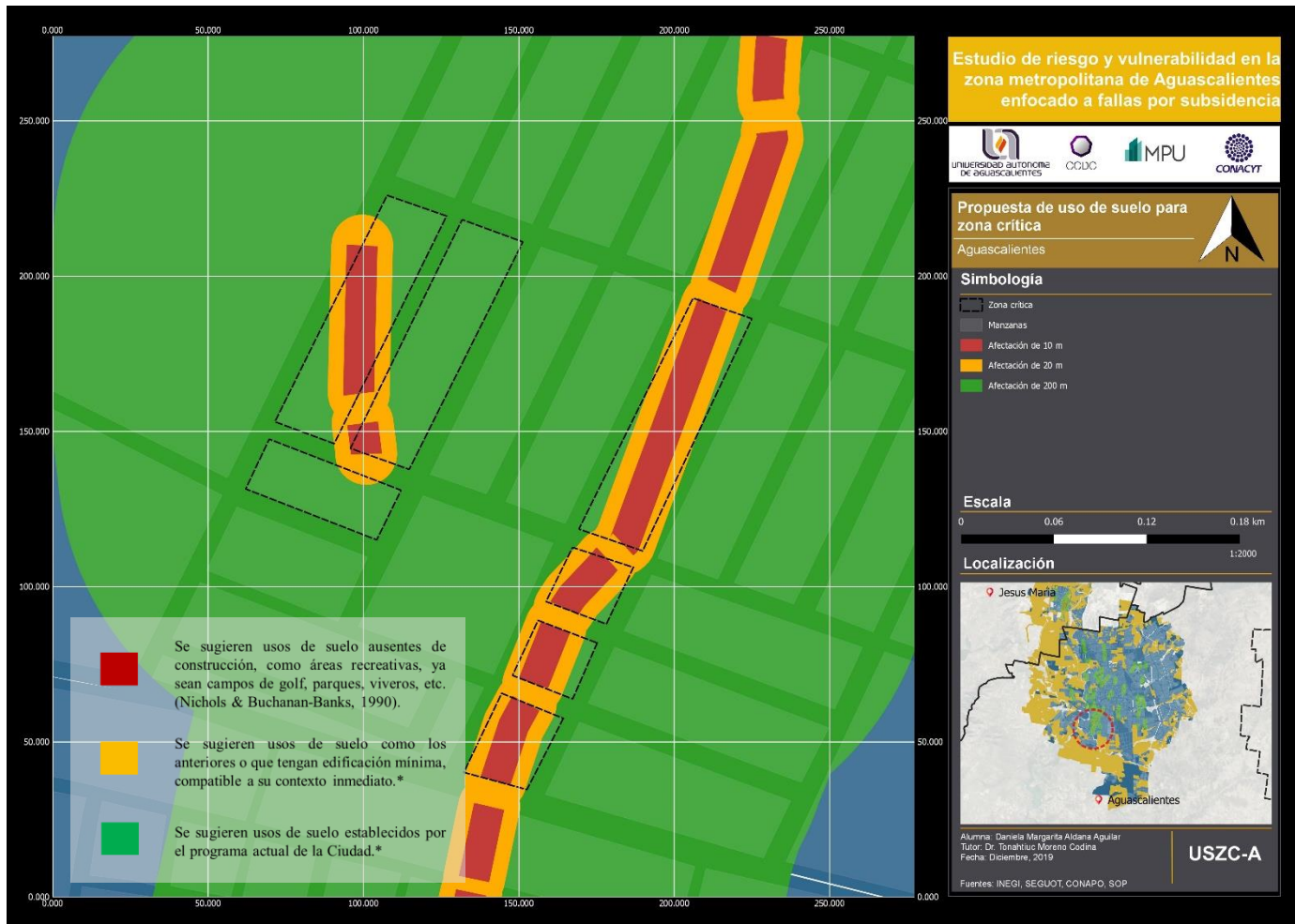
Figura 31. Vista Sur, zona crítica en Ciudad de Aguascalientes.

Nota: Tomado de Street View, Google Earth (2019)



Mapa 23. Mapa de zona crítica de la Ciudad de Aguascalientes.

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 24. Propuesta de uso de suelo para zona crítica.

Nota: *Estas sugerencias están sujetas a previos estudios geológicos. Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.

Se sugiere una propuesta de los posibles usos de suelo que pueden aplicarse a la zona en cuestión (ver Mapa 24). De acuerdo con las recomendaciones de los criterios del COS y CUS realizadas en el apartado anterior, se propone que con base a la detección de áreas efectivas de afectación, se aplique al primer radio un uso de suelo recreativos, es decir, que no tengan como fin último la construcción o la edificación; al segundo radio, se aplicaría un uso de suelo similar al primero y probablemente con alguna edificación (según el COS que se permita); y para el tercer radio, se respetaría la zonificación por el programa en vigencia.

Por otro lado, se detectó que la zona crítica, al ser intervenida dentro de una zona consolidada, necesita cierta incorporación al tejido urbano, es decir, no puede ser una intervención aislada e incomunicada con su contexto inmediato, sino que debe de haber una estrategia particular para poder fusionar la intervención con lo consolidado. Por lo tanto, se propone un Proyecto de Integración Urbana que pueda unir de manera adecuada la intervención con sus alrededores.

- Ciudad de Jesús María

En la Ciudad de Jesús María se detectó un grado de riesgo bajo distribuido uniformemente en toda la ciudad (exactamente la zona centro), es decir, no hay zonas que puedan destacar por estar en alto riesgo. No obstante, con base a los resultados particulares de cada variable, se identificaron zonas de alta exposición y de alta vulnerabilidad que son las que se sugieren que sean de atención prioritaria (ver Tabla 38). Cabe mencionar que estos datos no se mencionan en el Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Jesús María 2035, lo cual sería una aportación importante para éste último (ver Mapa 25).

