



Atlas de Riesgos del Municipio de Oaxaca de Juárez, Oaxaca 2011



21 de diciembre de 2011
Versión Final

Número de obra: 120067PP041234
Número de expediente: PP11/20067/AE/1/020

Oaxaca de Juárez, Oaxaca

Instituto de Geología de la UNAM
Circuito de la Investigación Científica, S/N
Ciudad Universitaria, delegación Coyoacán
México, D.F. C.P. 04510
Dr. Sergio R. Rodríguez Elizarrarás
01 (55) 56 22 43 08
Astro.rodriguez@gmail.com



ESTE PROGRAMA ES DE CARÁCTER PÚBLICO, NO ES PATROCINADO NI PROMOVIDO POR PARTIDO POLÍTICO ALGUNO Y SUS RECURSOS PROVIENEN DE LOS IMPUESTOS QUE PAGAN TODOS LOS CONTRIBUYENTES. ESTA PROHIBIDO EL USO DE ESTE PROGRAMA CON FINES POLÍTICOS, ELECTORALES, DE LUCRO Y OTROS DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS. QUIEN HAGA USO INDEBIDO DE LOS RECURSOS DE ESTE PROGRAMA DEBERÁ SER DENUNCIADO Y SANCIONADO DE ACUERDO CON LA LEY APLICABLE Y ANTE LA AUTORIDAD COMPETENTE.

ESTE PROGRAMA ES DE CARÁCTER PÚBLICO, NO ES PATROCINADO NI PROMOVIDO POR PARTIDO POLÍTICO ALGUNO Y SUS RECURSOS PROVIENEN DE LOS IMPUESTOS QUE PAGAN TODOS LOS CONTRIBUYENTES. ESTA PROHIBIDO EL USO DE ESTE PROGRAMA CON FINES POLÍTICOS, ELECTORALES, DE LUCRO Y OTROS DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS. QUIEN HAGA USO INDEBIDO DE LOS RECURSOS DE ESTE PROGRAMA DEBERÁ SER DENUNCIADO Y SANCIONADO DE ACUERDO CON LA LEY APLICABLE Y ANTE LA AUTORIDAD COMPETENTE.

LISTA DE PARTICIPANTES E INSTITUCIONES

Dr. Sergio Rodríguez Elizarrarás, Responsable Técnico
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
astro.rodriguez@gmail.com

M. en C. Wendy Vanesa Morales Barrera, Peligros Geológicos
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
geologamorales@gmail.com

L.C.A. Noé González Flores, Peligros Hidrometeorológicos
Secretaría de Protección Civil de Veracruz
neo_glez@hotmail.com

Lic. en Geogr. Celia López Miguel, Diseño Cartográfico
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM
geocely@correo.crim.unam.mx

Dra. Lía María Carreras Soriano, Trabajo de campo
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
liacarreras@gmail.com

Ing. Geol. Marcos Luna Alonso, Trabajo de campo
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México
geologomluna@gmail.com

Mtro. Carlos Lemus Ramírez, Sociodemográfica
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM
lemus@correo.crim.unam.mx

Ing. Civil Juan Carlos García Vázquez, Apoyo Técnico
Secretaría de Protección Civil de Veracruz
j.carlosgarci@hotmail.com

LAE. Luis Gabriel Díaz Aceves, Director de Protección Civil Municipal
Protección Civil de Oaxaca de Juárez
dir.pcmo@gmail.com

C. Carlos Alberto Garzón Hernández, Subdirector de Gestión de Riesgos Municipal
Protección Civil de Oaxaca de Juárez
pcmoax@hotmail.com

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
Marco jurídico: leyes y fundamentos.....	6
Descripción general del contenido y objetivo del Atlas.....	6
1. ANTECEDENTES.....	8
Reseña histórica de desastres.....	8
Estudios y documentos previos.....	14
2. DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	15
Características de la localización física.....	15
Metodología de estudio.....	15
Mapa base y características de la infraestructura básica.....	19
3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL.....	22
Fisiografía.....	22
Geología.....	24
Geomorfología.....	30
Edafología.....	32
Hidrología.....	35
Climas.....	37
Vegetación.....	39
Uso del suelo.....	41
Áreas naturales protegidas.....	43
Problemática ambiental.....	44
4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS.....	45
Dinámica demográfica.....	45
Estructura de la población por edad y sexo.....	45
Evolución del volumen de población.....	47
Marginación y pobreza.....	50
Derechohabiencia y salud.....	53
Mortalidad.....	55
Escolaridad.....	56
Población ocupada.....	57
Estructura urbana.....	59

5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, PELIGROS Y VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL.....	62
5.1 FENÓMENOS GEOLÓGICOS.....	62
Fallas y fracturas.....	62
Sismos.....	65
Vulcanismo.....	70
Procesos de remoción en masa.....	70
Hundimientos de terreno.....	74
Erosión.....	74
5.2 FENÓMENOS HIDROMETEROLÓGICOS.....	76
Huracanes y tormentas tropicales.....	76
Tormentas eléctricas.....	77
Sequías y temperaturas máximas extremas.....	78
Inundaciones.....	79
Granizadas.....	81
5.3 RECOMENDACIONES Y OBRAS DE REMEDIACIÓN POR AGENCIA.....	81

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la definición que aparece en las “Reglas de Operación del Fondo de Prevención de Desastres Naturales” (FONDEN) emitidas por la Secretaría de Gobernación en el Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 2010, un Atlas de Riesgos es un sistema integral de información sobre los fenómenos naturales perturbadores y sus daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los sistemas afectables. Se integra con la información a nivel nacional, estatal, municipal y de localidades según corresponda. Consta de información histórica, bases de datos, sistemas de información geográfica y herramientas para el análisis y la simulación de escenarios, así como la estimación de pérdidas por desastres. Por la naturaleza dinámica del riesgo, deberá mantenerse como un instrumento de actualización permanente.

El Atlas de Peligros es la primera fuente de consulta para invertir en acciones y obras de prevención de desastres, pues presenta el diagnóstico integral de la situación municipal frente a los distintos peligros de origen natural y antropogénico, lo que permite priorizar las acciones de mitigación a realizar, para disminuir el nivel de riesgo al que la población, sus bienes, servicios estratégicos y entorno ecológico se encuentran expuestos.

Asimismo cuenta con un diagnóstico de la percepción de la población ante los peligros que los rodean, así como la capacidad local de respuesta ante la inminencia de un fenómeno perturbador que puede presentarse dentro del territorio municipal.

El presente Atlas de Riesgos del municipio de Oaxaca de Juárez se realizó en el marco del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH) de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). En el desarrollo de este Atlas se utilizaron los Términos de Referencia establecidos por SEDESOL, que incluyen los criterios del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), y los planteados en el PRAH. Los Términos de Referencia se encuentran circunscritos al Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012.

Los peligros y riesgos naturales a los cuales está expuesto el municipio de Oaxaca de Juárez, están en gran medida condicionados por su topografía, geología y clima. Además, el estado es una región altamente sísmica, ya que se localiza cerca de la zona de subducción del Pacífico Sur de México. Sin embargo, los fenómenos naturales que con mayor frecuencia ocurren dentro del área estudiada, son aquellos relacionados con las precipitaciones pluviales extremas, por lo regular asociadas con la entrada al continente de huracanes y tormentas tropicales entre los meses de junio y noviembre, los cuales, además de caudalosas avenidas de agua por cauces y arroyos, provocan el deslizamiento de suelos y rocas sobre las laderas de los cerros. Un porcentaje considerable de la población del municipio, así como parte de su infraestructura, están asentados sobre sitios que presentan diferentes grados de peligro asociados con los fenómenos naturales antes mencionados, lo cual genera escenarios de riesgo que exigen ser evaluados.

Por lo anteriormente expuesto, la función específica del Atlas de Riesgos del Municipio de Oaxaca de Juárez está enfocada a los siguientes aspectos fundamentales:

- Identificar, ubicar y valorar las fuentes de peligro geológico e hidrometeorológico.
- Determinar el alcance e impacto potencial de los fenómenos naturales más recurrentes en la zona metropolitana de Oaxaca, así como la valoración del riesgo que representan para la población.
- Contribuir a la elaboración de planes estratégicos que apoyen la toma de decisiones ante las problemáticas de riesgo con obras y acciones que ayuden a su disminución.
- Aportar información básica para que las autoridades respectivas, puedan delinear políticas de prevención, mitigación y atención de emergencias, necesarias para atender los efectos de los peligros detectados.

Marco jurídico leyes y fundamentos

El desarrollo y actualización de los Atlas de Peligros y Riesgos Naturales, ya sea a escala nacional, estatal o municipal, se encuentran contemplados dentro de las legislaciones del país. A continuación se mencionan las principales normas jurídicas que determinan la obligación de las diferentes instancias de gobierno, de contar con Atlas de Riesgos y Peligros Naturales:

La Ley General de Protección Civil, en su Artículo 12, fracción XVII, estipula que la Coordinación Ejecutiva del Sistema Nacional recaerá en la Secretaría de Gobernación y le otorga las atribuciones para desarrollar y actualizar el “Atlas Nacional de Riesgos”.

El Programa Nacional de Protección Civil 2008 – 2012, incluye dentro de sus objetivos y estrategias: Promover y colaborar para la generación de información geoespacial sobre peligros, vulnerabilidad y riesgos para la integración del Atlas Nacional de Riesgos que conjunte, articuladamente en el contexto nacional, la información estatal y municipal sobre riesgos.

A nivel estatal y municipal se mencionan las siguientes leyes y reglamentos:

La Ley de Protección Civil para el Estado de Oaxaca, en su Artículo 36 Fracción IV, especifica las atribuciones que tienen los Consejos Municipales de Protección Civil para elaborar y actualizar los Atlas Municipales de Riesgos.

Ley Municipal para el Estado de Oaxaca, en su capítulo XIII, de los Consejos Municipales de Protección Civil, artículos 78 y 79.

El Reglamento del Sistema de Protección Civil Municipal de Oaxaca de Juárez, en su capítulo II, de los Consejos Municipales de Protección Civil, Artículo 6, fracción III.- determina supervisar la elaboración y edición del Atlas Municipal de Riesgos.

Descripción general del contenido y objetivo del Atlas

El objetivo fundamental del presente Atlas, es generar una herramienta que brinde a las autoridades municipales el insumo que aporte los lineamientos básicos para diagnosticar, ponderar y detectar los peligros en su espacio geográfico a través de criterios estandarizados, catálogos y bases de datos homologadas, compatibles y complementarias. Así mismo, se pretende que este sea un elemento de consulta para definir acciones programáticas y presupuestales enfocadas a guiar el desarrollo territorial en espacios seguros, ordenados y habitables.

Para la integración de este documento, se siguieron los lineamientos estipulados en las “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2011”, elaborado por la SEDESOL. Su contenido está organizado de la siguiente manera:

Introducción. Se presentan algunos conceptos importantes relacionados con los Atlas de Peligros, el marco jurídico y las leyes federales y estatales que fundamentan la necesidad de contar con estos Atlas, así como el papel que desempeñan en la prevención de los desastres naturales, en la planeación del crecimiento urbano y usos del suelo en general.

Capítulo 1. Antecedentes. Se mencionan los eventos naturales más relevantes que han afectado al municipio durante los últimos años, así como los estudios y documentos previos más importantes que aportan información sobre los desastres naturales ocurridos en el municipio de Oaxaca de Juárez.

Capítulo 2. Determinación de la zona de estudio. Se describe la ubicación geográfica del municipio y sus colindancias. Así mismo, se definen los aspectos metodológicos, bases de datos empleadas y criterios utilizados, como por ejemplo enfoque por agencias municipales y manzanas.

Capítulo 3. Caracterización de los elementos del medio natural. Se incluyen los principales rasgos físicos y geográficos de la región, tales como su fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología y climas; así mismo, se describen otros aspectos como uso de suelo y vegetación, áreas naturales protegidas y problemática ambiental.

Capítulo 4. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos. Se presentan datos estadísticos, gráficas y una interpretación sobre aspectos poblacionales que rigen la economía del municipio. Esta información servirá como base para el diagnóstico de la vulnerabilidad, lo cual, aunado a los diferentes peligros detectados, permitirá una cuantificación de los riesgos.

Capítulo 5. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural. Este capítulo se subdivide en tres apartados, identificados como 5.1, 5.2 y 5.3. En el primero se describen los siguientes fenómenos geológicos que afectan a la zona: fallas y fracturas, sismos, vulcanismo, deslizamientos de tierra, derrumbes, flujos de lodo, hundimientos de terreno y erosión. En el segundo los fenómenos hidrometeorológicos, tales como huracanes, tormentas tropicales, tormentas eléctricas, sequías, temperaturas máximas extremas, inundaciones y granizadas. En el tercero, se incluyen algunas recomendaciones para la realización de obras de mitigación y remediación, las cuales se enfocan a las zonas que presentan mayor peligro y que por su alta vulnerabilidad, se consideran como de alto o muy alto riesgo.

1. ANTECEDENTES

Reseña histórica de desastres

El terreno sobre el que se asienta el Municipio de Oaxaca de Juárez (MOJ) y varios de sus vecinos circundantes corresponde a las regiones de los Valles Centrales y Sierra Norte, por lo que su morfología varía entre relativamente plana en la zona de valles, a muy abrupta en la zona de montaña. En ambas regiones hay evidencias de actividad tectónica activa, lo que se refleja en rasgos morfológicos muy juveniles que presentan pendientes muy pronunciadas, altas tasas de erosión e inestabilidad de suelos y sedimentos (Figura 1.1).

Los aspectos climáticos, hidrológicos, geológicos y en particular, tectónicos, que predominan en el área de influencia del MOJ, condicionan la ocurrencia más o menos frecuente de procesos de remoción en masa del terreno, los cuales son responsables de una buena parte del transporte de sedimento y suelo en la región.

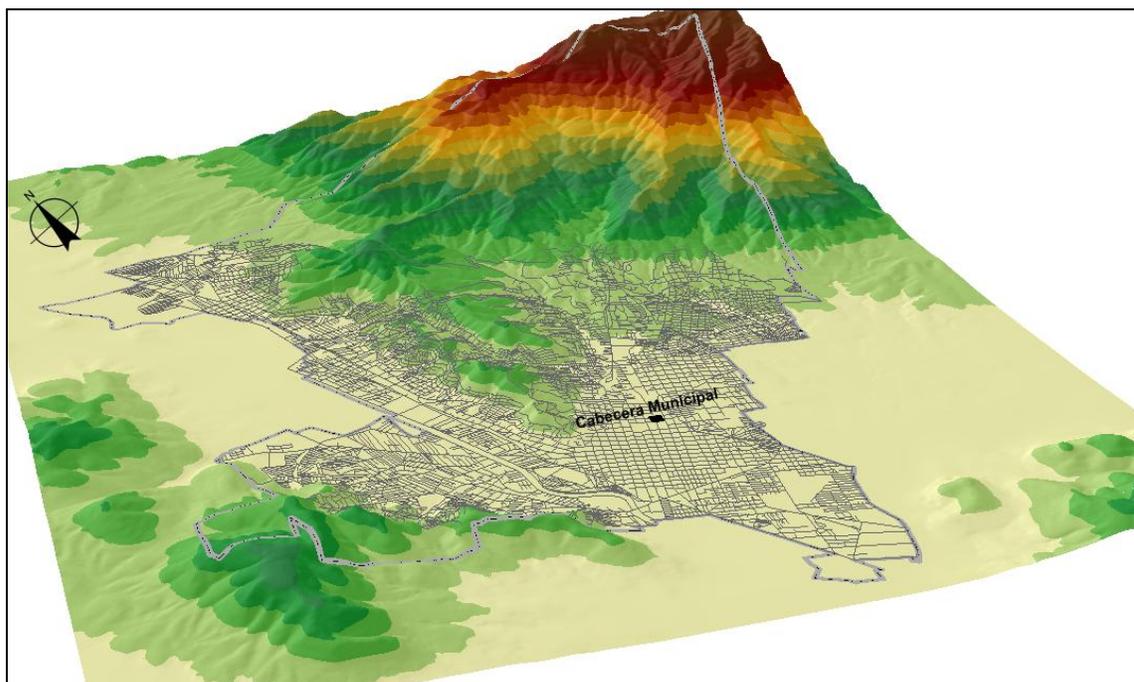


Figura 1.1. Vista en 3D que muestra un modelo del relieve del municipio de Oaxaca de Juárez. Nótese que más de la mitad del área está conformada por una morfología accidentada con elevaciones alineadas en dirección NE-SW.

Hay varios antecedentes sobre eventos naturales que han provocado serias afectaciones dentro del MOJ. La mayoría de los datos sobre daños y destrucciones se refieren a los relacionados con la actividad sísmica, ya que una parte considerable del territorio estatal y por consiguiente del municipal, se ubica en zonas de alta a muy alta sismicidad (Figura 1.2). En el “Atlas Estatal de Riesgos” del Estado de Oaxaca (2003), se reportan diferentes eventos sísmicos que ocasionaron daños a la ciudad de Oaxaca. En los siguientes párrafos se describen algunos de los más importantes y en la Tabla 1.1 se presenta un resumen de estos.

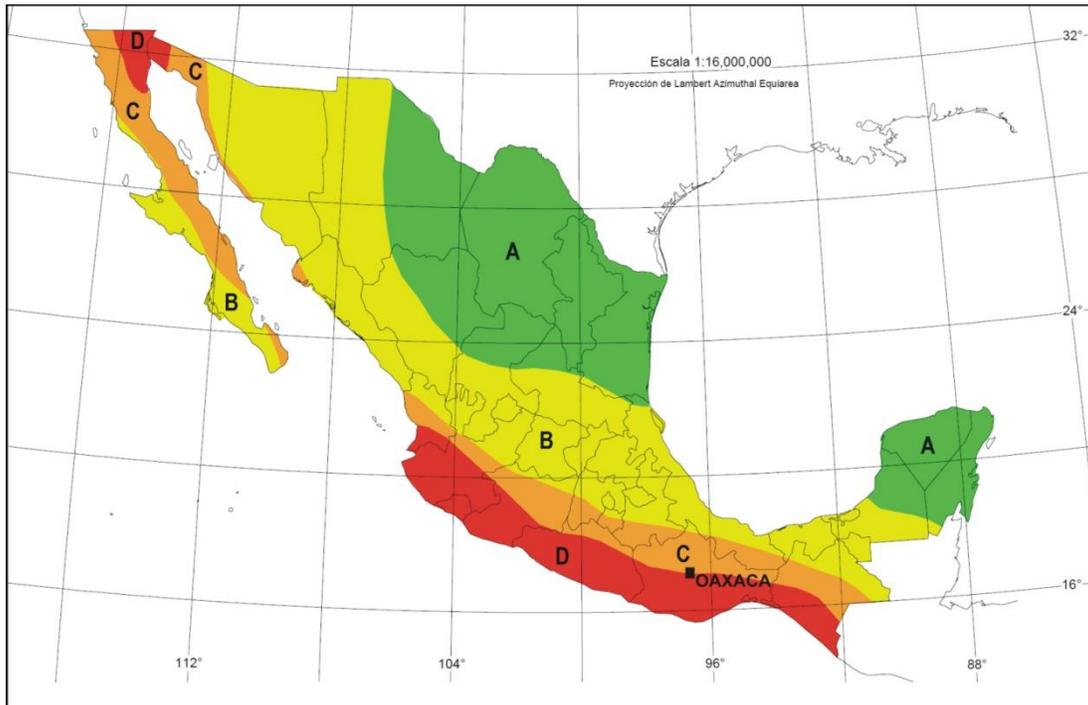


Figura 1.2. Regionalización sísmica de la República Mexicana. Zona A: No se tienen reportes de sismos históricos. Zona B: sismicidad intermedia baja. Zona C: sismicidad intermedia alta. Zona D: Sismicidad alta con reportes de grandes sismos históricos. Nótese que el estado de Oaxaca y su capital, se localizan en zonas de alta a muy alta sismicidad. Fuente: SSN (http://www.ssn.unam.mx/website/jsp/region_sismica_mx.jsp).

En los siglos XVI y XVII existen varios reportes de sismos que afectaron a la antigua Villa de Antequera, hoy Oaxaca de Juárez, por lo regular, los daños se refieren a la destrucción de viviendas, iglesias y conventos, entre estos últimos destacan los de Santo Domingo, La Merced y San Francisco.

Durante el siglo XVIII de acuerdo a la descripción del Atlas Estatal de Riesgos (2003), se reporta la ocurrencia de al menos dos sismos importantes en los años 1727 y 1775.

Tabla 1.1. Sismos históricos que han afectado los estados de Oaxaca y Puebla y cuyos efectos han provocado daños de intensidad variable en la ciudad de Oaxaca. Fuente: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México, CENAPRED, 2010.

Fecha	Latitud, °N	Longitud, °O	Profundidad, Km	Magnitud
Octubre 3, 1864	18.7	97.4		7.3*
Mayo 17, 1879	18.6	98		7.0*
Febrero 10, 1928	18.26	97.99	84	Ms 6.5
Enero 15, 1931	16.4	96.87	40	Ms 7.8
Julio 26, 1937	18.48	96.08	85	Ms 7.3
Octubre 11, 1945	18.32	97.65	95	Ms 6.5
Mayo 24, 1959	17.72	97.72	80	Ms 6.8
Agosto 28, 1973	18.3	96.53	82	Ms 7.0
Octubre 24, 1980	18.03	98.27	65	Ms 7.0
Junio 15, 1999	18.2	97.47	60	Ms 7.0
* Para los sismos ocurridos de 1864 y 1979 se desconoce el tipo de magnitud al que se hace referencia.				

La información compilada por el CENAPRED (2010) reporta varios sismos de intensidades considerables durante el siglo XIX. Si bien no hay datos precisos sobre la ubicación de los epicentros de estos temblores, sí reportan la ocurrencia de daños en la ciudad de Oaxaca. Entre los más importantes están el del 9 de marzo de 1845, 5 de mayo de 1854, 2 de febrero de 1856, 2 de mayo de 1858, 11 de mayo de 1870, al cual se refieren como “gran temblor Oaxaqueño” cuyo movimiento hizo caer una cantidad importante de edificios, 27 de marzo de 1872, 19 de julio de 1882, 5 de junio de 1897 y 24 de enero de 1899.

Durante el siglo XX con el inicio de la medición con instrumentos, son dignos de mencionarse los ocurridos el 14 de enero de 1903, 10 de febrero de 1928, 22 de marzo de 1928, 17 de abril de 1928, este último, tuvo una intensidad en la escala de Mercalli de VII en la ciudad de Oaxaca, con la destrucción del Parián, derrumbes en las laderas de los cerros y hundimientos de terreno. Otros sismos importantes durante este siglo ocurrieron el 15 de enero de 1931, cuya magnitud estimada fue de 7.8 y causó severos daños en la ciudad de Oaxaca, 2 de enero de 1938, 25 de noviembre de 1942, 23 de agosto de 1965 con una intensidad de VII en la escala de Mercalli para la ciudad de Oaxaca, 24 de octubre de 1980, cuyo epicentro fue en Huajuapán de León pero tuvo un amplio radio de afectación que abarcó la capital del estado. El último temblor del siglo XX ocurrió el 30 de septiembre de 1999, cuya magnitud fue de Mw= 7.5 y causó daños considerables a la infraestructura de la ciudad de Oaxaca. La Figura 1.3 muestra el mapa de isosistas de este sismo.

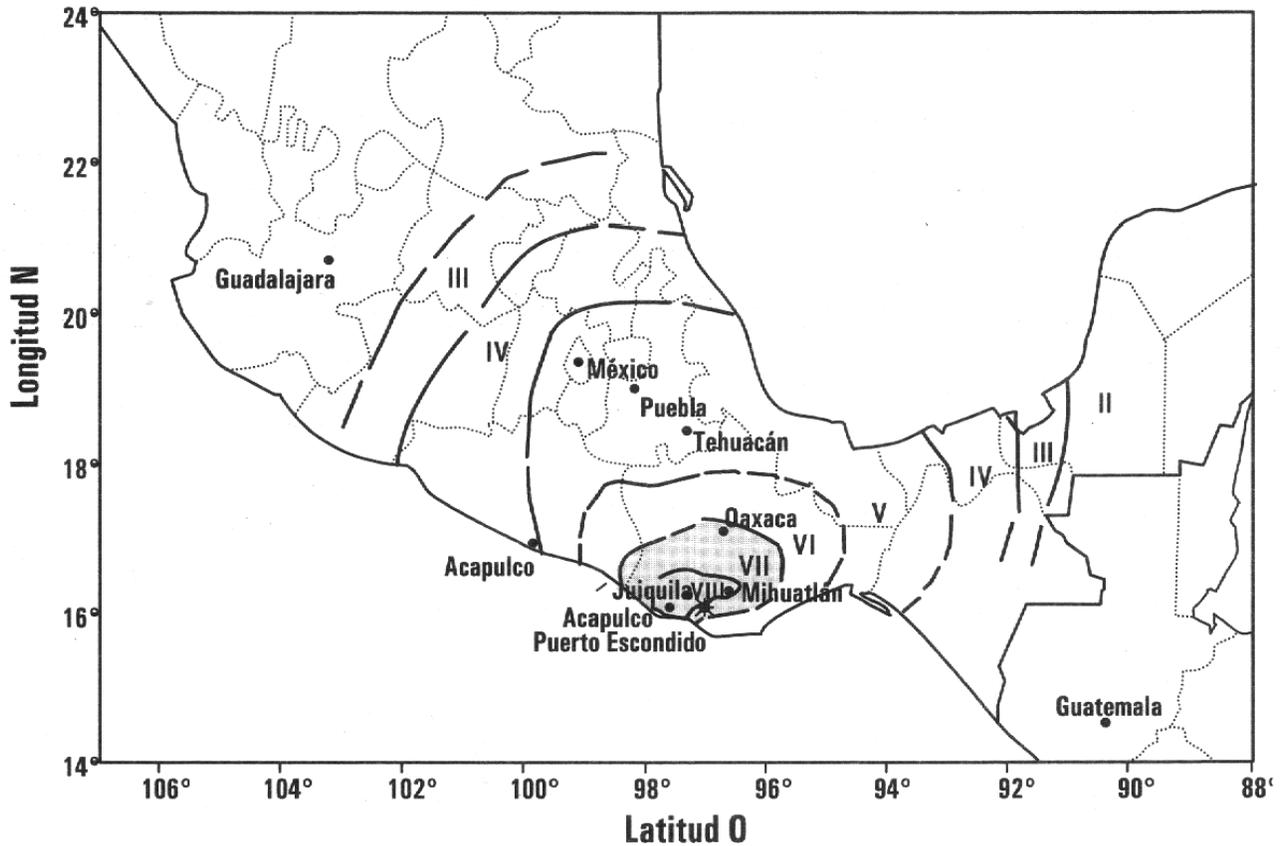


Figura 1.3. Mapa de isosistas del sismo del 30 de septiembre de 1999. La ciudad de Oaxaca se localiza dentro de la zona VII, la cual comprende áreas con mayores daños. Fuente: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México, CENAPRED, 2010.

Durante el presente siglo, hay dos reportes de sismos localizados en la región de Oaxaca (SSN, <http://www.ssn.unam.mx>). Uno ocurrido el 18 de agosto y otro el 14 de junio de 2004, con magnitudes de 5.7 y 5.8 respectivamente. Para el sismo de junio el SSN elaboró un mapa de intensidades que se muestra en la (Figura 1.4).

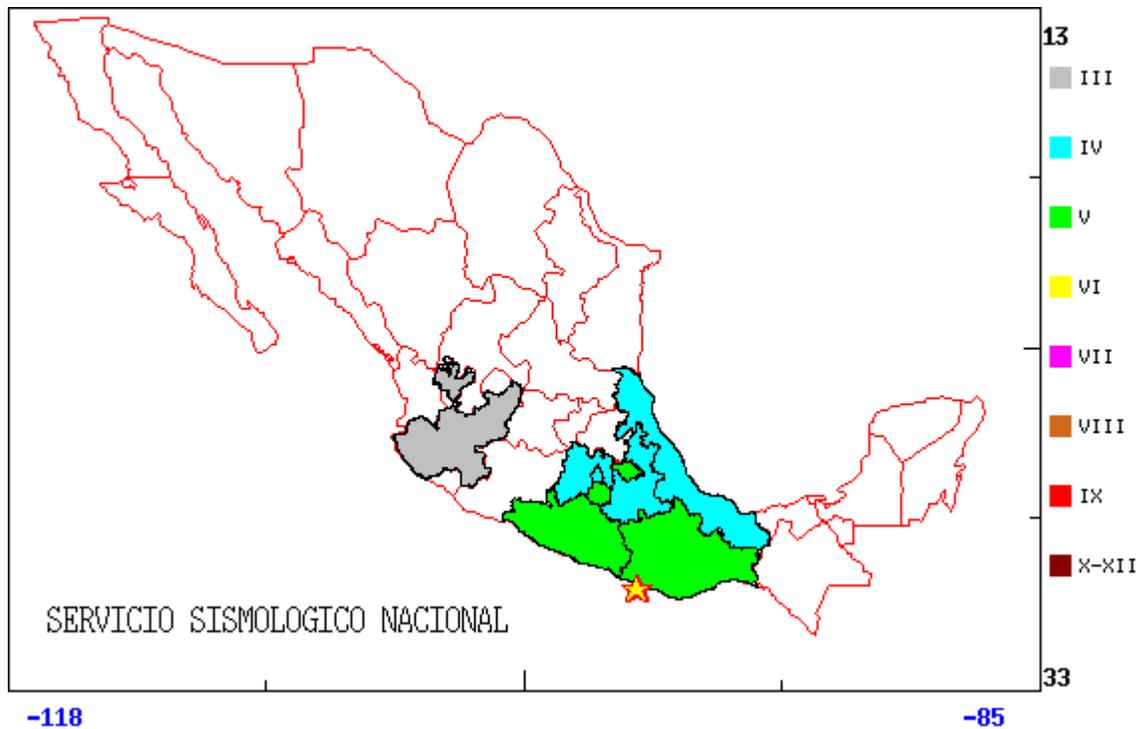


Figura 1.4. Intensidades para el sismo ocurrido en la región de Oaxaca el 14 de junio de 2004 de magnitud 5.8. Fuente: Servicio Sismológico Nacional (<http://www.ssn.unam.mx>).

El municipio de Oaxaca de Juárez no solo está expuesto a la actividad sísmica, pues al ser Oaxaca un estado costero, también sufre los efectos de los fenómenos hidrometeorológicos asociados con la entrada de huracanes y tormentas tropicales, así como todas las consecuencias que estos ocasionan, como son las precipitaciones pluviales extremas, los deslizamientos de tierra, los flujos de lodo, los derrumbes de cerros y las inundaciones (Figura 1.5).

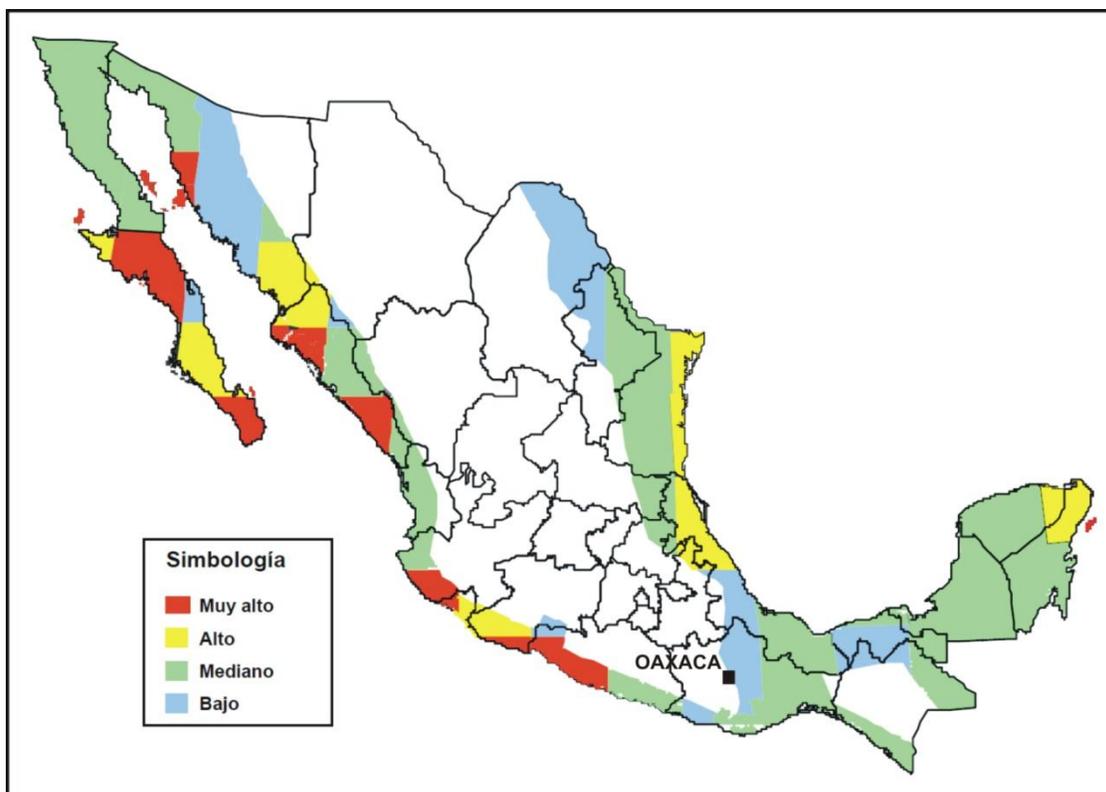


Figura 1.5. Mapa de presencia de ciclones tropicales en la República Mexicana.
Fuente: CENAPRED
(<http://www.cenapred.gob.mx/es/Investigacion/RHidrometeorologicos/FenomenosMeteorologicos/CiclonesTropicales>).

Uno de los huracanes más devastadores fue el Paulina que tocó tierra entre el 5 y 10 de octubre de 1997 en Puerto Escondido, Oaxaca y alcanzó la categoría 4 en la escala de Saffir-Simpson. Los daños provocados por este fenómeno hidrometeorológico fueron cuantiosos en gran parte del estado de Oaxaca, incluyendo la capital.

Los días 5 y 6 de noviembre de 2000 la tormenta tropical Rose impactó la costa de Oaxaca, descargando una cantidad extraordinaria de lluvia que provocó inundaciones y deslizamientos de tierra. Aunque no hay daños reportados específicamente para el municipio de Oaxaca de Juárez, se presume que sus efectos sí alcanzaron esta zona.

Entre el 3 y 5 de octubre del año 2005 el huracán Stan dejó sentir sus efectos en el estado de Oaxaca, provocando severas afectaciones en viviendas especialmente en municipios serranos.

Durante el 2010, uno de los eventos extremos más dañinos fue la tormenta tropical Mathew, la cual afectó severamente varias localidades de las subcuencas de los ríos Cajonos y Tesechoacán, pertenecientes a la cuenca del río Papaloapan que a su vez desemboca en el Golfo de México. Las precipitaciones intensas que trajo esta tormenta tropical también impactaron de manera considerable el municipio de Oaxaca de Juárez. Especialmente en zonas aledañas a los ríos que atraviesan la ciudad, como son el Salado y Atoyac, cuyos niveles aumentaron de manera considerable, al grado de desbordar sus cauces (Figura 1.6). Los testimonios de los daños de Matthew han quedado registrados en diferentes reportajes de la prensa, así como informes de la CONAGUA y del propio municipio.



Figura 1.6. Imagen que muestra una zona afectada por el desbordamiento del río Salado el jueves 30 de septiembre de 2010. Fuente: Notimex.

El Instituto Estatal de Protección Civil (IEPC) precisó que la zona más afectada por las intensas lluvias, registradas durante 48 horas (29 y 30 de septiembre de 2010), se ubica en el sur de la capital oaxaqueña, donde el desbordamiento del río Salado dejó como saldo tres mil damnificados y al menos mil casas dañadas en 13 colonias.

Estudios y documentos previos

Los documentos consultados para el estudio de los peligros, riesgos y desastres naturales, se enmarcan dentro de los ámbitos nacional y estatal. Entre los primeros están los publicados por el CENAPRED como el “Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México (Zepeda-Ramos, O. y González-Martínez, S., 2001), La Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos (Gutiérrez-Martínez, C. *et al.*, 2006), la serie de fascículos publicados en 2004 en los que se describen los diferentes fenómenos naturales capaces de provocar daños, la serie Impacto Socioeconómico de los Desastres en México (CENAPRED, 2010), Peligros Naturales y Tecnológicos relevantes durante el período 1810-2010 (CENAPRED, 2010)

El Instituto de Geografía de la UNAM, publicó en 1990 el Atlas Nacional de México, y en 2007 el Nuevo Atlas Nacional de México, los cuales incluyen datos sobre el estado de Oaxaca.

En el ámbito estatal, el Gobierno del Estado de Oaxaca, con la colaboración de varias instituciones nacionales editó en el año 2003 un disco compacto que incluye el “Atlas Estatal de Riesgos”, con la identificación de peligros y localización de zonas vulnerables.

En el año de 1998 el gobierno del estado de Oaxaca publicó: “De Huracanes. Costa y Sierra Oaxaqueña, Otoño de 1997”, el cual es una reseña sobre los daños ocasionados en el año de 1997 por el huracán Paulina.

López, Oscar y colaboradores (2001), publicaron en una edición de la coordinación de investigación del CENAPRED el trabajo titulado: El sismo de Oaxaca del 30 de septiembre de 1999, en el cual se determinó el estado de seguridad de las estructuras, las causas de los daños en las mismas, así como una evaluación del costo de reparación de los daños.

2. DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Características de la localización física

El Municipio de Oaxaca de Juárez, capital y ciudad más importante del estado de Oaxaca, se localiza en la región de los Valles Centrales, entre las coordenadas 17° 01' y 17° 10' de latitud norte y 96° 40' y 96° 47' de longitud oeste. Su altura máxima, mínima y media sobre el nivel del mar son 3232, 1520 y 1766 m, respectivamente.

Tiene un área de 85.48 km² que equivale al 0.1% de la superficie total del estado. El municipio se divide en 14 agencias municipales que Incluyen 35 localidades, en las que de acuerdo al Censo Poblacional 2010, se distribuye una población de 263,357 habitantes. Sus colindancias son: al norte, con el municipio de San Pablo Etla; al este, con los municipios de San Andrés Huayápam, San Agustín Yatareni y Santa Lucía del Camino; al sur, con los municipios de Santa Lucía del Camino, San Antonio de la Cal, Santa Cruz Xoxocotlán y Santa María Atzompa y al oeste, con los municipios de Santa María Atzompa, San Jacinto Amilpas y San Pablo Etla (Figura 2.1).

Metodología de estudio

La elaboración del Atlas de Riesgos del municipio de Oaxaca de Juárez, sigue los lineamientos establecidos en el documento: “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo” de la SEDESOL. De igual manera, se consideraron los lineamientos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) para identificar las zonas de riesgo ante fenómenos perturbadores de origen natural indicados en la “Guía para la Elaboración de Atlas de Riesgos y Peligros”. Esta guía se concibe como una herramienta que tiene como objeto apoyar la elaboración de cartografía temática y bases de datos relacionados con los fenómenos de origen natural que afectan al territorio.