Tabla 38. Identificación de zona crítica en la Ciudad de Jesús María

Variable	Datos importantes	
Peligro	Índice de peligro en zona consolidada	Bajo (132 metros por Km2)
Exposición	Colonia (más expuestas y más vulnerables en negritas)	Benigno Chávez Martínez Andrade Lomas del Valle Agua Clara Agua Zarca Los manantiales Residencial Jesús María Los Arroyitos
Vulnerabilidad	Habitantes	827
	Superficie	73, 390 m2 (7.33 Ha)
	No. de Manzanas	23
	Indicadores que presentan deficiencias	Grado promedio de escolaridad (hasta primaria). Ingresos de hasta dos salarios mínimos.

Nota: elaboración propia con base a los resultados obtenidos.

Al igual que la Ciudad de Aguascalientes, se proponen las mismas soluciones ya mencionadas en el apartado anterior (ver Mapa 26). Paralelamente a esto, se proponen programas sociales que aporten a la situación de riesgo en la que viven las personas en estas zonas.



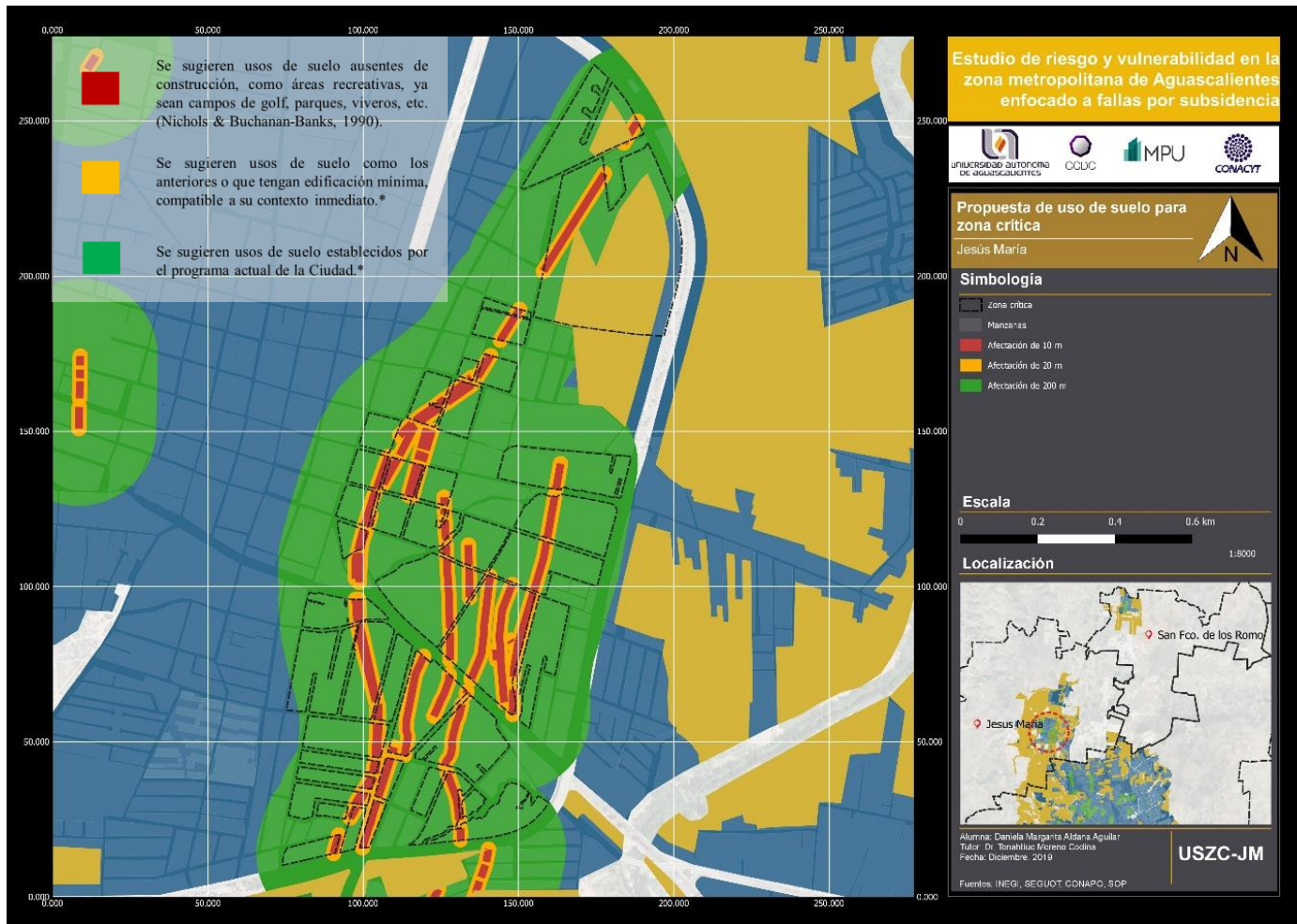
Figura 32. Vista de zona crítica de la Ciudad de Jesús María.

Nota: Tomado de Street View, Google Earth (2019).



Mapa 25. Mapa de zona crítica de la Ciudad de Jesús María.

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 26. Propuesta de uso de suelo para zona crítica, Ciudad de Jesús María.

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.

- Ciudad de San Francisco de los Romo

En la Ciudad de San Francisco de los Romo se detectó que el grado más alto de riesgo es en las colonias Cedros e Hidalgo, esto debido a su alta exposición, es decir, fueron las manzanas con mayor cantidad de habitantes expuestos dentro de la Ciudad. Asimismo, al igual que la Ciudad de Jesús María, en el Programa de Desarrollo Urbano de la esta ciudad, se detecta la problemática más no se puntualiza, lo cual los datos obtenidos de este estudio serían una aportación importante al Desarrollo Urbano de la Ciudad de San Francisco de los Romo (ver Tabla 39 y Mapa 27).

Tabla 39. Identificación de zona crítica en la Ciudad de San Francisco de los Romo

Variable	Datos importantes	
Peligro	Índice de peligro en zona consolidada	Alto (704 metros por Km2)
Exposición	Colonia	Cedros Hidalgo
	Habitantes	107
	Superficie	6,467 m2 (.64 Ha)
	No. de Manzanas	2
Vulnerabilidad	Indicadores que presentan deficiencias	Grado promedio de escolaridad (hasta primaria).