El municipio está dividido en 14 agencias municipales con diferente número de localidades cada una (Tabla 2.1). Se realizó un reconocimiento de campo a escala de agencia, en cada una de ellas se visitaron los sitios que presentan problemas o que implican un peligro, ya sea latente o evidente para sus habitantes. Cada rasgo considerado como una amenaza, se describió y georeferenció para ser integrado al SIG. Esta información permite hacer recomendaciones para obras de remediación o preventivas a la escala de manzana (Figura 2.2).

Tanto la información de campo, como aquella obtenida mediante la recopilación de datos bibliográficos y cartográficos, fue procesada e interpretada para generar los mapas de peligro, así como dar las recomendaciones para obras preventivas y de remediación en los sitios que así lo requieran.

Tabla 2.1 Número de localidades por agencia municipal.

AGENCIA	NÚMERO	LOCALIDADES
CANDIANI		
CENTRO	1	Oaxaca de Juárez
CINCO SEÑORES		
DOLORES		
DONAJI	1	Rancho Los Girasoles
GUADALUPE VICTORIA	4	Guadalupe Victoria Segunda Sección (La Mina)
		Arroyo Loma de Trigo, Ejido Guadalupe Victoria
		Guadalupe Victoria.
MONTOYA	1	Arbolada Ilusión
PUEBLO NUEVO	1	Pueblo Nuevo Parte Alta
SAN FELIPE DEL AGUA	4	Rancho El Chilar, Lachigulera, El Bajío (Rancho Guadalupe Victoria)
		Loma Trigo
SAN JUAN CHAPULTEPEC		
SAN LUIS BELTRAN	3	Camino A San Luis Beltrán, Gloria Antonio Cruz, Casas Del Sol
SAN MARTIN MEXICAPAM		
SANTA ROSA	5	Lomas Panorámicas, Colonia Buena Vista, Loma Bonita
		Emiliano Zapata (Parte Alta), Solidaridad
VIGUERA	13	San Bernardo, Paraje La Loma, Río Dulce (Parte Alta)
		Paraje La Canoa, Paraje El Cerrito, Los ArcosColorada
		Paraje Pio V (Ojito de Agua), Paraje Cabaltillo, Camino Ancho
		Viguera, Paraje El Pando, Miravalle, Paraje Tierra

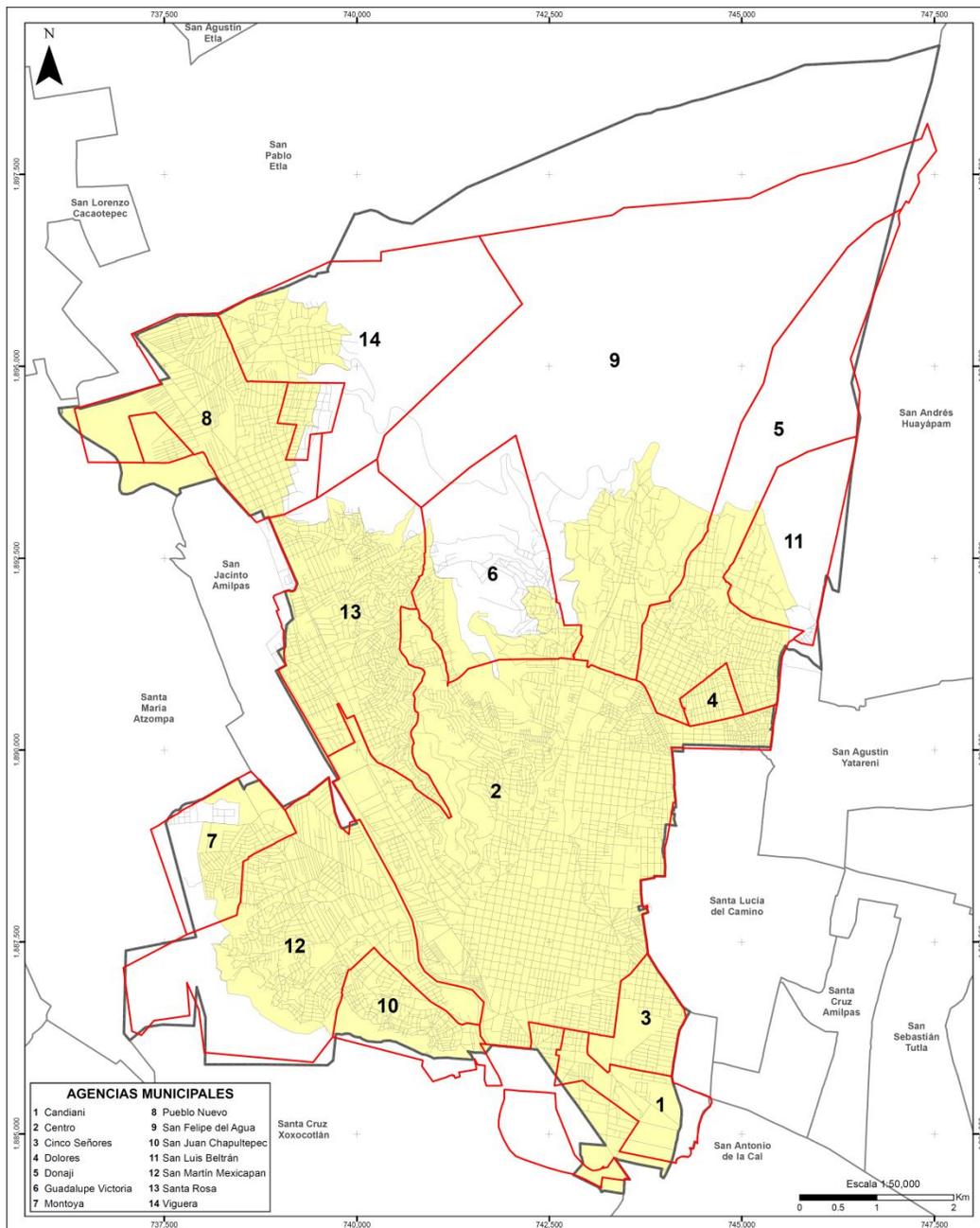


Figura 2.1. Corte del municipio de Oaxaca de Juárez con los municipios colindantes, agencias municipales y distribución de la zona urbana.

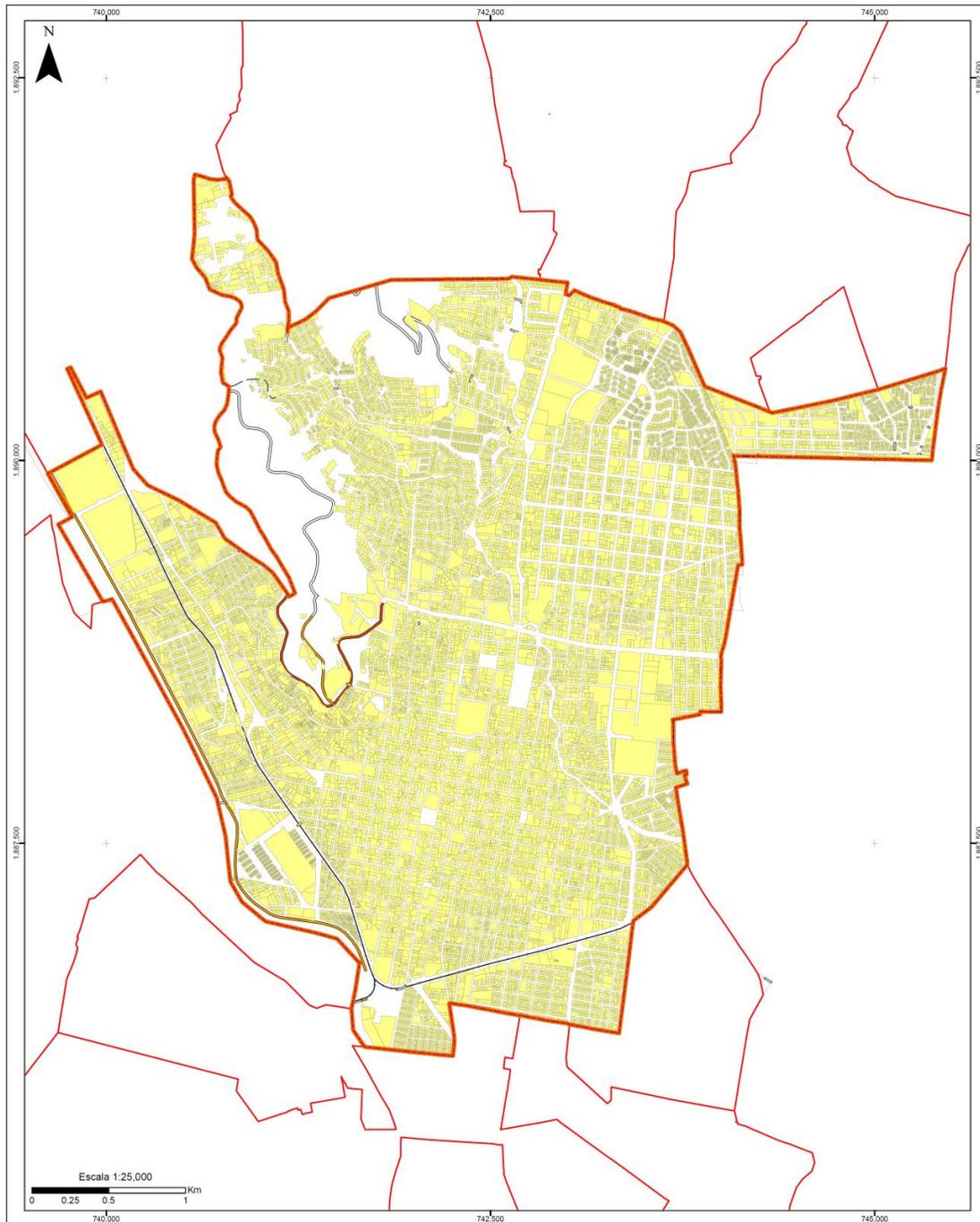


Figura 2.2. Corte de la Agencia Centro que muestra la distribución de las manzanas.

Mapa base y características de la infraestructura básica

La zona urbana del municipio de Oaxaca de Juárez tiene una infraestructura importante acorde con su categoría de capital del estado. La figura 2.3 muestra el mapa base utilizado, el cual representa un corte del área del municipio, sus colindancias, las principales vías de comunicación, la división por agencias municipales y el equipamiento con que cuenta cada una de ellas. La escala del mapa es 1:50,000 con curvas de nivel cada 20 m. La zona en amarillo claro delimita la mancha urbana, dentro de la cual se distribuyen los principales servicios y equipamiento con que cuenta el municipio. Las tablas 2.2 y 2.3 muestran un resumen de la infraestructura básica.

El área que incluye el mapa base excede los límites del municipio, ya que varios de los peligros que pueden afectarlo se originan fuera de este.

Tabla 2.2 Equipamiento urbano por agencias en el municipio de Oaxaca de Juárez.

No.	AGENCIAS	C	CA	E	ID	M	OM	T	UM
1	CANDIANI			5	2	2	1	2	1
2	CENTRO	3	2	221	35	19	2	89	41
3	CINCO SEÑORES			10	3	1	1	4	
4	DOLORES			3		1	2	4	
5	DONAJI	2		10	5	1	2	25	1
6	GUADALUPE VICTORIA	1		4	1		1	7	1
7	MONTOYA			7	1	1	1	3	
8	PUEBLO NUEVO	1		15	7		1	15	1
9	SAN FELIPE DEL AGUA	1		9	3		1	2	
10	SAN JUAN CHAPULTEPEC	1		5	4		2	8	1
11	SAN LUIS BELTRAN	1		3	3		1	3	
12	SAN MARTIN MEXICAPAM	2		21	13		2	23	6
13	SANTA ROSA			38	21	1	4	30	1
14	VIGUERA	1		3	3		1	2	1

C: Cementerios, CA: Central Camionera, E: Escuelas, ID: Instalaciones Deportivas, M: Mercados, OM: Oficinas Municipales, T: Templos, UM: Unidades Médicas.

La infraestructura vial del municipio (Tabla 2.3) está conformada por carreteras y caminos que van desde veredas y brechas de terracería, hasta carreteras estatales y federales, así mismo, la zona urbanizada cuenta con calles y avenidas clasificadas de acuerdo a su importancia de primero a cuarto orden, así como con una vasta red de líneas de conducción eléctrica, telefónica y en general servicios de comunicación.

El equipamiento con que cuenta cada una de las 14 agencias municipales (Tabla 2.2 y Figura 2.3) se ha clasificado en cementerios, centrales camioneras, escuelas, instalaciones deportivas, mercados, oficinas municipales, templos y unidades médicas. La mayor parte de este equipamiento se concentra en la Agencia Centro, seguida por las agencias Santa Rosa y San Martín Mexicapam. Entre las agencias con menor equipamiento se encuentran Candiani, Dolores, Guadalupe Victoria y San Juan Chapultepec.

La mayor parte del territorio municipal se concentra entre las agencias Centro y San Felipe del Agua. La primera es de carácter netamente urbano y asentada sobre una zona plana, la segunda es principalmente rural, sobre una zona con pendiente muy pronunciada y caracterizada por ser área boscosa. Las agencias de menor superficie son la Candiani, Dolores y Montoya.

Tabla 2.3 Resumen de la infraestructura vial del municipio de Oaxaca de Juárez.

CARRETERAS Y CAMINOS		CALLES		LÍNEAS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA	
Tipo	Longitud	Tipo	Longitud	Tipo	Longitud
Vereda	25.61 km	Primer orden	25.88 km	Línea de transmisión en torre	16.91 km
Brecha	6.3 km	Segundo orden	47.11 km	Línea de transmisión en poste	12.21 km
Terracería	11.66 km	Tercer orden	615.24 km		
Carretera libre estatal	31.82 km	Cuarto orden	1.33 km		
Carretera libre federal	2.99 km				

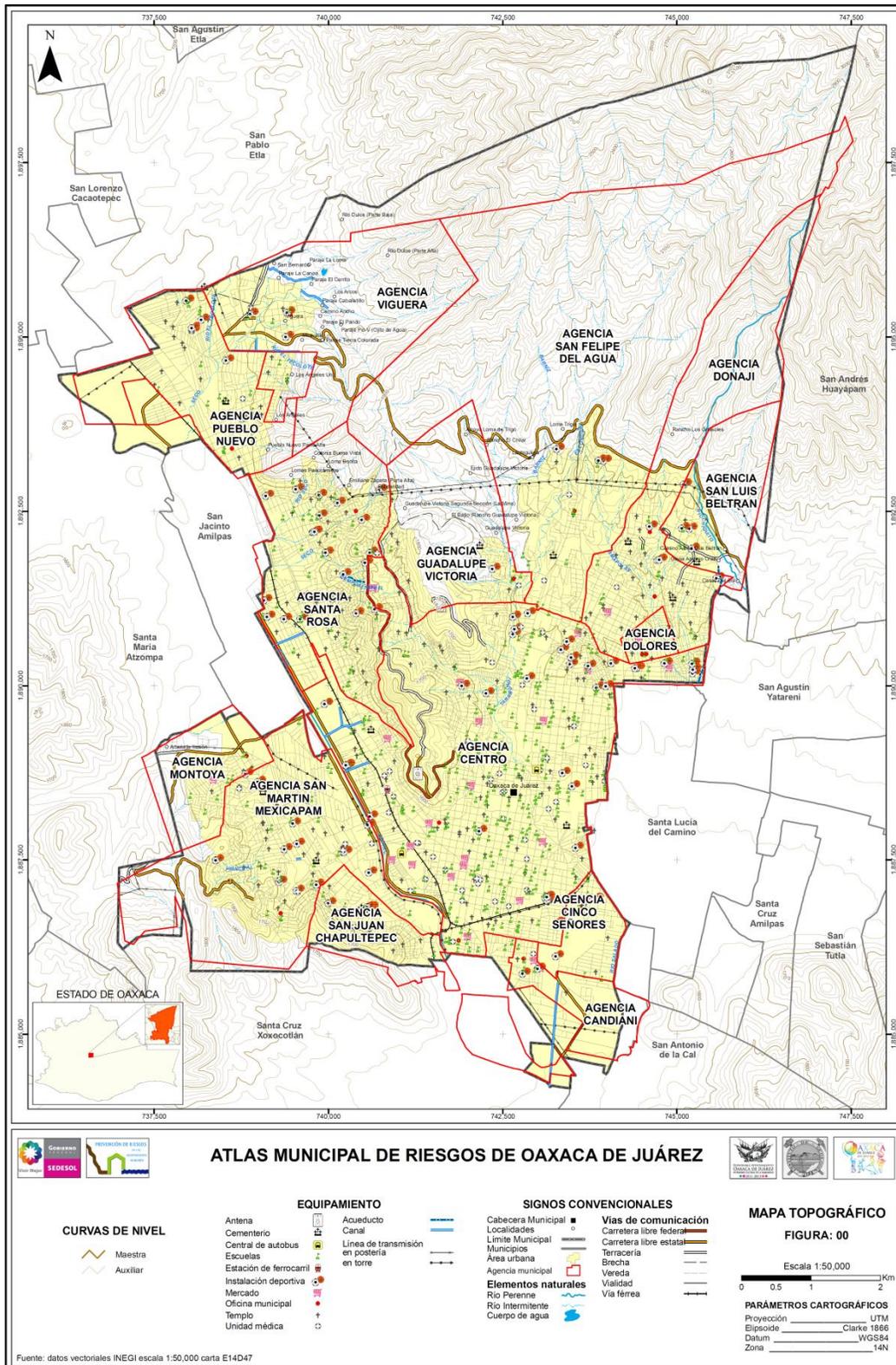


Figura 2.3. Mapa base del municipio de Oaxaca de Juárez que muestra la distribución de las agencias municipales con su equipamiento.

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL

Fisiografía

De acuerdo con la clasificación de provincias fisiográficas de México hecha por INEGI (Figura 3.1), la zona de estudio pertenece a la Sierra Madre del sur, la cual es un sistema de bloques montañosos de diferente composición y edad. En la zona de estudio destacan rasgos como la Cañada Oaxaqueña, la cual es un valle de origen tectónico que se extiende entre las ciudades de Tehuacán y Oaxaca. Este valle está limitado por la Sierra Juárez, la cual es una imponente estructura montañosa conformada por rocas metamórficas de edad paleozoica y que abarca parte del sector septentrional del municipio de Oaxaca de Juárez.



Figura 3.1. Provincias fisiográficas de México. El municipio de Oaxaca se localiza dentro de la provincia Sierra Madre del Sur.

A una escala más local dentro del estado de Oaxaca, la provincia de la Sierra Madre del Sur está conformada por varias subprovincias fisiográficas. Aquí se mencionan seis: Cordillera Costera del Sur, Costas del Sur, Mixteca Alta, Sierras Centrales de Oaxaca, Sierras Orientales y Sierras y Valles de Oaxaca. La zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca se encuentra entre las subprovincias Sierras Orientales, Sierras y Valles de Oaxaca y Sierras Centrales de Oaxaca, las cuales tienen una influencia morfológica importante en el municipio de Oaxaca de Juárez (Figura 3.2).

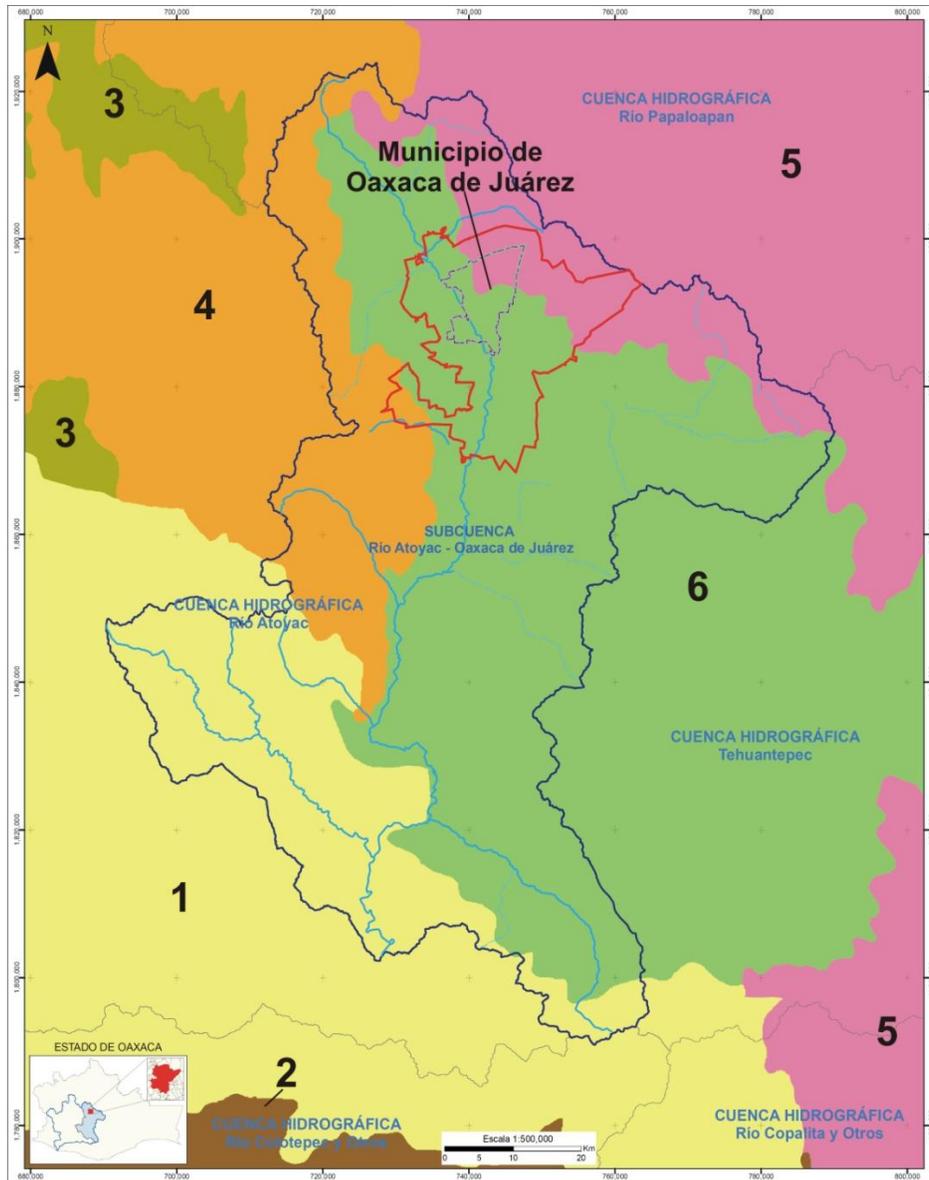


Figura 3.2 Subprovincias fisiográficas y cuencas hidrográficas de la zona central del estado de Oaxaca. 1: Cordillera Costera del Sur, 2: Costas del Sur, 3: Mixteca Alta, 4: Sierras Centrales de Oaxaca, 5: Sierras Orientales, 6: Sierras y Valles de Oaxaca. La línea roja indica el límite de la zona metropolitana de Oaxaca. Modificado de: Red hidrográfica SIATL, INEGI, y Subprovincias fisiográficas, INEGI, escala 1:1000,000.

Geología

De acuerdo a la clasificación de provincias geológicas hecha por Ortega *et al.* (1992), el municipio de Oaxaca se ubica dentro de la provincia Zapoteca, la cual a su vez forma parte de la Sierra Juárez, cuya morfología es abrupta y presenta pendientes muy pronunciadas con alturas máximas que superan los 3,000 m.

En un contexto regional Sedlock *et al.* (1993) definieron una serie de terrenos tectónicos limitados por fallas (Figura 3.3). Estos terrenos tectónicos agrupan una serie de unidades litoestratigráficas que en conjunto conforman la geología del sur de México. El municipio de Oaxaca de Juárez se localiza entre los llamados terrenos Cuicateco y Zapoteco, los cuales están limitados por la falla de Caltepec al poniente y la falla Oaxaca. Esta última corre con una dirección NW-SE entre las ciudades de Tehuacán y Oaxaca. El terreno Cuicateco está constituido por rocas sedimentarias y metamórficas del Jurásico y Cretácico, el terreno Zapoteco por rocas metamórficas del Paleozoico y Precámbrico.

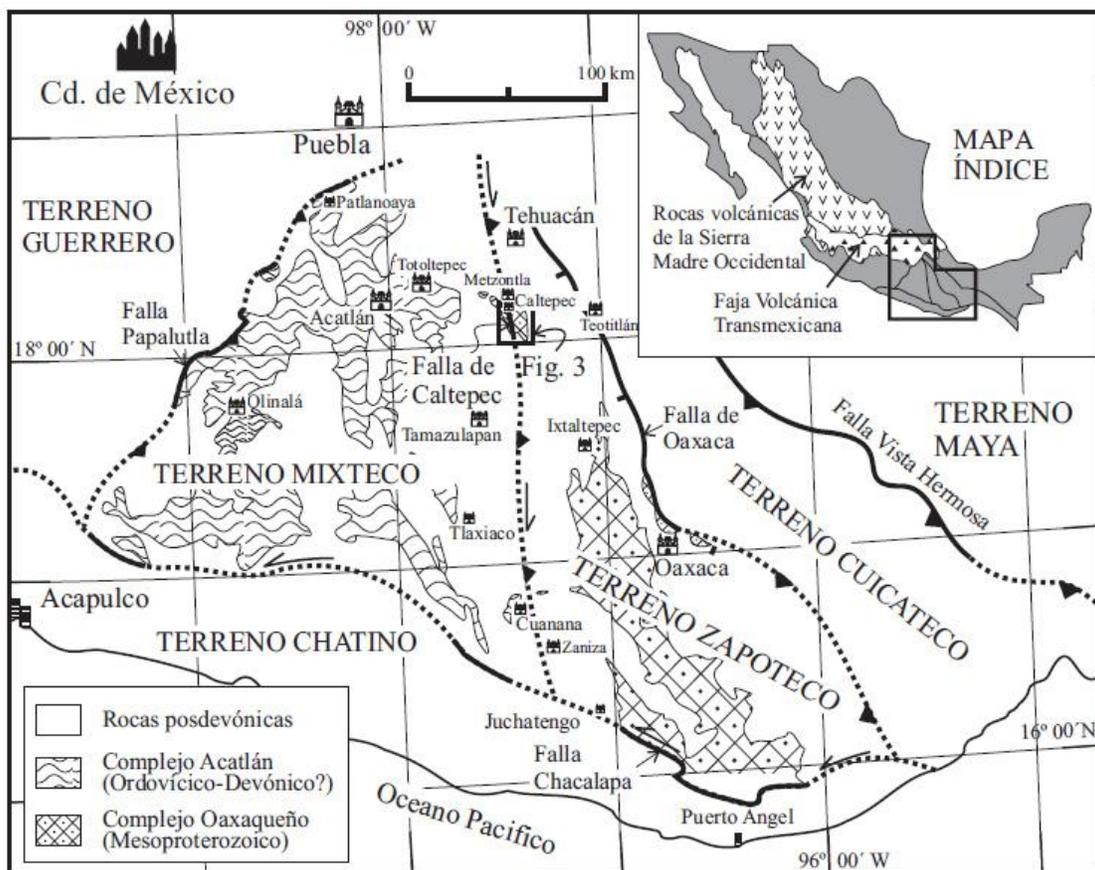


Figura 3.3. Mapa que muestra la distribución de los terrenos tectónicos del sur de México y las fallas que los limitan. Fuente: Elías-Herrera *et al.*, 2005.

A partir de información bibliográfica, así como de las observaciones realizadas durante el trabajo de campo, el mapa geológico de la Figura 3.4, modificado de la Carta Geológico-Minera Oaxaca de Juárez (E14-D47) (SGM, 2007), agrupa a una escala más local 8 unidades litológicas que afloran en la zona de estudio. A continuación se describen cada una de ellas de la más antigua a la más reciente, de acuerdo a la numeración mostrada en el mapa:

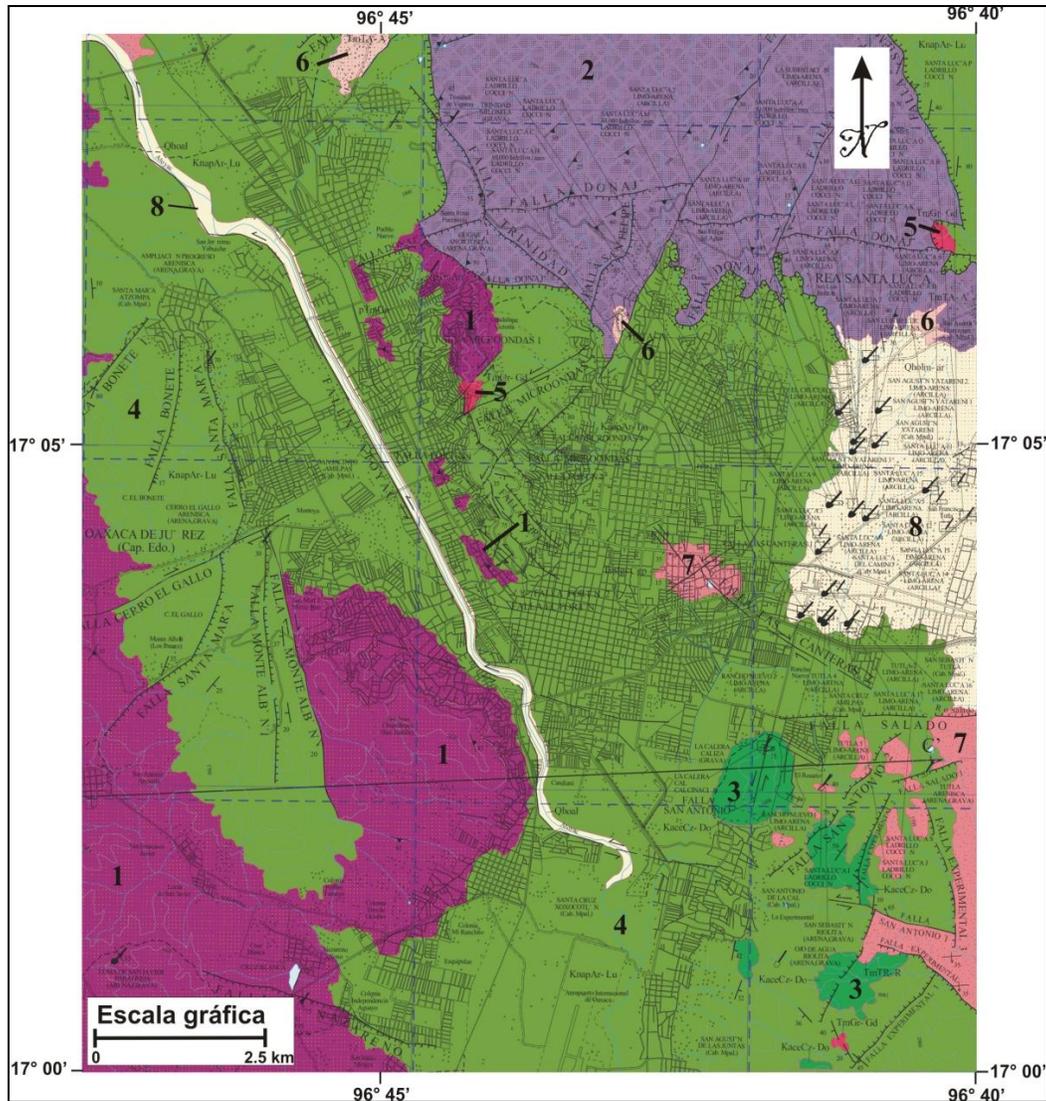


Figura 3.4. Mapa geológico de la zona metropolitana de la ciudad de Oaxaca. 1: Rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño. 2: Rocas de bajo metamorfismo y sedimentarias del Jurásico (Complejo milonítico). 3: Calizas y dolomías del Cretácico. 4: Areniscas y lutitas del Cretácico. 5: Intrusivo granítico del Terciario. 6: Andesita del Terciario. 7: Ignimbrita-conglomerado, toba riolítica del Terciario. 8: Limolita-arena y aluvión del Cuaternario. Modificado de la Carta Geológico-Minera Oaxaca de Juárez (E14-D47), Servicio Geológico Mexicano (2007).

1): Complejo Oaxaqueño. Rocas metamórficas que forman parte del Complejo Oaxaqueño de edad precámbrica. Además de gneis y anortita, este complejo metamórfico está constituido por mármol, diques pegmatíticos y granitos metamórficos. Su distribución se concentra en la parte suroeste del área, principalmente en las agencias Montoya, San Martín Mexicapam y San Juan Chapultepec. Por sus características estructurales y texturales esta unidad presenta problemas de bloques caídos y derrumbes. La fotografía de la Figura 3.5 muestra un afloramiento de estas rocas en el Cerro del Fortín.



Figura 3.5 Afloramiento de rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Oaxaqueño en el Cerro del Fortín.

2): Complejo milonítico. Rocas de bajo metamorfismo y rocas sedimentarias que constituyen un complejo milonítico formado por esquistos. Se distribuye principalmente en el sector NE del municipio, principalmente dentro de la agencia San Felipe del Agua. La principal litología reconocida en el área, es una unidad de esquistos verdes con texturas bandeadas de cuarcitas con tamaños que oscilan de centímetros a decímetros. Esta unidad se encuentra fallada y sus características texturales facilitan los fenómenos de reptación y deslizamientos de suelo. En la fotografía de la Figura 3.6 se observa un corte sobre el camino que deja expuesta la secuencia de esquistos cortados por una falla.



Figura 3.6 Afloramiento de esquistos con falla pertenecientes a la unidad marcada en el mapa con el número 2.

3): Calizas y dolomías del Cretácico. Esta unidad se distribuye principalmente en las agencias Centro y San Felipe del Agua, al sureste del área de estudio. La roca es una caliza masiva micrítica de color *beige-crema*. Su espesor varía de decímetros a metros y en algunos casos se observan bloques con huellas de disolución, lo cual puede ser un indicador de probable existencia de cavernas por karsticidad, aunque en la zona no hay reportes de existencia de estas. Por sus características estructurales de estratificación y fracturamiento esta unidad puede generar bloques rodados. La fotografía de la figura 3.7 muestra un afloramiento de calizas en una de las canteras de la zona.



Figura 3.7. Afloramiento de calizas de la unidad marcada con el número 3 en el mapa geológico. Obsérvese la inclinación de los estratos y la variación en sus espesores.

4): Areniscas y lutitas del Cretácico. Conformada por una secuencia de areniscas y lutitas intercaladas, esta unidad es la de mayor distribución en el área. Las areniscas tienen espesores que varían de 2 a 66 cm y las lutitas de 2 a 20 cm. Las capas de areniscas presentan una alta dureza y grado de litificación semejantes, mientras que las lutitas presentan estratos de diferente dureza y grado de fragmentación (puede llegar a ser milimétrica). Esto influye en que varios de los flancos de cerros conformados por estas rocas presenten diferentes grados de inestabilidad, como es el caso del cerro del Fortín. La fotografía de la Figura 3.8 muestra un afloramiento de esta secuencia sobre la carretera del libramiento norte.



Figura 3.8. Afloramiento de una secuencia de lutitas y areniscas (unidad 4 en el mapa geológico), cuyos estratos se encuentran en posición vertical debido al intenso plegamiento.

5): Intrusivo granítico del Terciario. Esta unidad es la de menor distribución en la zona, ya que solo se observa en dos pequeñas áreas al norte y noreste. La roca es masiva de textura granular, holocristalina y presenta un intenso fracturamiento cuyas dimensiones varían de centímetros a decímetros. Su mineralogía está constituida por cristales de cuarzo, mica y feldespato. Tiene cierto grado de intemperismo químico, lo cual se reconoce en la presencia de caolinita como resultado de la alteración de los feldespatos. Por su grado de fracturamiento y alteración, esta unidad es susceptible de generar bloques caídos de roca. La Figura 3.9 muestra la apariencia de esta roca a escala de afloramiento.



Figura 3.9. Afloramiento del intrusivo granítico identificado con el número 5 en el mapa geológico. Para efectos de escala el martillo mide aproximadamente 30 cm de largo.

6): Andesita del Terciario: Esta unidad tiene también una distribución muy restringida. Solo se observan algunos afloramientos en la parte norte del área, particularmente dentro de la Agencia San Felipe del Agua. La roca es una andesita densa, de carácter masivo de color gris oscuro con textura fanerítica con fenocristales de plagioclasa y anfíbol. Presenta un intenso fracturamiento y fragmentación, lo cual la hace susceptible a derrumbes en cortes inestables. La Figura 3.10 muestra un corte de esta unidad.



Figura 3.10. Corte de un afloramiento de andesita dentro de la Agencia San Felipe del Agua. Esta unidad se identifica con el número 6 en el mapa geológico.

7): Ignimbrita-conglomerado, toba riolítica del Terciario. En esta unidad se agrupan unidades de origen volcánico y volcano-sedimentario. Su distribución es restringida, principalmente en las zonas central y oriental del área, dentro de las agencias Centro y Cinco Señores. En la base y parte posterior del edificio “Las Canteras”, en el parque del mismo nombre, aflora una roca ignimbrítica usada como cantera en varios de los edificios de la ciudad de Oaxaca (Figura 3.11). Es una roca de color verde pálido, de estructura masiva, baja densidad y muy vesiculada. Su mineralogía está formada por cristales de cuarzo y feldespato. Presenta oquedades por ausencia de minerales o xenolitos más blandos (muy presumiblemente de pómez), que ya se disolvieron. Algunas de estas oquedades son alargadas.

Presenta fallas en dos planos paralelos con una orientación de $N86^{\circ}E/28^{\circ}N//130^{\circ}$ o 40° .

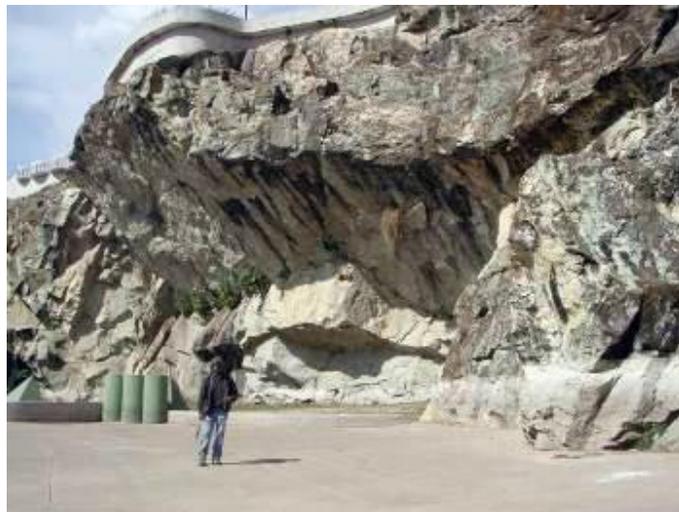


Figura 3.11. Ignimbrita color verde claro en un corte en el parque Las Canteras.

8): Limolita-arena y aluvión del Cuaternario. Esta unidad está constituida por depósitos sedimentarios recientes, constituidos por arena fina y gruesa, los cuales se distribuyen en la parte centro-oriental del área cubierta por el mapa geológico, particularmente en la Agencia Centro y en el municipio vecino de Santa Lucía del Camino. Por su naturaleza reciente es un material no consolidado que forma estratos horizontales, los cuales están asociados con las zonas de inundación de los valles fluviales. El crecimiento de la mancha urbana dificulta su identificación.