Nota: elaboración propia con base a los resultados obtenidos.

Para San Francisco de los Romo, se proponen las mismas soluciones de uso de suelo vistas anteriormente (ver Mapa 28).

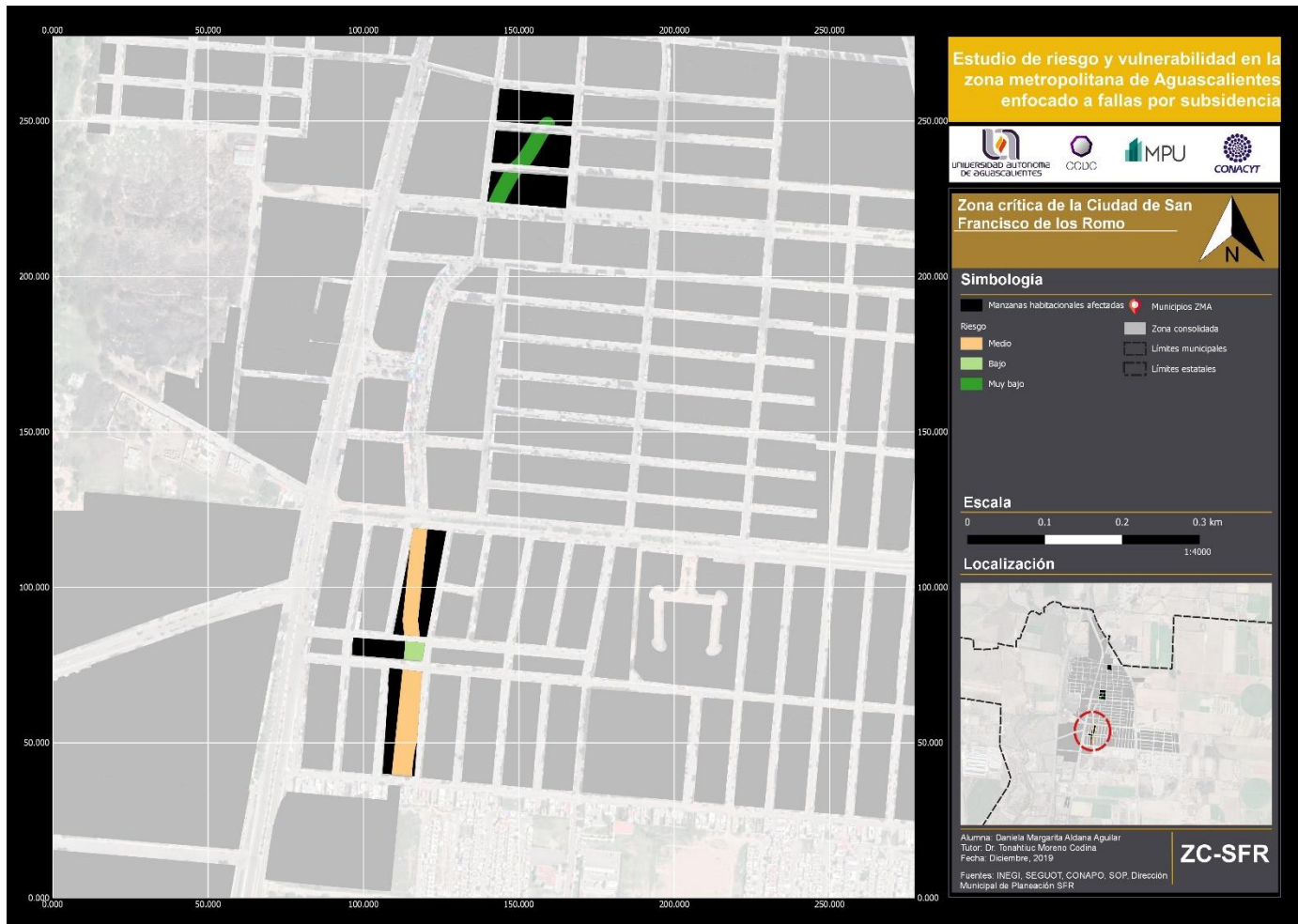


Figura 33. Vista de zona crítica de la Ciudad de San Francisco de los Romo.

Nota: Tomado de Street View, Google Earth (2019).

Para concluir este apartado de zonas críticas, se podría decir que las zonas críticas de riesgo son de más impacto en Jesús María, por lo tanto, si se realizará una acción metropolitana para reducir el riesgo por fallas por subsidencia se sugiere que la zona de atención prioritaria sea Jesús María.





Mapa 27. Mapa de la zona crítica de San Francisco de los Romo.

Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.



Mapa 28. Propuesta de uso de suelo para zona crítica, Ciudad de San Francisco de los Romo.
Nota: Elaboración propia. Ver fuente al final del documento.

3. Propuesta de Programas de Desarrollo Urbano enfocados a Riesgos Urbanos

Se considera que una de las aportaciones más relevantes de este estudio, es la propuesta de un Programa de Desarrollo Urbano enfocado a Riesgos Urbanos. El objetivo de esta propuesta es replantear la manera en la que se planea la ciudad, ya que el peligro siempre va a existir, y la manera de evitarlo es con una planeación urbana adecuada, seguida de la implementación de condiciones sociales de calidad. Se propone que este programa comprenda una estructura similar a la del presente estudio:

- a. Identificación de los peligros urbanos (aquellos que se presentan en las zonas planeadas para la urbanización).
- b. Generación de escenarios de riesgo.
- c. Recomendaciones estratégicas, como la detección de áreas efectivas de afectación y proyectos de integración urbana.

Este tipo de programa se podría realizar uno por cada peligro presente, incluso podría ser un complemento a los Programas de Desarrollo Urbano. Se considera que este programa fortalecería el vínculo entre las condiciones de peligro que el territorio presenta con la estructura conveniente de los asentamientos humanos.