El diagrama de pastel de la Figura 3.12 muestra la distribución porcentual de las unidades anteriormente descritas.

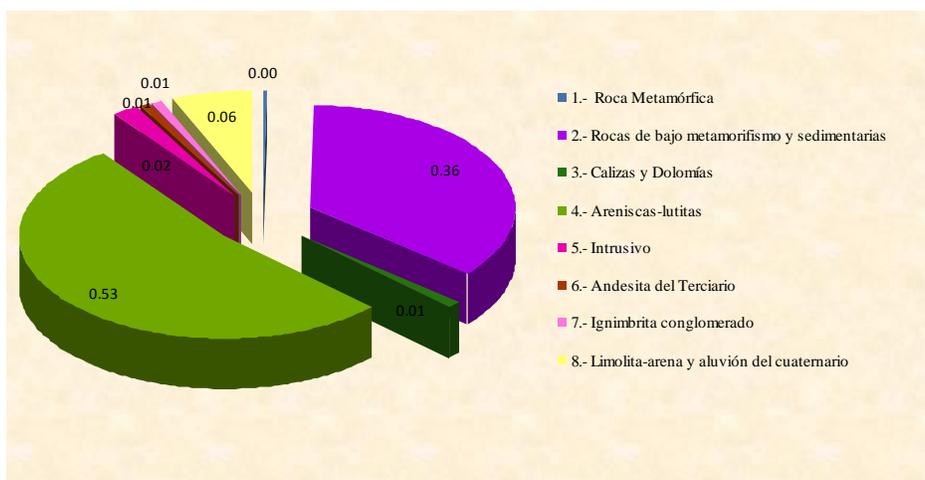


Figura 3.12. Distribución porcentual de la litología en el municipio de Oaxaca de Juárez de acuerdo al mapa geológico de la Figura 3.4.

Geomorfología

La identificación de las diferentes geoformas de la zona de estudio, ha sido determinada tomando en cuenta las siguientes características: tipo de roca, pendiente o inclinación del terreno, hidrología superficial y altimetría. Esto se realizó mediante el análisis de los mapas de pendientes, altimétrico, hidrológico y geológico. La Figura 3.13 muestra el mapa geomorfológico del área estudiada.

Topográficamente la región se eleva gradualmente de los 1500 hasta los 3100 m s.n.m. La máxima elevación se localiza al noreste y constituye la cima del Cerro Peña de San Felipe; sin embargo, se observan elevaciones menores con alturas que van de los 1800 a los 1900 m s.n.m. Las zonas bajas se encuentran entre los 1500 y 1600 m s.n.m y forman una planicie rellena por sedimentos producidos por la erosión de las rocas que rodean a estas planicies. Esto permite diferenciar cuatro unidades geomorfológicas: relieve de montaña alta, relieve de montaña baja, pie de montaña o piedemonte y planicie o llanura.

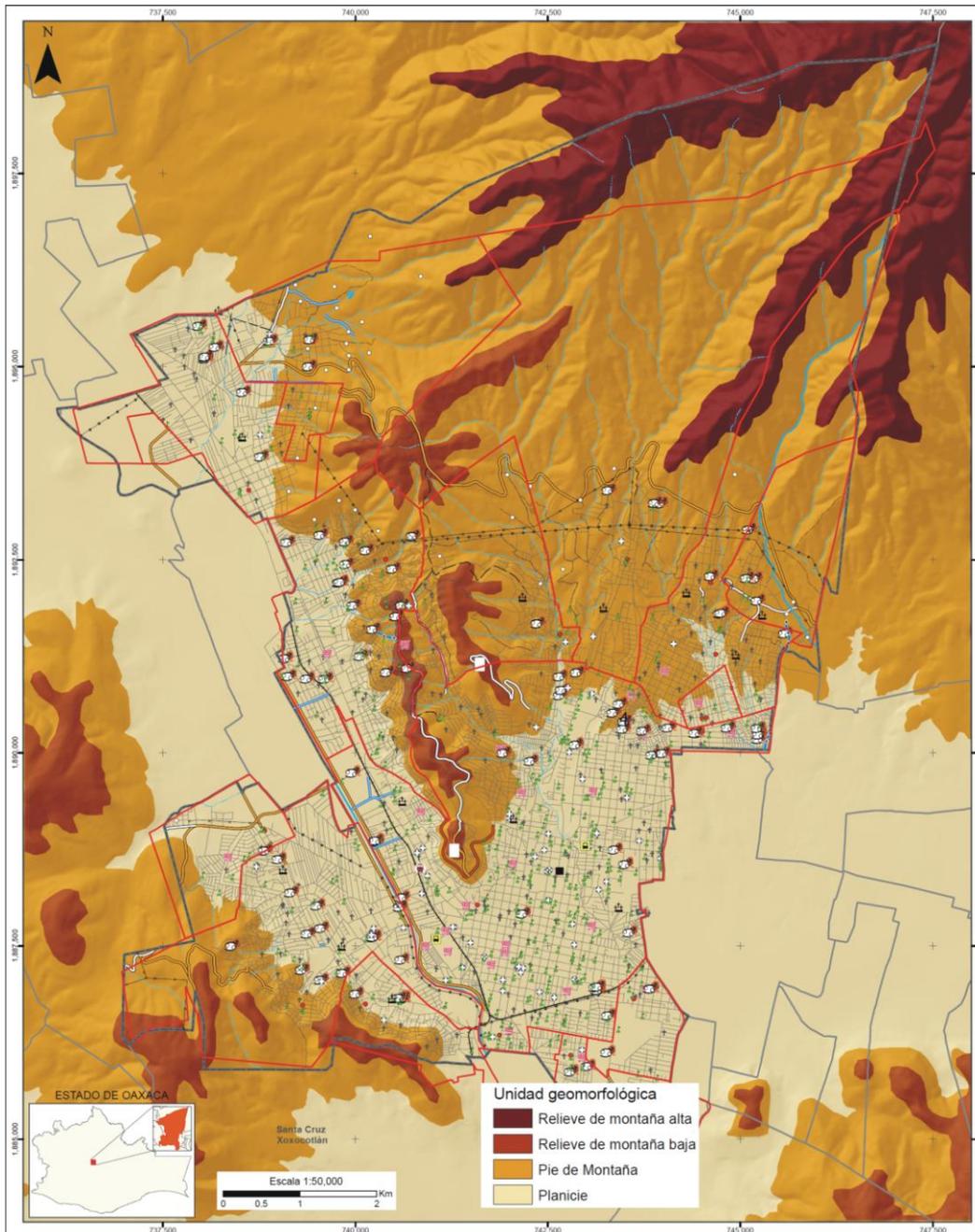


Figura 3.13. Mapa con las principales unidades geomorfológicas de la zona de estudio.

Relieve de montaña alta. El extremo NE es la región más alta del municipio y se encuentra entre los 3200 y 2900 m s.n.m. Está constituido por la cima del Cerro Peña de San Felipe lo cual da origen al relieve de montaña alta. Esta unidad geomorfológica está formada por terreno rocoso formado por rocas metamórficas, con un desnivel de 200 a 300 m en una distancia que entre 0.5 y 1 km, lo cual implica que sus pendientes varían entre 40° y 60° . En esta unidad se ubican las cabeceras de los principales ríos de la región.

Relieve de montaña baja. Esta unidad está conformada por elevaciones menores que varían entre los 1800 y 1900 m s.n.m. Se localiza en los extremos suroeste y sureste formando una sierra orientada NE-SW. Litológicamente está constituida por areniscas y lutitas. Las pendientes varían entre los 30 y 40° y capta las aguas de escurrimiento superficial que conforman los arroyos secundarios.

Pie de montaña. Esta unidad geomorfológica desarrolla un declive de 1.5 a 3 km de longitud que va desde los 1700 a los 2800 m s.n.m. Los perfiles transversales de los valles son en forma de V, los cuales están relacionados con una red fluvial cuyo patrón de drenaje es angular con una orientación que varía de NE a N. Las principales redes tienen longitudes de 4 a 7 km, con ramales de segundo orden de 0.5 a 2 km de longitud. Su rango de pendientes es de 20°-40°. Esta zona presenta también un relieve pronunciado, originado por la presencia de cuerpos intrusivos con pendientes de 30 a 40°.

Planicie. Esta unidad geomorfológica es la de mayor extensión dentro del municipio. Altitudinalmente se ubica entre los 1000 a 1500 m s.n.m. Se caracteriza por ser una superficie de relieve plano con pendientes bajas que varían entre 0° a 10°. Está constituida por areniscas, lutitas y aluvión, poco o nada consolidados.

Edafología

Los procesos responsables de la formación de suelos pueden ser de origen residual o transportado. En el primer caso, la meteorización (desintegración mecánica o descomposición química) tiene una función importante para alterar las rocas que conforman la corteza terrestre y así determinar el tipo de suelo que se forma a partir de una roca original. El clima tiene una influencia determinante en el tipo de suelo resultante. En el segundo caso, los procesos de transporte ya sea hídrico o eólico tienen un papel determinante y están regidos por el depósito de material erosionado, transportado y depositado en sitios distantes a su fuente de origen. El perfil de un suelo de la cima a su base, consta de los siguientes horizontes:

Horizonte A: Rico en materia orgánica. Está en contacto con la atmósfera. Aloja las raíces de plantas y vida vegetal en general.

Horizonte B: Poca materia orgánica. Contiene minerales disueltos precipitados del horizonte A, así como fragmentos de la roca original muy alterados.

Horizonte C: El contacto con el horizonte B está constituido por rocas fracturadas y alteradas. Su base está formada por la roca madre a partir de la cual se origina el suelo sobre yacente.

La clasificación de suelos que se describe a continuación, se basa en la propuesta por FAO (1988), así como la posterior actualización de este documento (IUSS, Grupo de Trabajo WRB, 2007). La distribución y características de los suelos existentes en el Municipio de Oaxaca de Juárez fueron tomadas del Mapa de Suelos del INEGI serie I, escala 1:250,000 (Figura 3.14).

Además de un 21 % de la superficie total del mapa, la cual abarca el área urbanizada, el resto se distribuye en los siguientes tipos de suelos:

1). Acrisol: Cubre un 27 % de la superficie. Este tipo de suelos se desarrollan principalmente sobre productos de alteración de rocas ácidas, con elevados niveles de arcillas muy alteradas, las cuales pueden sufrir posteriores degradaciones.

2). Feozem: Cubre un 4 % de la superficie. Son suelos de color oscuro con alto contenido de materia orgánica.

3). Fluvisol: Cubre el 3% del área. Son suelos asociados con material aluvial generalmente distribuidos dentro de los valles o zonas de inundación de los ríos.

4). Litosol: Cubre el 11 % de la superficie. Constituyen la etapa primaria de formación del suelo, la capa del mismo es menor a 10 cm de espesor, predominando en ella la materia orgánica, con una fertilidad de media a alta. Se presentan en pendientes pronunciadas.

5). Luvisol: Cubre el 3 % de la superficie. Son suelos que predominan en áreas de relieves montañosos, ondulados y de mesetas, de fertilidad media, presentan buen drenaje. Resultan de la acumulación de arcillas derivadas de horizontes superiores y de ahí su característico color rojizo. Presentan alta susceptibilidad a la erosión. Su mayor potencialidad es el uso silvícola.

6). Regosol. Cubren un 21 % de la superficie. Son suelos desarrollados sobre materiales poco consolidados, generalmente muy alterados y con una escasa evolución. Son comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y regiones monañosas.

7). Vertisol: Cubren un 11 % de la superficie. Son suelos con media a alta fertilidad, de textura arcillosa. Presentan problemas de drenaje y con tendencia a la salinidad. Cuando están secos se agrietan y cuando están húmedos son plásticos y pegajosos, lo cual presenta problemas para el manejo agrícola y riesgos a las construcciones debido a asentamientos diferenciales.

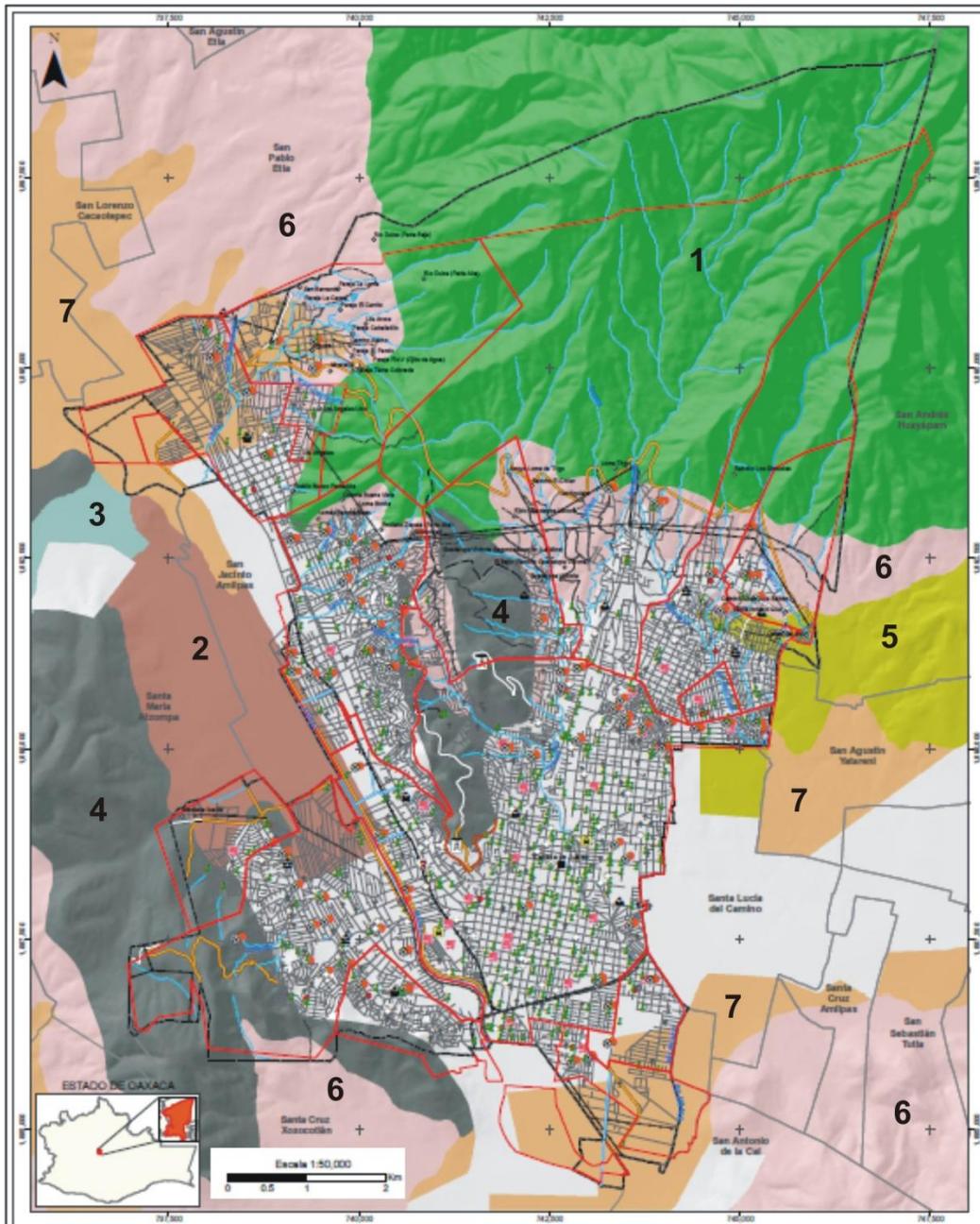


Figura 3.14. Mapa edafológico del municipio de Oaxaca de Juárez. 1: Acrisol. 2: Feozem. 3: Fluvisol. 4: Litosol. 5: Luvisol. 6: Regosol. 7: Vertisol. Fuente: Mapa de Suelos, INEGI serie I, escala 1:250,000.

La gráfica de pastel de la Figura 3.15 muestra la distribución porcentual de los suelos descritos anteriormente.

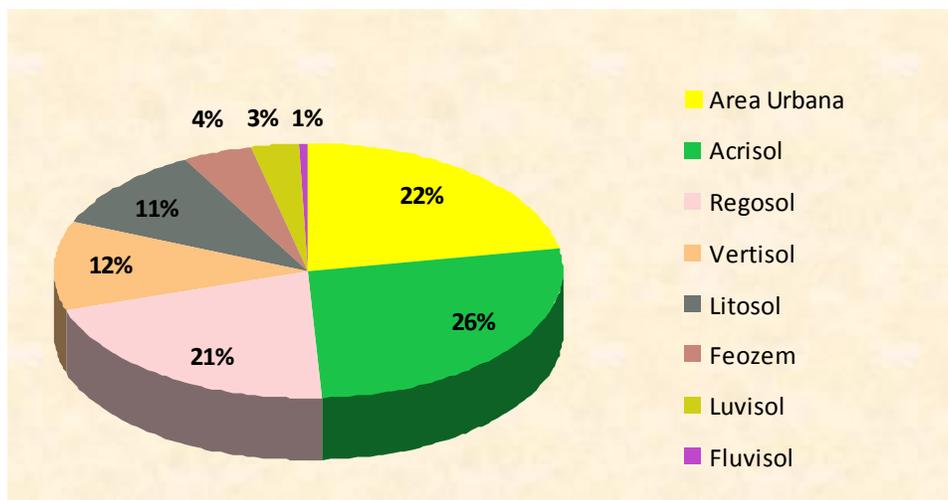


Figura 3.15 Distribución en por ciento de los tipos de suelos del municipio de Oaxaca

Hidrología

El Municipio de Oaxaca de Juárez se localiza dentro de la región hidrológica Costa Chica-Río Verde y pertenece a la subcuenca del Río Atoyac que descarga sus aguas hacia el Océano Pacífico. Los ríos principales son: el Atoyac al oeste, cuyos arroyos tributarios más importantes se conocen con los nombres de Tecolote, Viguera y Seco; y el Salado al este, cuyos arroyos tributarios más importantes son el Tarabundi, Barniz y Amapolas.

La longitud de los ríos intermitentes se estima en 123.02 km y la de los perennes en 11.89 km. La Figura 3.16, tomada de información de la Red Hidrográfica SIATL, muestra las principales cuencas hidrográficas de la región.

Los ríos perennes e intermitentes escurren predominantemente de norte a sur de las zonas altas de la Sierra Juárez. Su densidad es relativamente baja con un patrón de drenaje de tipo angular a subparalelo, en donde la dirección principal de flujo es de NW-SE en el río Atoyac y de NE-SW en el río Salado. La Figura 3.17 muestra la red hidrológica de la zona de estudio.

De acuerdo a las características geológicas del área, las rocas que predominan son de baja permeabilidad, por esta razón, y considerando las pronunciadas pendientes que constituyen las laderas de la sierra, estas microcuencas tienden a ser de respuesta rápida, lo que implica que ante un aguacero de alta intensidad en las zonas altas, la mayoría del agua escurrirá superficialmente y de manera torrencial en un tiempo muy corto.