4. Políticas públicas enfocadas al riesgo

La tercera parte de las conclusiones y aportaciones del presente trabajo es que, el riesgo como tal, es un tema integral y multidisciplinario, es decir, la planeación urbana no es la única que interviene en la Gestión Integral del Riesgo, sino que también van incluidas cuestiones sociales. Con base a los resultados, se pudieron identificar aquellos indicadores sociales que hacen que la población sea más vulnerable, esto da pie a que el riesgo va más allá que una cuestión de regular los asentamientos humanos, sino que apunta a mejorar las condiciones sociales de la población. Por lo tanto, se concluye que lo ideal sería generar políticas públicas enfocadas a la mejora de las condiciones sociales, como escolaridad e ingresos, ya que esto aumentaría la resiliencia de la población. Esta información es una aportación importante, ya que los estudios que se han hecho hasta ahora en cuestión de fallas por

subsidencia en Aguascalientes contemplan cuestiones técnicas o físicas, más no sociales.

Limitantes del trabajo

En el desarrollo del presente trabajo, se detectaron algunas limitantes para la realización precisa del escenario de riesgo:

- a. La primera, respecto a la evaluación de la exposición, no se tienen parámetros exactos de exposición. Por ejemplo, CENAPRED (Flores Corona, 2006), establece rangos de exposición que van de 1 a más de 5000 habitantes, por lo tanto, si se basaba en aquellos rangos, la variable de exposición hubiera salido muy baja. Por lo tanto, se procedió a evaluarla con un criterio a escala que da como resultado cuál zona es la que concentra más población. Tal vez sea necesario, para estudios posteriores, establecer rangos más analizados.
- b. La segunda fue la evaluación de vulnerabilidad. CENAPRED (Flores Corona, 2006), considera que la evaluación de la vulnerabilidad se divide en dos: física y social, ésta última se mide mediante tres etapas: medición con indicadores, encuesta de capacidad de respuesta y encuesta de percepción local. En el presente estudio, sólo se aplicó la evaluación de la vulnerabilidad social mediante indicadores (índice de marginación), ya que una evaluación completa, como la que propone CENAPRED, es muy laboriosa y compleja. Se propone, específicamente para el peligro de fallas por subsidencia, se realice un inventario de vulnerabilidad física y un censo de vulnerabilidad social para un estudio posterior para resultados más precisos. No obstante, los resultados obtenidos en este estudio, arrojaron datos muy importantes que dejan sembradas las inquietudes para investigaciones posteriores.
- c. Por último, es importante resaltar que, hasta ahora, no existen mecanismos para predecir fallas por subsidencia, se puede averiguar qué zona tiende al hundimiento, más no identificar exactamente aparecerá una falla, esto puede ser un obstáculo para el futuro desarrollo urbano, pero puede ser minimizado con los estudios geológicos pertinentes.

Nuevos desafíos

Para finalizar la conclusión del presente trabajo, se enlistan las siguientes propuestas para dar continuidad al estudio del riesgo enfocado a la planeación urbana:

- a. Estudio de equipamiento urbano y accesibilidad en caso de emergencias.
- b. Propuestas para rutas de evacuación urbanas.
- c. Estudio de género en situaciones de riesgo.
- d. Estudio prospectivo de riesgo para población envejecida.
- e. Análisis de peligros urbanos mixtos, antrópicos y naturales (empalme de ellos).
- f. Investigaciones preventivas de zonas de subsidencia para la planeación de zonas de crecimiento urbanas.
- g. Estudios de aspectos económicos, por ejemplo, calcular la pérdida de bienes o infraestructura en sentido monetario.
- h. Estudios de ventajas ambientales con base a peligros, por ejemplo en el caso de las fallas por subsidencia, se pueden aprovechar las mismas para infiltración de agua.
- i. Gestión de Riesgos en zonas rurales.

Síntesis de estrategias y aportaciones

A continuación se presenta un esquema síntesis de las estrategias propuestas en el presente trabajo (ver Figura 34). Se consideró importante realizarlo para tener una visión global de los que el tema de los riesgos puede abarcar, en este caso, se abordó solamente la cuestión urbana que puede ser aplicable mediante dos vías: la programación o la normalización de las recomendaciones aquí propuestas (mediante políticas públicas). Por otro lado, se observa que las iniciativas restantes también deberían ser tomadas en cuenta para generar una gestión integral del riesgo. Por último, se evidencia que las sugerencias comprenden los tres niveles de gobierno, lo cual también es importante porque la reducción del riesgo necesita políticas generales que aterricen en acciones específicas.

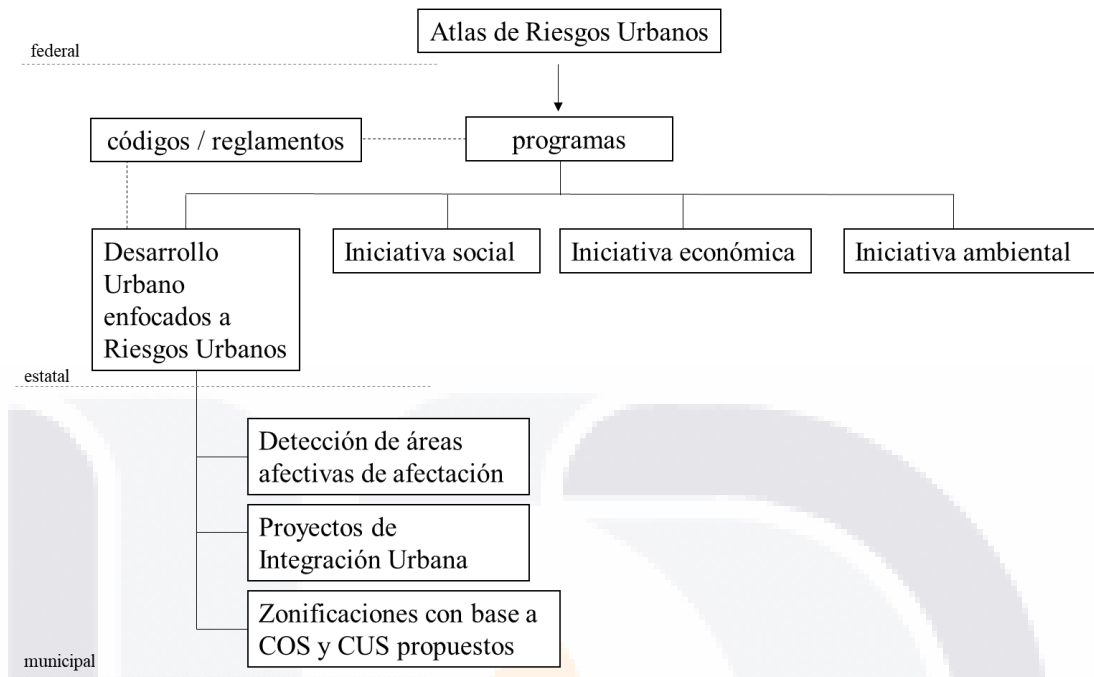


Figura 34. Proceso de aplicación de las estrategias propuestas en el presente estudio.
 Nota: Elaboración propia.

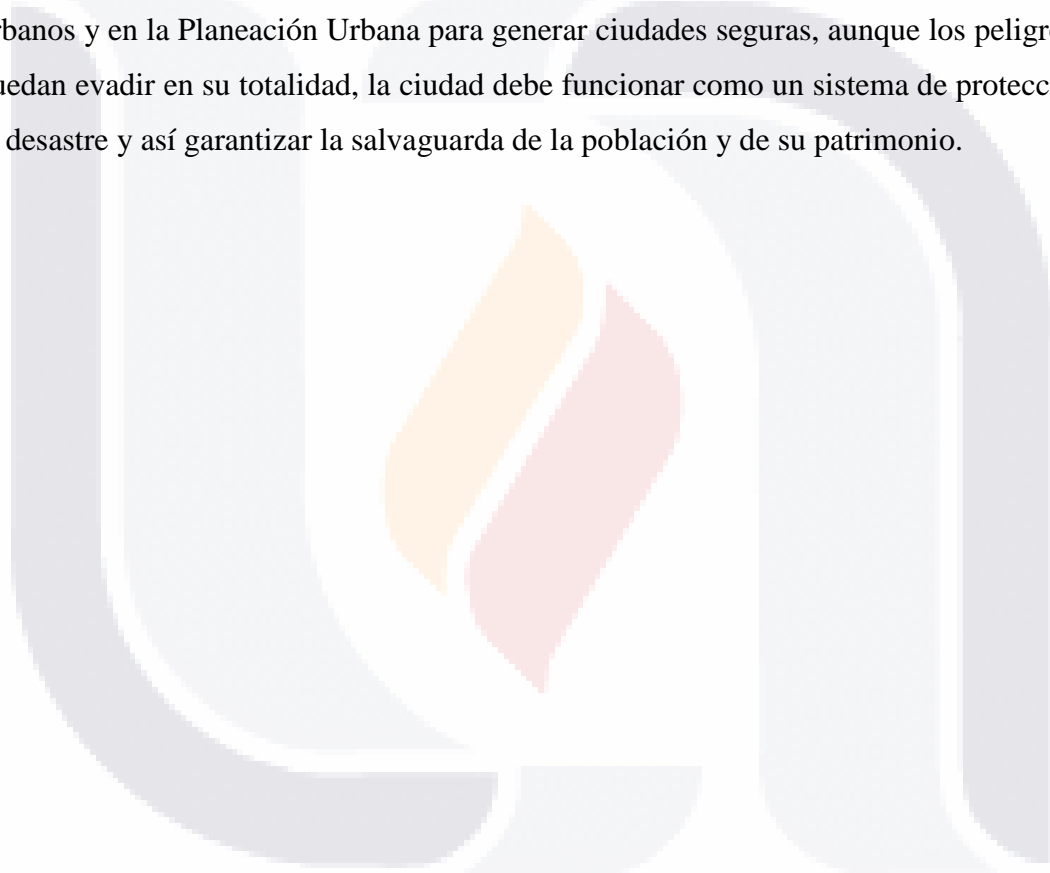
Reflexión

El presente estudio ha gozado de varias transformaciones desde su inicio. Al comienzo de la planeación del presente trabajo, se planteaba hacer un estudio del impacto que tienen los peligros antrópicos en la Ciudad de Aguascalientes, especialmente, de las redes troncales de alta tensión y cómo han interactuado urbanamente con su contexto inmediato. Al entrar más a fondo en el mundo de los riesgos, se hizo un balance de todos los peligros existentes en la zona de estudio, desde los naturales (inundaciones, fallas, subsidencia) hasta los antrópicos (líneas de alta tensión, gasolineras, subestaciones, etc.), y se obtuvo que el peligro con más incidencia y mayor afectación directa a la población y a la infraestructura urbana son las fallas generadas por subsidencia, de esta manera se logró aterrizar a una problemática real y en proceso de encontrar alternativas para su mitigación. Es por eso, que el presente estudio trata de aportar con sugerencias o recomendaciones para la reducción y/o prevención del peligro en cuestión.

Se considera que las aportaciones más importantes del estudio fue la metodología para evaluar el riesgo de fallas por subsidencia, ya que oficialmente, no existe ninguna; la evaluación de la vulnerabilidad, la cual se considera muy importante porque actualmente no

existe ninguna acción de tipo social y sería conveniente la participación de este sector para reducir el riesgo; y por último, se toma en cuenta la aportación de la evaluación de la exposición, la cual ha sido la variable que más ha abonado al estudio, ya que con los resultados que se obtuvieron se pudieron determinar criterios para la urbanización en zonas consolidadas y de crecimiento, todo esto para reducir y prevenir la exposición de la población al desastre.

Se considera de suma importancia que los riesgos sean una directriz en los estudios urbanos y en la Planeación Urbana para generar ciudades seguras, aunque los peligros no se puedan evadir en su totalidad, la ciudad debe funcionar como un sistema de protección ante el desastre y así garantizar la salvaguarda de la población y de su patrimonio.