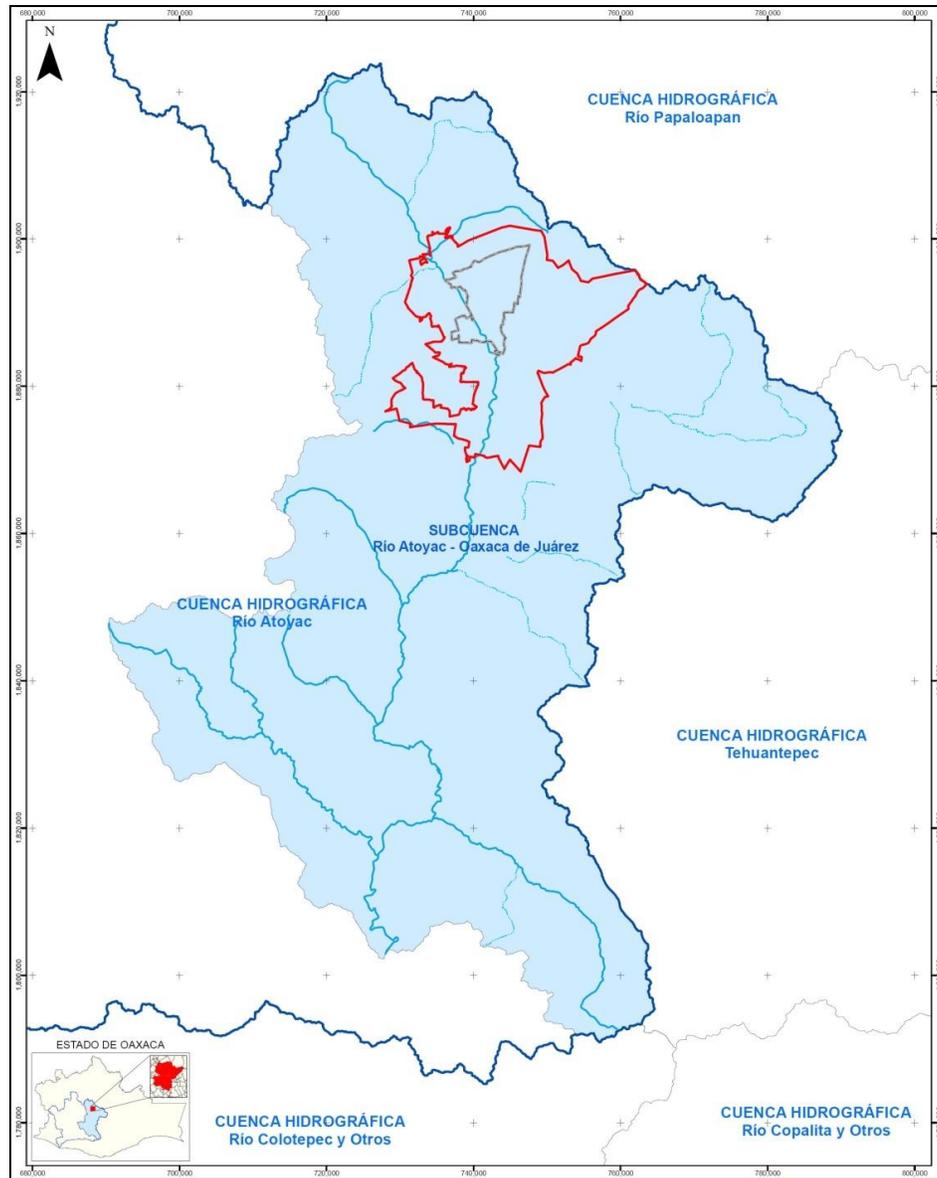


Figura 3.16. Principales cuencas hidrográficas de la región central de Oaxaca. La línea gruesa en azul delimita la región hidrológica Costa Chica-Río Verde, dentro de la cual se encuentra la zona de estudio. Los polígonos con línea roja y gris delimitan la zona metropolitana y el municipio de Oaxaca de Juárez, respectivamente. Fuente: Red Hidrográfica SIATL, INEGI.

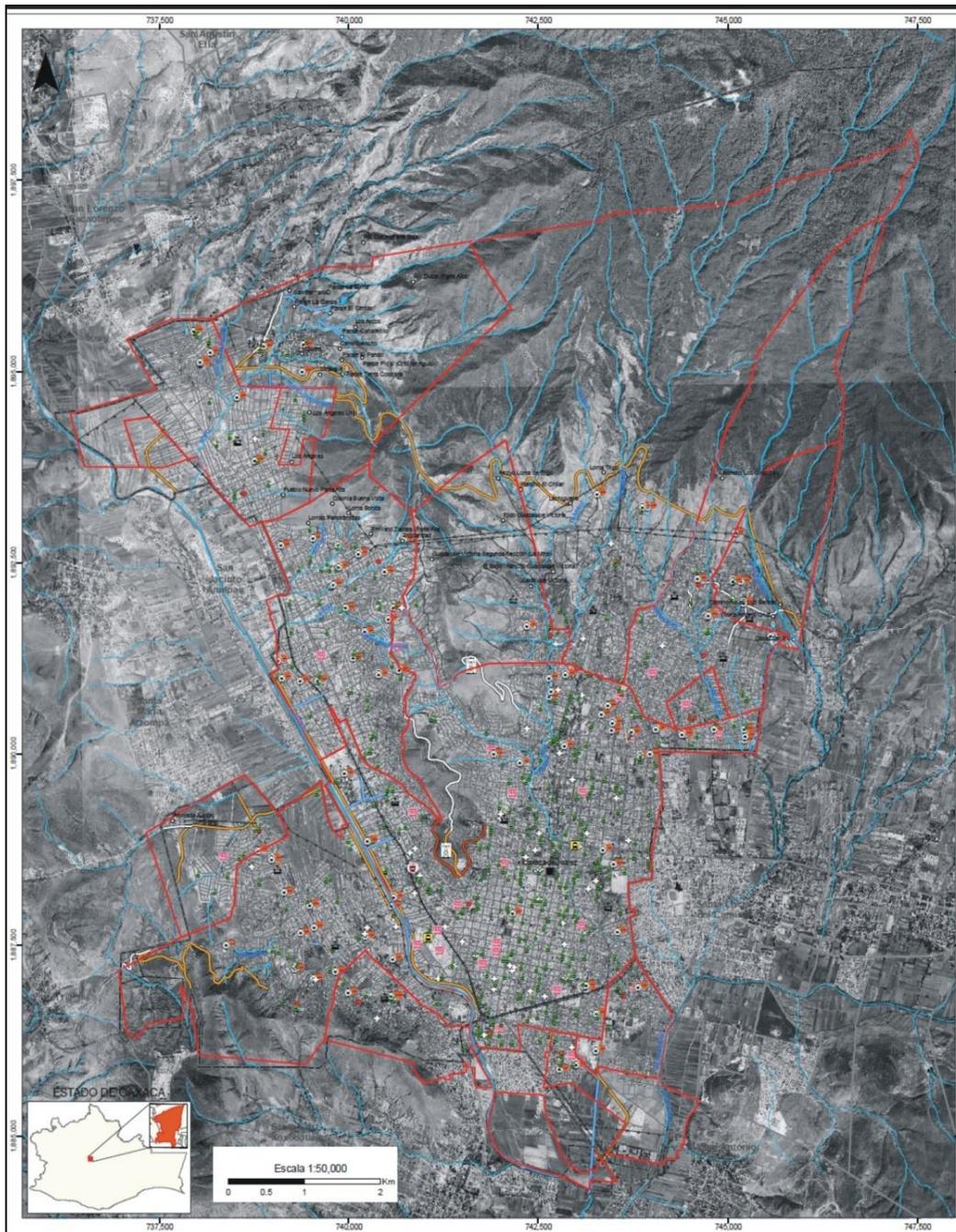


Figura 3.17. Mapa con la red hidrológica de la zona del municipio de Oaxaca de Juárez y áreas circunvecinas.

Climas

Dentro del área de estudio que abarca el mapa base, se dan al menos seis tipos de climas, los cuales son: semicálido-subhúmedo AC(w0), semifrío (Cb)w2, semiárido cálido BS1(h')w) y tres tipos de templado subhúmedo C(w1), C(w2) y C(w0). Su distribución se muestra en el mapa de climas (Figura 3.18) tomado de la carta E14D47 escala 1:50,000 del INEGI, complementado con datos de los climas de México (García, E., CONABIO, 1998).

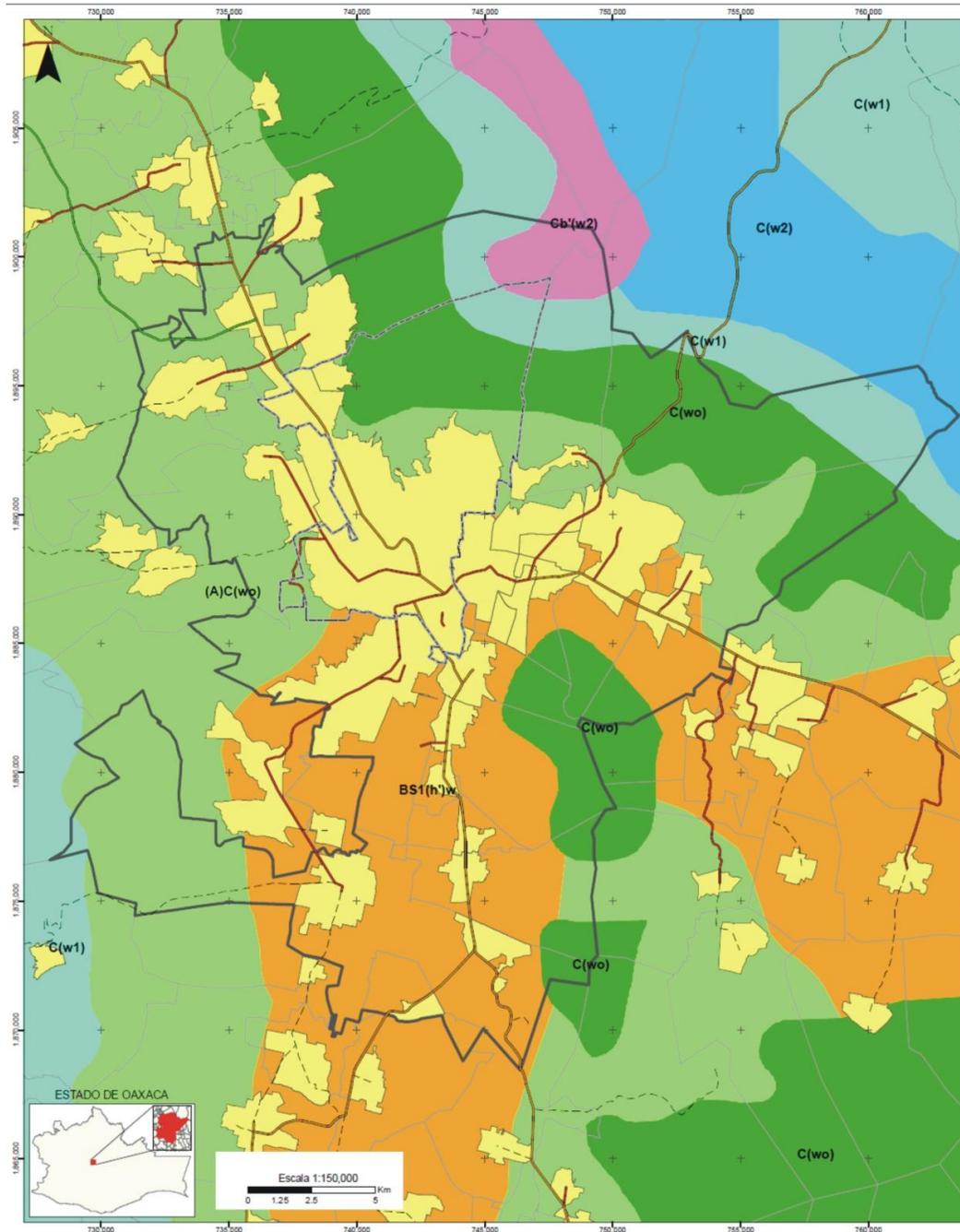


Figura 3.18. Mapa con la distribución de los diferentes tipos de climas que predominan en la zona de estudio. AC(wo): semicálido-subhúmedo, (Cb)w2: semifrío, BS1(h')w: semiárido cálido y tres tipos de templado subhúmedo C(w1), C(w2) y C(wo). Los polígonos en amarillo delimitan áreas urbanas. El polígono en línea oscura delimita la zona metropolitana de Oaxaca. Fuente INEGI y García, E.-CONABIO, 1998.

Vegetación

La información referente al tipo de vegetación y uso de suelo que se encuentra en el municipio está tomada de la cobertura Nacional desarrollada por el INEGI Serie III, escala 1:250,000. El mapa de la Figura 3.19 muestra la distribución espacial de los diferentes tipos de vegetación existentes en la zona de estudio. La Figura 3.20 y la Tabla 3.1 muestran la distribución porcentual y las áreas respectivas de los tipos de vegetación.

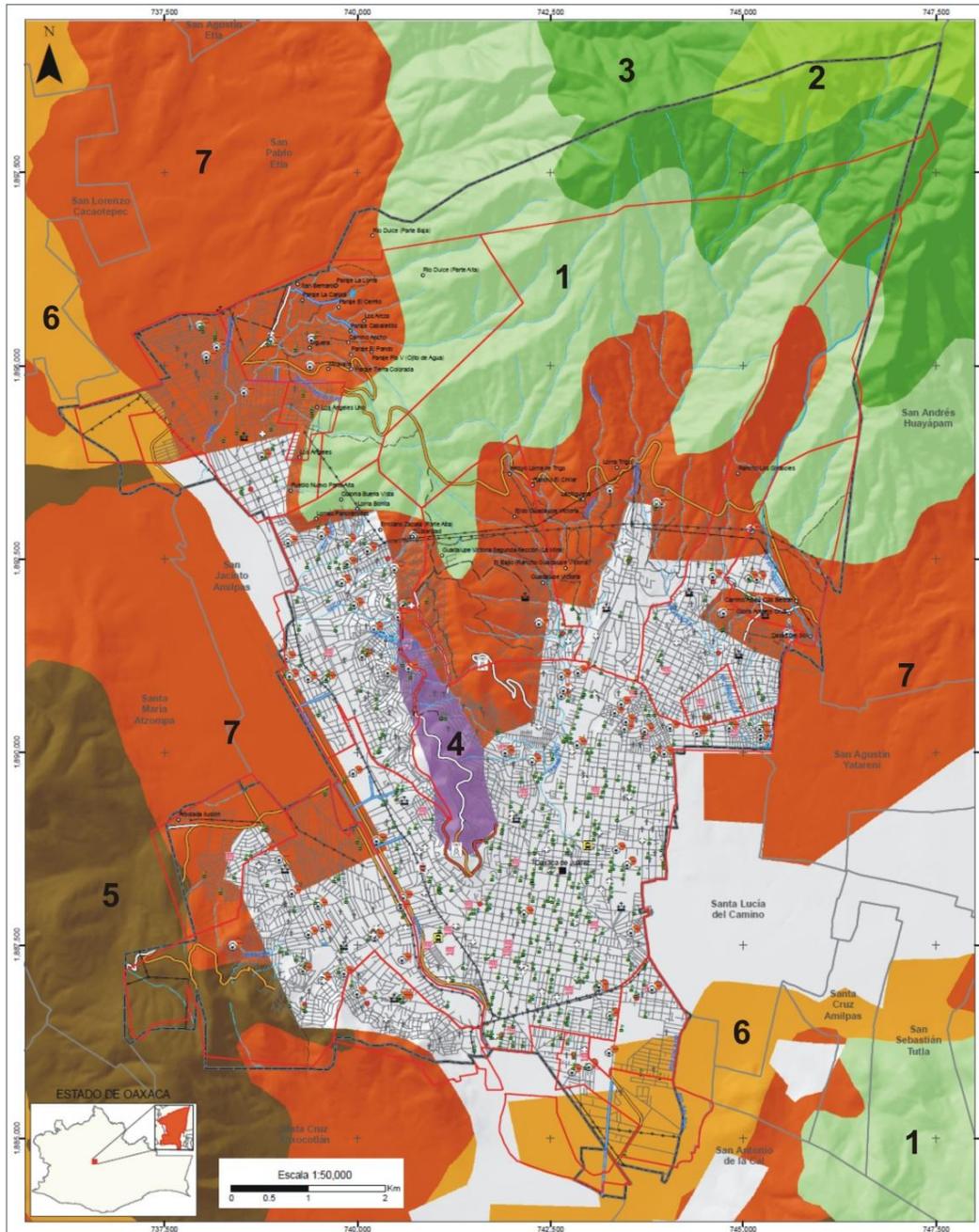


Figura 3.19. Mapa que muestra la distribución espacial de los diferentes tipos de vegetación en la zona de estudio. 1) bosque de encino, 2) bosque de pino, 3) bosque de pino encino, 4) selva baja caducifolia, 5) pastizal inducido, 6) riego y 7) temporal. Las zonas en blanco corresponden a áreas urbanas. Fuente: Carta E14-9, escala 1:250,000, INEGI.

En el mapa se observan los siguientes tipos de vegetación, los cuales se mencionan de acuerdo al número con el que se identifican: 1) bosque de encino, 2) bosque de pino, 3) bosque de pino encino, 4) selva baja caducifolia. Así mismo en el mapa se incluyen también los siguientes tipos de uso: 5) pastizal inducido, 6) riego y 7) temporal.

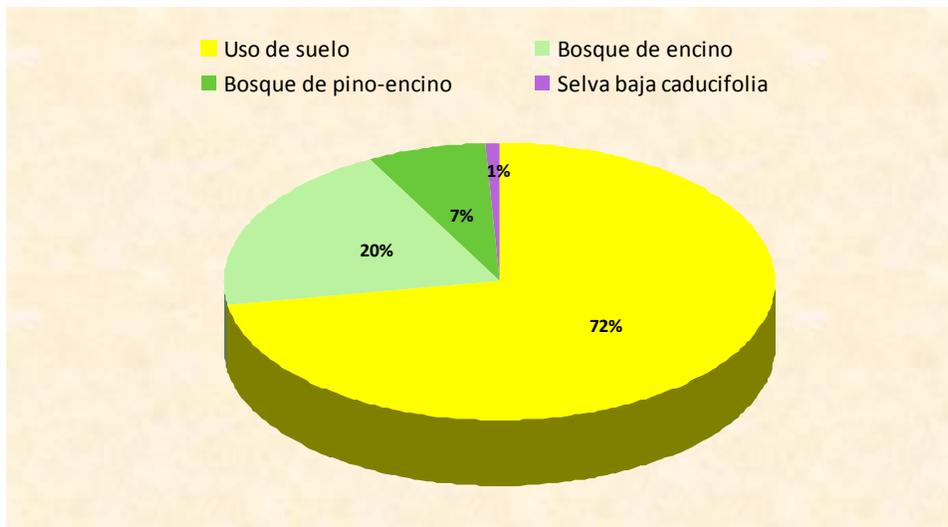


Figura 3.20. Distribución porcentual de los tipos de vegetación y usos del suelo en el área de estudio.

Tabla 3.1. Distribución porcentual y áreas cubiertas por los tipos de vegetación en el municipio de Oaxaca de Juárez.

Tipo	Área (Km ²)	%
Bosque de encino	20.61	23.01
Bosque de pino	1.88	2.10
Bosque de pino-encino	5.96	6.66
Pastizal inducido	2.42	2.70
Riego	3.16	3.52
Selva baja caducifolia	1.82	2.03
Temporal	24.27	27.09
Zona Urbana	29.46	32.88
Área Municipal =	89.58	100.00

A continuación se describen las principales características de los diferentes tipos de vegetación encontrados en la zona de estudio:

1). Bosque de encino: Está conformado por especies de encinos y robles del género *Quercus*; estos bosques generalmente se encuentran como una transición entre bosques de coníferas y selvas. Pueden alcanzar desde los 4 hasta los 30 m de altura, más o menos abiertos o muy densos. Estos bosques son explotados con fines forestales y extracción de madera, por lo que tienden a pasar a fases secundarias, las que a su vez son incorporadas a la actividad agrícola y pecuaria.

2). Bosque de pino: Es una comunidad siempre verde, constituida por árboles del género *Pinus*. Son de gran importancia económica en la industria forestal. La vegetación está dominada por diferentes especies de pino con alturas de 15 a 30 m. Los pinares tienen un estrato inferior relativamente pobre en arbustos, pero con abundantes gramíneas, esta condición se relaciona con frecuentes incendios y la tala inmoderada.

3). Bosque de pino-encino: Esta zona está compartida por las diferentes especies de pino (*Pinus spp*) y encino (*Quercus spp*). El uso es forestal comercial. Las materias primas que estos bosques suministran a la industria son pulpa para papel, celulosa y madera para elaboración de varios productos, así como resina para la fabricación de la brea.

4). Selva Baja Caducifolia: Se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálido subhúmedo, semiseco o subseco. Esta selva presenta corta altura de sus componentes arbóreos, normalmente de 4 a 10 m, muy eventualmente de hasta 15 m o un poco más. El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas.

5). Pastizal Inducido: Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

6). Agricultura de Riego: Considera los diferentes sistemas de riego, básicamente es la manera de cómo se realiza la aplicación del agua; considera la forma de transporte de agua como bombeo o gravedad, en general implica el suministro del agua para cultivos. Es independiente de la duración del cultivo sea por meses, años o décadas.

7). Agricultura de Temporal: Son aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia, independientemente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, un año o más de diez como los frutales. O bien son por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal.

Uso de suelo

En el mapa de la Figura 3.21 se muestra la distribución de los diferentes usos de suelo dentro del área de estudio, los cuales se describen a continuación:

Área urbana: De acuerdo con el INEGI, una población se considera urbana cuando viven más de **2500** habitantes. Presenta un mayor precio de la superficie y una menor presencia de empleo en el sector primario que las zonas rurales. Se caracterizan por el desarrollo de su sector secundario (industrial) y terciario (servicios).

Dentro de lo que se considera uso agrícola se tienen la siguiente clasificación, tomada de la carta E14-9 escala 1:250,000 del INEGI:

Anual (TA): Estas zonas se usan para agricultura de temporal con cultivos anuales.

TAS: Zonas dedicadas para agricultura de temporal con cultivos anuales y semipermanentes.

RS: Zona dedicada a la agricultura con riego semipermanente.

Otros usos del suelo indicados en la Figura 3.20, dedicados a la cobertura vegetal son:

Bosque (1), selva (2) y pastizal inducido (3).

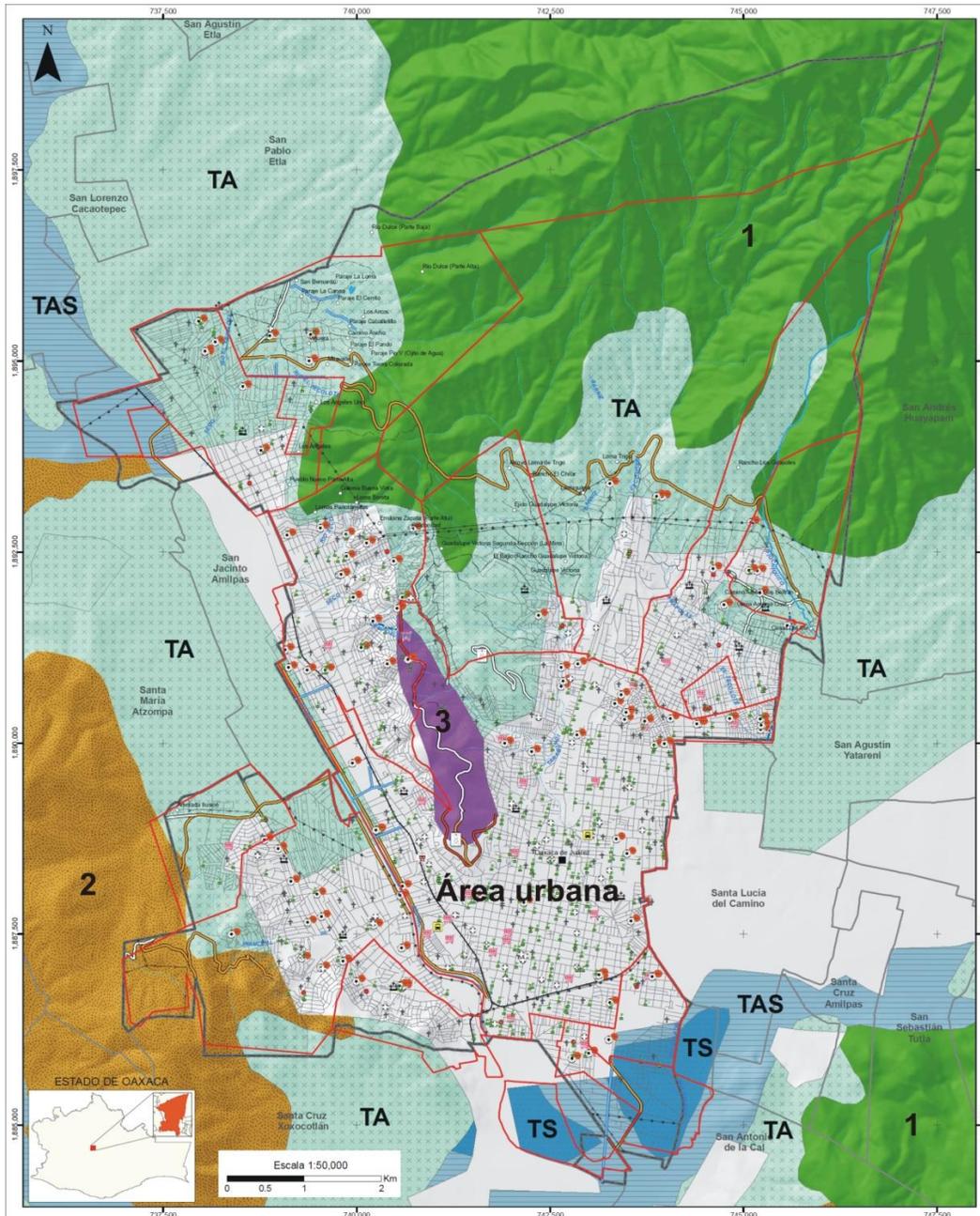


Figura 3.21. Distribución del uso de suelo dentro del Municipio de Oaxaca de Juárez y zonas circunvecinas. Fuente: Carta E14-9 escala 1:250,000, y Guía para la interpretación de información cartográfica impresa y digital de uso de suelo, INEGI.

Áreas naturales protegidas

Dentro de la categoría de áreas naturales protegidas, se consideran dos: el Parque Nacional Benito Juárez localizado al noreste del municipio en la zona alta, el cual tiene una superficie de 1431 ha. Además existe una zona sujeta a conservación ecológica cuya superficie es de 1903 ha, esta se localiza en las zonas intermedias y bajas del municipio. La distribución de las áreas naturales se muestra en el mapa de la Figura 3.22.

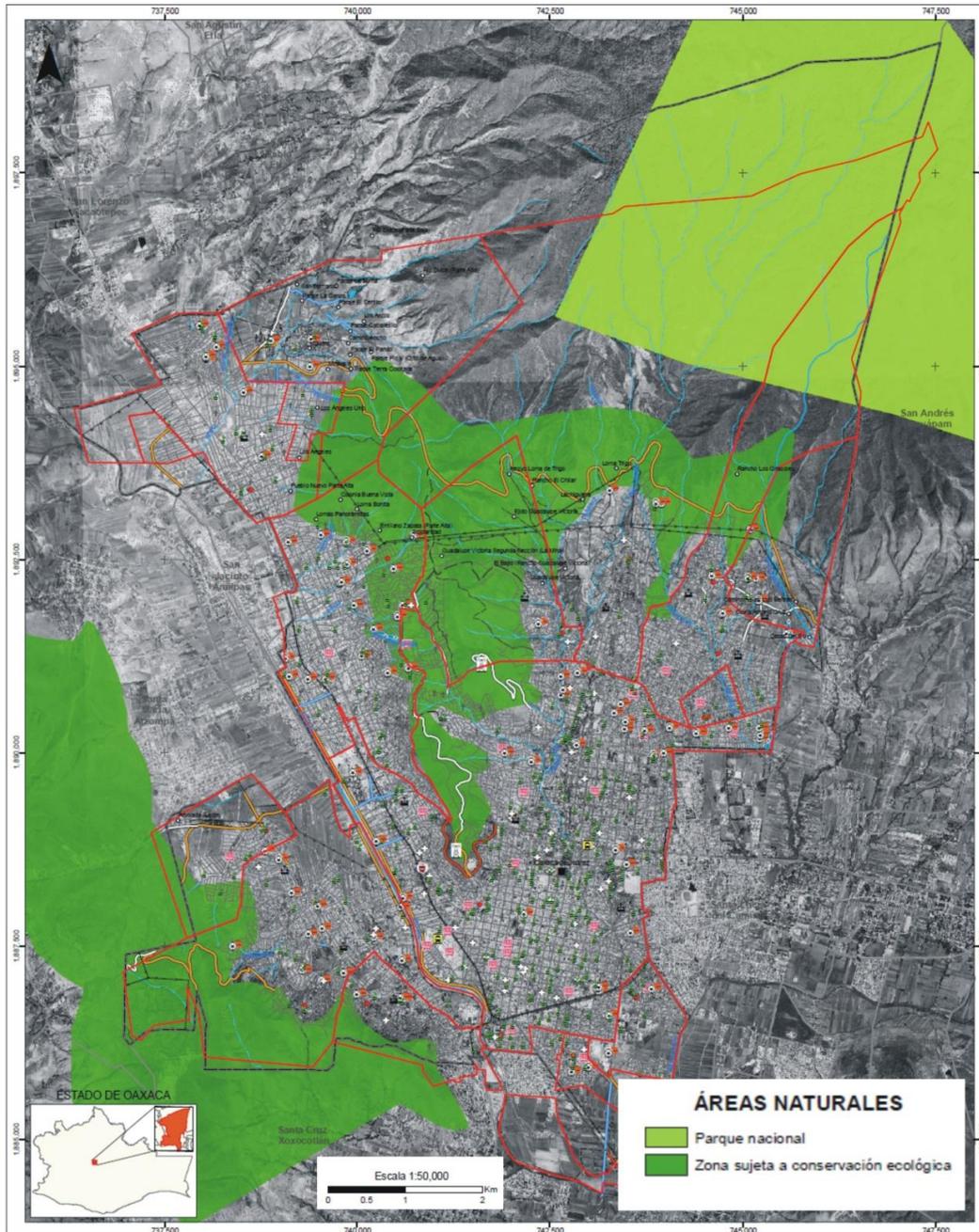


Figura 3.22. Distribución de las áreas naturales protegidas dentro del Municipio de Oaxaca de Juárez.

Problemática ambiental

En mayor o menor medida, dentro del área urbana y suburbana del municipio, los procesos naturales que producen deslizamiento de laderas, derrumbes y flujos de agua y lodo, se han visto inducidos por la deforestación, así como por los cortes y modificaciones a los escurrimientos superficiales provocados por la construcción de avenidas, calles y carreteras, y en general por todas aquellas alteraciones al terreno resultantes de la urbanización y el crecimiento descontrolado de la mancha urbana.

Lo anterior ha traído como consecuencia el incremento de zonas vulnerables a hundimientos, deslaves y deslizamientos de suelos y roca. La actualización y rescate de la información existente se hace ahora una labor imprescindible para establecer políticas preventivas, las cuales aporten datos valiosos para la realización de obras de remediación, así como para evitar el crecimiento de la mancha urbana hacia zonas consideradas de alto peligro.

Otro aspecto ambiental que merece una atención muy importante, es el manejo de las aguas residuales, y en general los desechos sólidos que se generan en el municipio y sus áreas conurbadas. Ambos aspectos tienen un impacto determinante en la calidad de vida de los habitantes.

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS

Dinámica demográfica

La población del municipio de Oaxaca de Juárez está compuesta por un 53.5% de mujeres y un 46.5% de hombres (Figura 4.1). El índice de masculinidad indica que hay 86.9 hombres por cada cien mujeres, relación significativamente menor al promedio estatal, que es de 91.73. La mitad de la población del municipio tiene 28 años o menos, la edad mediana para las mujeres es de 29 años y para los hombres de 26. Es una población ligeramente más envejecida que la media estatal pues la edad mediana de la entidad es de 24 años (25 para las mujeres y 23 para los varones).

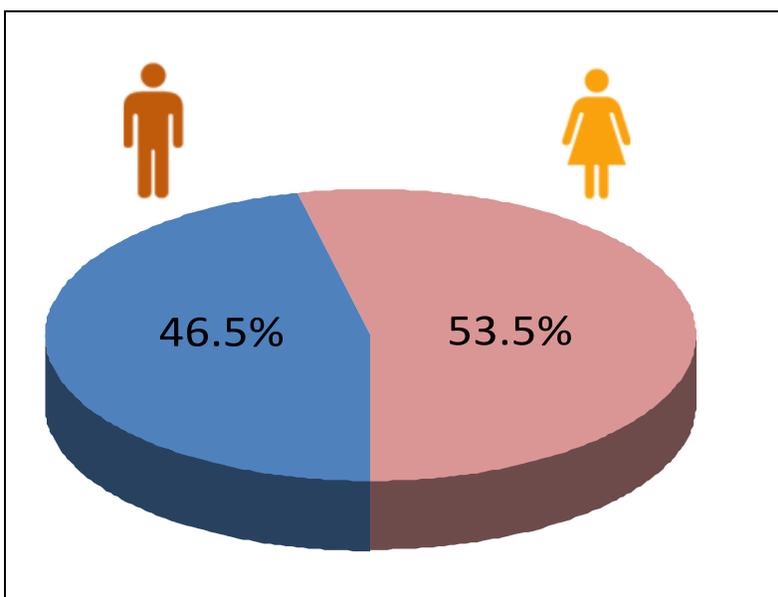


Figura 4.1 Distribución porcentual entre hombres y mujeres en el municipio de Oaxaca de Juárez.

Estructura de la población por edad y sexo

La pirámide del municipio (Figura 4.2), permite ver que la base de esta presenta un proceso de contracción pues los grupos que van de los 0 hasta los 14 años se han reducido significativamente. La reducción de la fecundidad en el municipio ha tenido efectos sumamente notables; por otro lado, hay una presencia considerable de jóvenes, pues la gráfica demuestra que los grupos de edad 15-19 y 20-24 años superan en proporción al resto de los grupos etáreos, incluidos los niños.

Oaxaca de Juárez, 2010. Pirámide de población

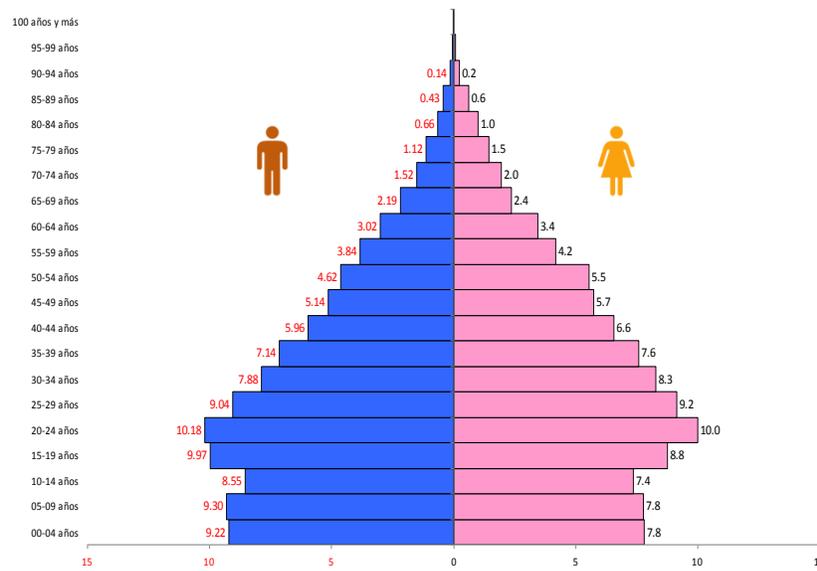


Figura 4.2 Pirámide de edades, en el municipio de Oaxaca de Juárez.

En la gráfica de la figura 4.3, se hace una comparación de las estructuras poblacionales del municipio de Oaxaca y de la entidad, para resaltar el *déficit* que presenta el primero en los grupos de edad de la base. La entidad presenta una pirámide aún de tipo expansivo, lo que indica altos niveles de fecundidad y que la dinámica a nivel estatal es aún de crecimiento, contrario a lo que ocurre en el municipio de Oaxaca. Puede verse claramente la presencia mayor de jóvenes y de población en edad de trabajar, esto está ligado al proceso de migración, pues la ciudad de Oaxaca, como municipio central de una Zona Metropolitana, representa un lugar de atracción para los migrantes laborales.

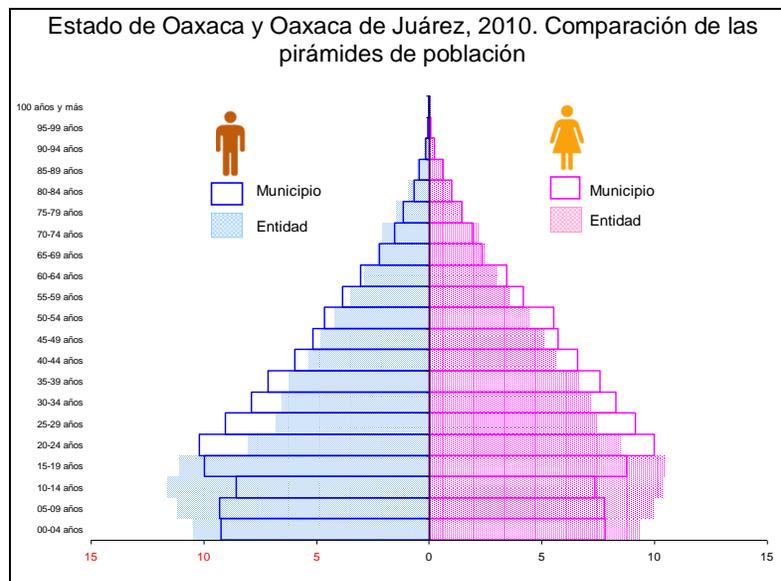


Figura 4.3 Comparación de las pirámides de población entre el estado de Oaxaca y el municipio de Oaxaca de Juárez.

Evolución del volumen de población

En la primera mitad de la década de los años noventa, el municipio de Oaxaca tenía aún una dinámica de población expansiva, pero en adelante inició una significativa desaceleración en su crecimiento. En la Tabla 4.1 puede verse que el ritmo de crecimiento ha tenido tal declive que presenta tasas menores a la media nacional y estatal. En el período 2005-2010¹, presentó incluso una tasa negativa.

Tabla 4.1. Ritmo de crecimiento de la población de Oaxaca de Juárez con respecto a cifras nacionales.

República Mexicana, Estado de Oaxaca y Oaxaca de Juárez, 2010. Población de 5 años y más según nivel de escolaridad (números absolutos y relativos)						
	Población de 5 años y más	Sin escolaridad	Educación básica	Educación media superior	Educación superior	No especificado
República Mexicana	100410810	6019391	65723960	15139875	12958785	568799
Oaxaca	3405990	388947	2378593	367115	256797	14538
Oaxaca de Juárez	235,762	8684	125090	42309	58714	965
República Mexicana	100.00	6.0	65.5	15.1	12.90	0.60
Oaxaca	100.00	11.40	69.8	10.8	7.50	0.40
Oaxaca de Juárez	100.00	3.70	53.1	17.9	24.90	0.40

Fuente: Cálculos propios con información del Censo de Población y Vivienda, 2010, INEGI.

¹ Las tasas se calcularon con la transformación logarítmica de la fórmula de crecimiento geométrico: $\log(1+r) = \frac{\log x_t - \log x_o}{t}$, En donde t es el número de años, r la tasa de crecimiento, X_t el año "final" y x_o el año inicial

La gráfica de la Figura 4.4 ilustra la pronunciada caída de la dinámica demográfica del municipio en comparación con la que registran la entidad y el país.