Bibliografía

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., & Wibowo, I. R. R. (2015). On correlation between urban development, land subsidence and flooding phenomena in Jakarta. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 370, 15–20. <https://doi.org/10.5194/piahs-370-15-2015>
- Alexander, D. (2002). *Principles of emergency planning and management*. Nueva York: Oxford University Press.
- Aragón-Durand, F. (2011). Adaptación Al Cambio Climático Y Gestión Del Riesgo De Desastres En México: Obstáculos Y Posibilidades De Articulación. In *Cambio Climático, Amenazas Naturales Y Salud En México*. El Colegio De México.
- Aranda Gómez, J. J. (1989). Geología preliminar del graben de Aguascalientes. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología*, 8.
- ARMOR. (2019a, March 20). ASEAN Risk Monitor and Disaster Management Review 1st Edition - AHA Centre. Retrieved November 30, 2019, from AHA Centre website: <http://ahacentre.org/armor>
- Beck, U. (1986). *La sociedad Del Riesgo*. Barcelona: Paidós.
- Beck, U. (2011). Convivir Con El Riesgo Global. In *La Humanidad Amenazada: Gobernar Los Riesgos Globales* (pp. 21–23). Madrid: Paidós.
- Blaikie, P. (1996). *Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. *Boletín Especial INAFED Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal Protección Civil*. (n.d.). Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/138375/proteccion_civil_boletin.pdf
- Bündnis Entwicklung Hilft. (2017). Home - Bündnis Entwicklung Hilft. Retrieved November 30, 2019, from Bündnis Entwicklung Hilft website: <https://entwicklung-hilft.de/>
- Cardona, O. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. In *Los desastres no son naturales*. Red de Estudios sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

- CENAPRED. (2019b). Atlas de Riesgos del Estado de Aguascalientes. Retrieved November 27, 2019, from Atlasnacionalderiesgos.gob.mx website: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/AtlasEstatales/?&NOM_ENT=Aguascalientes&CVE_ENT=01
- CENAPRED. (2019c). Infografía clima espacial. Retrieved November 29, 2019, from Conacyt.gob.mx website: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=355>
- Chen, T.-L., & Chang, H.-S. (2018). The Effects of Zoning Regulations along Fault Zone Areas on Land Development and Property Values after the 921 Chi-Chi Earthquake in Taiwan. *Sustainability*, 10(4), 1175. <https://doi.org/10.3390/su10041175>
- Chuquisengo, O. (2011). *Guía de gestión de riesgos de desastres*. Lima, Perú: Soluciones Prácticas.
- CONAPO. (2016a). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2015*. México.
- CONAPO. (2016b). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2015 Colección Índices Sociodemográficos*. Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/459282/00_Preliminares.pdf
- CONAPO. (2018a). *Proyecciones de la población de México y de las entidades federativas 2016-2050*. México: Consejo Nacional de Población.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2019d). *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*. México: CONEVAL.
- Consejo Nacional de Población, & Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2018). *Sistema Urbano Nacional 2018*. México.
- Corapcioglu, M. Y. (1984). [Review of *Land subsidence. A state of the art review*].
- COSUDE. (2019e). Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal de Nicaragua : Guía para el especialista. Retrieved November 30, 2019, from Desastres.hn website: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril2006/CD1/pdf/spa/doc14894/doc14894.htm>
- CRED. (2019f). Disasters 2018: Year in Review Number of Disaster Events By Continent. *CRED Crunch*, 54. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213362>
- D., A.-G., & G., V.-C. (2005). Institutional design and organisation of the civil protection

national system in Mexico: The case for a decentralized and participative policy network. *Public Administration and Development*, 25 (3), 185–192.

Deltares-Taskforce Subsidence. (2013a). *Sinking Cities*.

EM-DAT. (2009a). Classification | EM-DAT. Retrieved from Emdat.be website: <https://www.emdat.be/classification>

Enrique Guevara Ortiz, & Al, E. (2006). *Guía básica para elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos : conceptos básicos sobre peligros, riesgos y su representación geográfica*. México: Secretaría De Gobernación.

Foro Económico Mundial. (2018b). *Informe Global de Riesgos 2018 -Resumen Ejecutivo*. Retrieved from <http://reports.weforum.org/global-risks-2018/files/2018/01/Global-Risk-Report-2018-Executive-Summary-Spanish.pdf&embedded=true>

Graizbord, B., Alfonso Mercado García, & Few, R. (2011). *Cambio climático amenazas naturales y salud en México*. México: El Colegio De México, Centro De Estudios Demográficos, Urbanos Y Ambientales Centro De Estudios Económicos.

Graizbord, B., José Luis Lezama, & El Colegio De México. (2010). *Medio ambiente*. México, D.F.: El Colegio De México.

Hernández-Marín, M., González-Cervantes, N., Pacheco-Martínez, J., & Frías-Guzmán, D. H. (2015). Discussion on the origin of surface failures in the Valley of Aguascalientes, México. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 372, 235–238. <https://doi.org/10.5194/piahs-372-235-2015>

Hewitt, K. (1983). The Idea of Calamity in a Technocratic Age. In *Interpretations of Calamity* (pp. 3–30). Boston: Allen & Unwin Inc.

Hewitt, K. (1997). *Regions of Risk*. Inglaterra: Longman.

IDNR. (1994a). *Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World: Guidelines for natural disaster prevention, preparedness and mitigation*. Ginebra, International Decade for Natural Disaster Reduction.

IMPLAN. (2040). *Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Aguascalientes*. Instituto Municipal de Planeación.

INEGI. (2015a). División municipal. Aguascalientes. Retrieved January 27, 2020, from inegi.org.mx website:

http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ags/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=01

- INEGI. (2015b). *Estudio de Subsistencia en el Valle de Aguascalientes*. INEGI.
- LaSII – UNESCO Land Subsidence International Initiative. (2019). Retrieved November 12, 2019, from Landsubsidence-unesco.org website: <https://www.landsubsidence-unesco.org/lasii/#why>
- Lavell, A. (1993). Ciencias Sociales y Desastres Naturales en América Latina: Un Encuentro Inconcluso. In *Los Desastres No Son Naturales*. La Red.
- Lavell, A. (2001). *Riesgo y Desastre en América Latina: Cambios y Evolución En El Estudio y En La Práctica: 1980-2001*.
- Lavell, A., Burton, I., Alcántara-Ayala, I., & Oliver-Smith, A. (2016). *Investigación Forense de Desastres (FORIN): Un Marco Conceptual y Guía Para La Investigación*. Integrated Research on Disaster Risk, Instituto de Geografía, UNAM.
- Leonardo Flores Corona, & Al, E. (2006). *Guía básica para elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos : evaluación de la vulnerabilidad física y social*. México: Secretaría De Gobernación.
- Mansilla, E. (1996). Prevención y atención de desastres en México. In *Estado, sociedad y gestión de los desastres naturales en América Latina: en busca del paradigma perdido* (pp. 219–254). Lima: La Red/ITDG.
- Maskrey, A. (1993). *Los Desastres No Son Naturales*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- México. Secretaría De Gobernación. Sistema Nacional De Protección Civil, Centro Nacional De Prevención De Desastres. (2001). *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México : atlas nacional de riesgos de la República Mexicana*. México: Secretaría De Gobernación, Sistema Nacional De Protección Civil, Centro Nacional De Prevención De Desastres.
- Moreno, C. (2000). Riesgos y vulnerabilidad: Un enfoque de actuación en lo urbano. *Ensayos FORHUM*.
- Nájjar, D. (2016, October 9). Subsistencias y colapsos. Retrieved November 30, 2019, from Slideshare.net website: <https://www.slideshare.net/DavidNjar/subsistencias-y-colapsos>

- Narciso Jesús Vázquez Carretero, & Justo, L. (2002). *La subsidencia en Murcia : implicaciones y consecuencias en la edificación*. Murcia Consejería De Obras Públicas, Vivienda Y Transportes.
- National Institute of Disaster Management. (2009b). *Chemical Disaster Management*. New Delhi, India.
- Nichols, R., & Buchanan, M. (1974). *Seismic Hazards and Land-Use Planning*. U. S. Departement of the Interior.
- Ohara, M., & Meguro, K. (2008). *A study on the effect of land use control by active fault zoning in japan*. Retrieved from https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_07-0157.PDF
- ONU-Habitat. (2017). ONU-Habitat - Tendencias del desarrollo urbano en México. Retrieved December 1, 2019, from Onuhabitat.org.mx website: http://onuhabitat.org.mx/index.php/tendencias-del-desarrollo-urbano-en-mexico?fb_comment_id=1370236266363167_1657227314330726
- Organización Mundial de la Salud. (2007). *Amenazas para la seguridad sanitaria. Informe sobre la salud en el mundo*.
- Pacheco Martínez, J. (2019). *Fallas por subsidencia* (D. Aldana, Interviewer).
- Pacheco-Martínez, J., Cabral-Cano, E., Wdowinski, S., Hernández-Marín, M., Ortiz-Lozano, J., & Zermeño-de-León, M. (2015). Application of InSAR and Gravimetry for Land Subsidence Hazard Zoning in Aguascalientes, Mexico. *Remote Sensing*, 7(12), 17035–17050. <https://doi.org/10.3390/rs71215868>
- Pacheco-Martínez, J., Hernández-Marín, M., Burbey, T. J., González-Cervantes, N., Ortiz-Lozano, J. Á., Zermeño-De-León, M. E., & Solís-Pinto, A. (2013). Land subsidence and ground failure associated to groundwater exploitation in the Aguascalientes Valley, México. *Engineering Geology*, 164, 172–186. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.06.015>
- PDUCA. (1994b). *Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Aguascalientes*.
- PDUCDSFR. (n.d.-a). *Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de San Francisco de los Romo*. Dirección Municipal de Planeación de San Francisco de los Romo.
- PDUMJM. (n.d.-b). *Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Jesús María*. Dirección Municipal de Planeación de Jesús María.

- PEDU. (1978). *Plan Estatal de Desarrollo Urbano*.
- PEOET. (2013b). *Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico y Territorial*.
- PEOT. (2000). *Programa Estatal de Ordenamiento Territorial*.
- PNPC. (2014a). *Plan Nacional de Protección Civil*. Secretaría de Gobernación.
- PNUD. (2012a). *Experiencias y Herramientas de aplicación a nivel regional y local Cuadernillos de Gestión del Riesgo de Desastres a nivel regional y local Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País*. Retrieved from https://www.preventionweb.net/files/38050_38050conceptosbsicos.pdf
- POZCM 2013-2035. (2014b). *Programa de Ordenación de la Zona Conurbada y Metropolitana 2013-2035*. Gobierno del Estado.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2010). *Gestión del Riesgo Urbano*. Retrieved from PNUD website: <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/Reduccion-Gestion%20del%20Riesgo%20Urbano.pdf>
- Prokopovich, N. P. (1979). Genetic classification on land subsidence. In *Evaluation and prediction of subsidence*. American Society of Civil Engineers.
- Puente, S. (2010). Una Megalópolis En Riesgo: La Ciudad De México y El Desafío De La Prevención De Un Riesgo Anunciado. In *Los Grandes Problemas de México. IV Medio Ambiente*. México: El Colegio de México.
- Puente, S. (2018). *La Gestión Integral Del Riesgo De Desastres En Las Metrópolis: Hacia Una Resiliencia Urbana*. Ciudad de México: Grupo Editorial Siglo XXI.
- Red Temática de Estudios Interdisciplinarios sobre Vulnerabilidad, Construcción Social del Riesgo y Amenazas Naturales y Biológicas. (2019). Estado Del Arte En Los Temas Centrales De La Red. Retrieved from Red Temática De Estudios Interdisciplinarios Sobre Vulnerabilidad, Construcción Social Del Riesgo y Amenazas Naturales y Biológicas website: <http://sociedadyrriesgo.redtematica.mx/edoarte.php>
- Rodríguez, R., & Rodríguez, I. (2006). Consecuencias sociales de un desastre inducido: subsidencia. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana, LVIII*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94320213012>
- Ruiz Guadalajara, J. C. (2005). De La Construcción Social Del Riesgo a La Manifestación Del Desastre. Reflexiones En Torno Al Imperio De La Vulnerabilidad. *Desacatos*,

19, 99–110.

Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, & Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2004). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*. México.

Secretaría De Desarrollo Social, Consejo Nacional De Población (México, & Instituto Nacional De Estadística, Geografía E Informática (México. (2004). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*. México: Secretaría De Desarrollo Social Conapo Instituto Nacional De Estadística Geografía E Informática.

Secretaría de Gobernación, Secretaría General del Consejo Nacional de Población, & Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2018). *Sistema Urbano Nacional*.

Secretaría del Estado de Aguascalientes. (2011). *Atlas de Riesgo del Estado de Aguascalientes*. SEGOB.

SEGOB. *Ley General de Protección Civil.* , (2018).

SIFAGG. (2018d). *Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas*. Secretaría de Obras Públicas del Estado de Aguascalientes.

Spangle, W. (1980). *Land Use Planning After Earthquakes*. William Spangle and Associates, Inc.

Swiss Re Institute. (2018e). Catástrofes naturales y siniestros antropógenos en 2017: un año de daños sin precedentes. *Sigma, 1*.

Tomás, R., Herrera, G., Delgado, J., & Peña, F. (2009). Subsistencia del terreno. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 295–302.

UNDRR. (2015c). Disaster Risk - Disaster risk | PreventionWeb.net. Retrieved September 18, 2019, from Preventionweb.net website: <https://www.preventionweb.net/risk/disaster-risk>

UNISDR. (2005). *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters*. Ginebra, United Nations International Strategy for Disaster Reduction.

UNISDR. (2009c). UNISDR Terminology. In *Reducción del riesgo de desastres*.

UNISDR. (2012b). History - UNDRR. Retrieved November 30, 2019, from Unisdr.org

website: <https://www.unisdr.org/who-we-are/history#idndr>

UNISDR. (2015d). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction | PreventionWeb.net.

Retrieved from Preventionweb.net website: <https://www.preventionweb.net/sendai-framework/sendai-framework-for-drr>

UNISDR. (2015e). Terminology - UNDRR. Retrieved from Unisdr.org website:

<https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>

Watanabe, M. (2015). Gestión del riesgo de desastres en ciudades de América Latina.

Retrieved November 30, 2019, from Solucionespracticas.org.pe website: <https://solucionespracticas.org.pe/Gestion-del-riesgo-de-desastres-en-ciudades-de-America-Latina>

Wei, H. (2015). *Urban Hazards risk assessment: Creating sustainable and resilient.*

Wilches, G. (1993). La Vulnerabilidad Global. In *Los Desastres No Son Naturales*. La Red.

Yang, Y., Wang, R., Zhou, Y., Jiang, Y., & Wang, X. (2015). The interaction between land subsidence and urban development in China. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 372, 471–474. <https://doi.org/10.5194/piahs-372-471-2015>

Referencias de Mapas

Mapa 1. Localización de la zona de estudio

- Marco Geoestadístico 2018 de INEGI,
- IMPLAN,
- Dirección Municipal de Planeación de Jesús María,
- Dirección Municipal de Planeación de San Francisco de los Romo.

Mapa 2. Mapa Hipsográfico – Topográfico con fallas de la Zona Metropolitana de Aguascalientes

- Curvas de nivel de INEGI, plataforma virtual de INEGI.
- Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas 2018, SEGUOT.

Mapa 3. Mapa de suelos geológicos con fallas de la Zona Metropolitana de Aguascalientes

- Usos de suelo geológicos tomados de la plataforma virtual de INEGI
- Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas 2018, SEGUOT.
- IMPLAN

Mapa 4. Mapa Hidrología de la Zona Metropolitana de Aguascalientes

- Red hidrológica de la plataforma virtual de INEGI
- Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas 2018, SEGUOT.
- IMPLAN

Mapa 5. .Zona de estudio general (Zona Metropolitana de Aguascalientes)

- Marco Geoestadístico 2018 de INEGI.

Mapa 6. Zona de estudio acotada (localidades urbanas de la Zona Metropolitana de Aguascalientes)

- Marco Geoestadístico 2018 de INEGI,
- IMPLAN,
- Dirección Municipal de Planeación de Jesús María,
- Dirección Municipal de Planeación de San Francisco de los Romo.

Mapa 7, 8, 9 y 10. Mapa de peligro de la Zona Metropolitana de Aguascalientes, Mapa de peligro de la Ciudad de Aguascalientes, Mapa de peligro de la Ciudad de Jesús María, Mapa de peligro de la Ciudad de San Francisco de los Romo.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- Zonificación primaria PDUCA 2040, IMPLAN.
 - Zonificación primaria PDUCDJM 2035. Dirección Municipal de Planeación de Jesús María
 - Zonificación primaria PDUCD SFR 2035. Dirección Municipal de Planeación de San Francisco de los Romo

Mapa 11, 12 y 13. Mapa de exposición de la Ciudad de Aguascalientes, Mapa de exposición de la Ciudad de Jesús María, Mapa de exposición de la Ciudad de San Francisco de los Romo.

- Censo de población y vivienda 2010, INEGI
- Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas 2018, SEGUOT.
- Marco Geoestadístico 2018, INEGI

Mapa 14, 15 y 16. Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de Aguascalientes, Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de Jesús María, Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de San Francisco de los Romo.

- Índice de marginación de CONAPO (2010).
- Marco Geoestadístico 2018, INEGI

Mapa 17 - 28. Mapa de riesgo por fallas por subsidencia, Mapa de riesgo por fallas por subsidencia de la Ciudad de Jesús María, Mapa de riesgo por fallas por subsidencia en la Ciudad de San Francisco de los Romo, Mapas de zonas críticas y Mapas de propuestas de usos de suelo.

- Censo de población y vivienda 2010, INEGI
- Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas 2018, SEGUOT.
- Marco Geoestadístico 2018, INEGI
- Índice de marginación de CONAPO (2010).