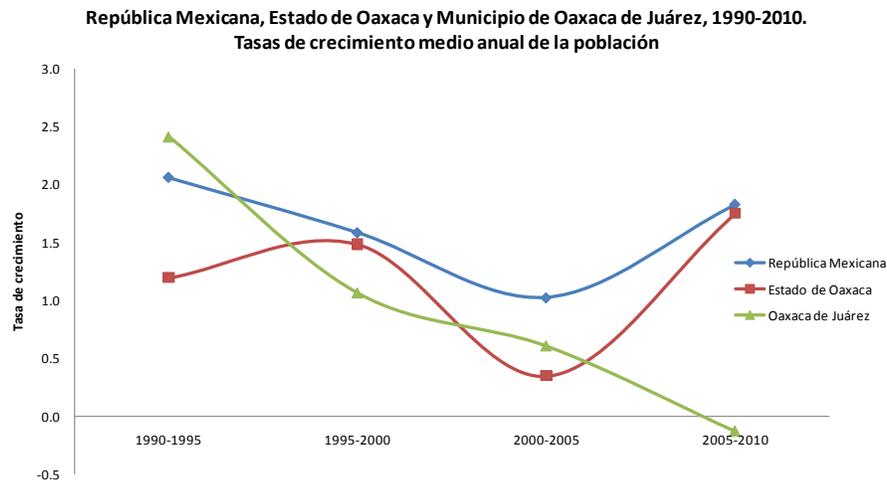


Figura 4.4 Dinámica demográfica del municipio.

Sin embargo, antes que un despoblamiento, lo que está ocurriendo en la capital del estado es un proceso de desconcentración demográfica, típico de las zonas metropolitanas que consolidaron su conformación en la última cuarta parte del siglo anterior. Una vez que los municipios centrales a partir de los cuales se configuró una zona metropolitana se expandieron hasta un cierto nivel, se inició un proceso de desconcentración de las actividades económicas y de la dinámica poblacional que originó que los municipios conurbados entraran en una fase de crecimiento acelerado. La zona Metropolitana de Oaxaca, además de la capital del estado, la integran otros 19 municipios; de ellos los de menor crecimiento son Oaxaca de Juárez y Santa María del Tule, pero algunos como San Agustín de las Juntas, San Antonio de la Cal, Santa María Atzompa y San Jacinto Amilpas, presentan tasas de crecimiento de entre 7 y 8 %; 5 municipios tienen tasas en el rango de entre 4 y 7%, mientras que en 5 municipios más el crecimiento ocurrió a ritmo de entre 2.5 y 4%. Niveles muy superiores a la tasa de 1.9% que presentó la Zona Metropolitana en su conjunto (Figura 4.5 y Tabla 4.2).

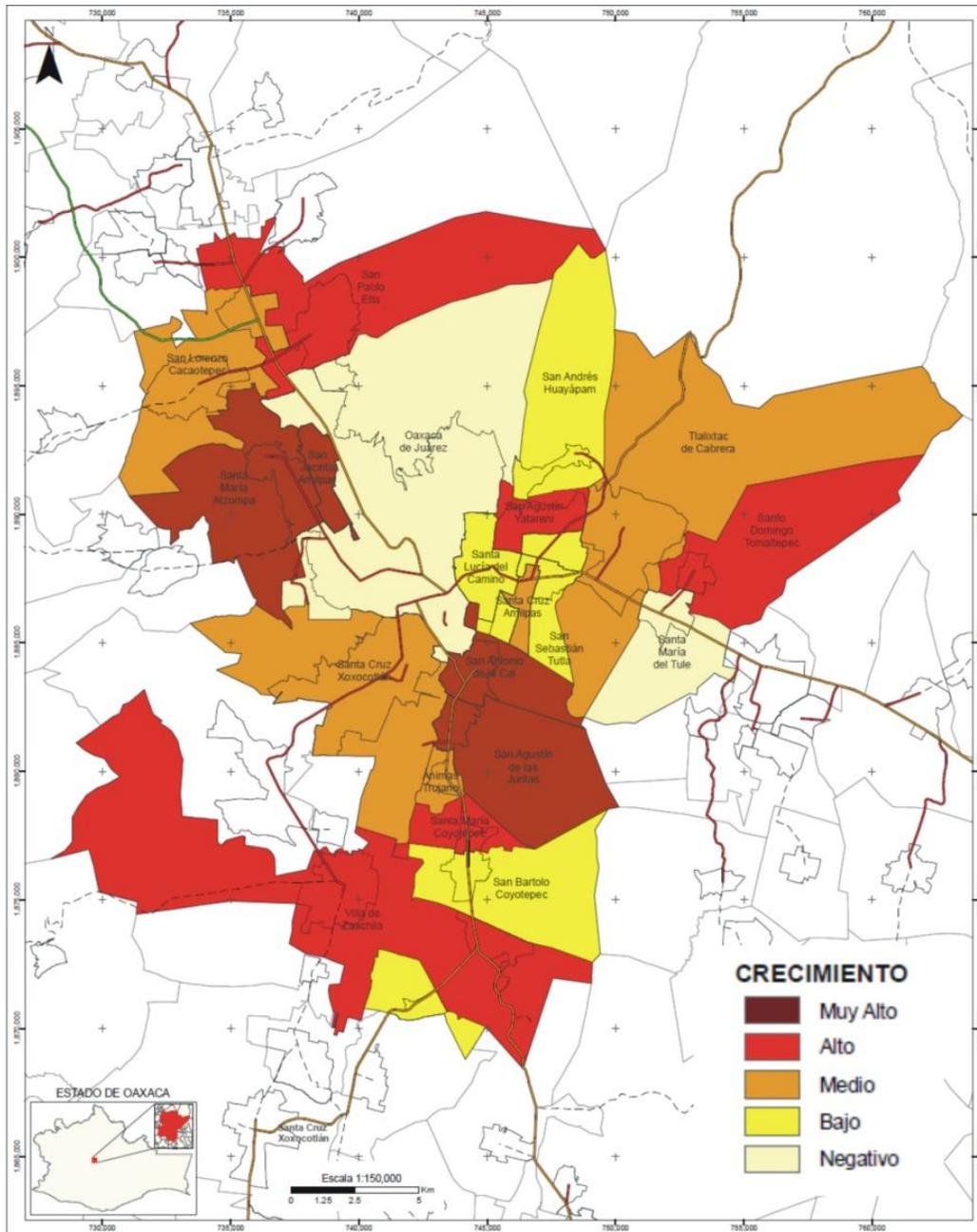


Figura 4.5. Mapa de tasas de crecimiento de la zona metropolitana de Oaxaca. Muy alto= 7.2- 8%. Alto= 4.3-5.5 %. Medio= 2.5-3.6 %. Bajo= 0-1.7 %. Negativo= -0.1- -0.2%.

Tabla 4.2. Tasa de crecimiento poblacional de la zona metropolitana de Oaxaca.

Zona Metropolitana de Oaxaca. 1990-2010. Población total y tasas de crecimiento

Municipio	Población					Tasa de crecimiento medio anual (%)			
	1990	1995	2000	2005	2010	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010
Zona Metropolitana de Oaxaca	350 269	428 224	489 562	543 721	593 658	3.6	3.2	1.9	1.9
Oaxaca de Juárez	213 985	244 827	256 130	265 006	263,357	2.4	1.1	0.6	-0.1
San Agustín de las Juntas	2 646	3 898	4 970	5 645	8,089	7.1	5.8	2.3	8.0
San Agustín Yatareni	2 687	2 910	3 400	3 176	4,075	1.4	3.7	-1.2	5.5
San Andrés Huayapam	2 355	3 199	3 909	4 508	4,879	5.6	4.8	2.5	1.7
San Antonio de la Cal	7 941	11 214	15 261	15 071	21,456	6.3	7.5	-0.2	7.9
San Bartolo Coyotepec	3 825	4 083	4 740	8 015	8,684	1.2	3.6	9.7	1.7
San Jacinto Amilpas	2 449	3 834	8 343	10 100	13,860	8.3	19.9	3.4	7.0
Animas Trujano	2 282	2 514	2 887	3 189	3,759	1.7	3.3	1.8	3.6
San Lorenzo Cacaotepec	7 061	8 341	9 965	11 559	13,704	3.0	4.2	2.7	3.7
San Pablo Etla	4 228	4 670	7 103	12 212	15,535	1.8	10.3	10.0	5.3
San Sebastián Tutla	4 231	12 293	15 690	15 922	16,241	20.8	5.9	0.3	0.4
Santa Cruz Amilpas	4 204	5 737	6 457	8 804	10,120	5.7	2.8	5.6	3.0
Santa Cruz Xoxocotlán	30 762	40 815	52 806	65 873	77,833	5.1	6.2	4.0	3.6
Santa Lucía del Camino	29 122	35 631	44 364	45 752	47,356	3.6	5.3	0.5	0.7
Santa María Atzompa	5 781	11 293	15 749	19 876	27,465	12.6	8.1	4.2	7.2
Santa María Coyotepec	877	1 550	1 658	2 070	2,772	10.6	1.6	4.0	6.5
Santa María del Tule	6 398	7 182	7 272	8 259	8,165	2.1	0.3	2.3	-0.2
Santo Domingo Tomaltepec	2 353	2 679	2 834	2 303	2,790	2.3	1.3	-3.6	4.2
Tlaxiactac de Cabrera	5 121	6 042	6 777	8 378	9,417	3.0	2.7	3.8	2.5
Villa de Zaachila	11 961	15 512	19 247	28 003	34,101	4.7	5.2	6.8	4.3

Fuentes: Para 1990 a 2005, Deelimitación de las Zonas Metropolitanas de México, 2005 , INEGI, CONAPO, SEDESOL. Para 2005-2010: Cálculos propios con información del Censo de Población y Vivienda, 2010.

Marginación y pobreza

El municipio de Oaxaca de Juárez posee muy buenos indicadores en su nivel de vida, pues según los datos del Índice de Marginación 2010 (CONAPO) el municipio se ubica en la posición número 565 entre los 570 municipios según su nivel de marginación² y está colocado en el lugar 2,329 entre los 2,456 municipios del país, lo que significa que está ubicado entre el 10% de los municipios en mejores condiciones de todo el país. La entidad en cambio, ocupa el tercer lugar entre los más marginados, y sus condiciones socioeconómicas están mucho más deterioradas que la capital del estado, su grado de marginación es “Muy Alto” mientras que el municipio de Oaxaca posee uno “Muy bajo”. En la Tabla 4.3 se pueden ver las brechas existentes en todos los indicadores, en todos los casos, la capital está mejor que la entidad en su conjunto. La figura 4.6 muestra la distribución de los indicadores de marginación y rezago social en el municipio de Oaxaca de Juárez.

² Conviene señalar que este índice ha sido objeto de diversos cuestionamientos porque pareciera que mide más bien el nivel de urbanización de las unidades territoriales, lo cual implica que algunas áreas con alto nivel de urbanización son consideradas como poco marginadas; en este caso, no da cuenta de las desigualdades al interior de la ciudad, pero sirve como un referente en las comparaciones regionales. Además, los indicadores para su construcción aportan información valiosa para el análisis de las condiciones sociales de algún estado, municipio o localidad.

Tabla 4.3. Indicadores socioeconómicos del índice de marginación en el municipio de Oaxaca de Juárez y estado de Oaxaca.

Oaxaca, 2010. Indicadores socioeconómicos del índice de marginación

	Oaxaca de Juárez	Estado de Oaxaca
Población	263 357	3 801 962
% Población de 15 años o más analfabeta	3.90	16.38
% Población de 15 años o más sin primaria completa	12.03	33.85
% Ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado	0.24	4.01
% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	0.95	4.93
% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	10.10	23.66
% Viviendas con algún nivel de hacinamiento	29.95	46.53
% Ocupantes en viviendas con piso de tierra	7.17	19.33
% Población en localidades con menos de 5 000	3.16	61.51
% Población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios	30.19	57.77
Índice de marginación	-1.54470	2.14624
Grado de marginación	Muy bajo	Muy alto
Índice de marginación escala	10.218	80.48
Lugar que ocupa en el contexto estatal	565 (de 570)	n.a
Lugar que ocupa en el contexto nacional	2329 (de 2456)	3 (de 32)

Fuente: CONAPO, Índice de marginación por entidad federativa y municipio, 2010

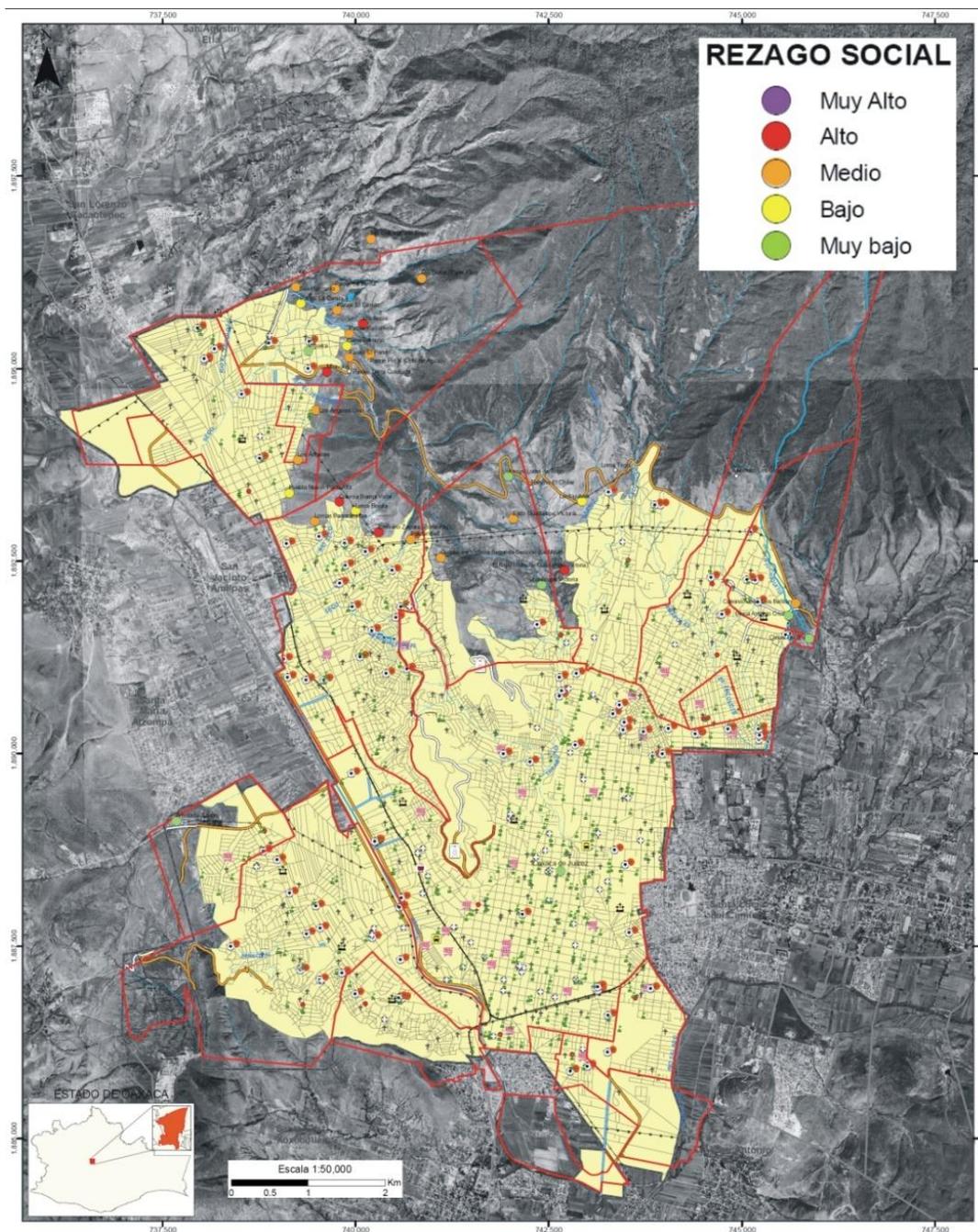


Figura 4.6. Distribución de los indicadores de rezago social en el municipio de Oaxaca de Juárez. Fuente: datos vectoriales INEGI escala 1:50,000 carta E14D47. Ortofotos INEGI escala 1:50,000 carta E14D47. Índice de Rezago Social, CONEVAL, 2011.

Según datos de la CONEVAL³ (2011) el 26.4% de la población del municipio se encuentra en situación de pobreza moderada y el 4.4% son pobres extremos, en conjunto, el 30.8% , tiene algún nivel de pobreza, es decir, casi uno de cada tres habitantes. La entidad, en cambio, tiene un 29.8% de personas en extrema pobreza y un 37.6% en pobreza moderada, para un total de 67.4% de pobres en algún grado, prácticamente 2 de cada 3 personas⁴. La Tabla 4.4 muestra un resumen de las cifras de pobreza en el municipio de Oaxaca de Juárez.

Tabla 4.4. Cifras de pobreza en el municipio de Oaxaca de Juárez.

Oaxaca de Juárez, 2010. Porcentaje de la población, número de personas y número promedio de carencias sociales en los indicadores de pobreza			
Indicadores	Porcentaje	Número de personas	Número promedio de carencias
Pobreza			
Población en situación de pobreza	30.9	104,035	2.6
Población en situación de pobreza moderada	26.4	89,059	2.3
Población en situación de pobreza extrema	4.4	14,977	3.8
Población vulnerable por carencias sociales	36.5	122,958	1.9
Población vulnerable por ingresos	2.2	7,479	0.0
Población no pobre y no vulnerable	30.4	102,493	0.0
Privación social			
Población con al menos una carencia social	67.4	226,993	2.2
Población con al menos tres carencias sociales	19.5	65,540	3.7
Indicadores de carencia social			
Rezago educativo	10.6	35,857	3.1
Acceso a los servicios de salud	30.2	101,818	2.6
Acceso a la seguridad social	56.9	191,634	2.4
Calidad y espacios de la vivienda	16.7	56,287	3.3
Acceso a los servicios básicos en la vivienda	17.5	59,051	3.1
Acceso a la alimentación	16.3	54,962	3.5
Bienestar económico			
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	7.3	24,592	2.9
Población con ingreso inferior a la línea de bienestar	33.1	111,514	2.4

Fuente: CONEVAL. 2011. Medición de Pobreza Municipal, 2010

Derechohabiencia y salud

En la capital del estado de Oaxaca, el 62.2% de la población tiene derecho a servicios de salud en alguna de las instituciones públicas, esta proporción es mayor a la estatal, que es del 56%; la mayoría se atiende en el IMSS y en el ISSSTE. También, conviene resaltar que en el municipio hay un médico disponible por cada 224 habitantes, mientras en la entidad esta relación es de un médico por cada 718 personas. El municipio concentra la cuarta parte del total del personal médico, el 45.7% del personal médico del IMSS, la mitad del personal médico en el ISSSTE, el 15% de los médicos de la

³ Comisión Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social

⁴ Este dato cobra especial relevancia, si vemos que algunos de los municipios más pobres del país pertenecen a Oaxaca. Destacan los casos de San Juan Tepeuxila que en la medición de 2010 resultó ser el municipio más pobre del país (con 97.4% de personas con algún nivel de pobreza), Santiago Textitlán (96.6%) y San Simón Zahuatlán (96.4%) que ocuparon el 6° y 10° lugar entre los 2, 456 municipios del país. CONEVAL (2011)

Secretaria de Salud en el estado y la totalidad del personal médico de “otras instituciones de asistencia social”. Estos datos hablan de la centralización de los servicios de salud en la capital del estado. La Tabla 4.5 muestra un resumen de las cifras de población derechohabiente y personal médico. La Figura 4.7 muestra la distribución de unidades médicas por agencia municipal en el municipio de Oaxaca de Juárez.

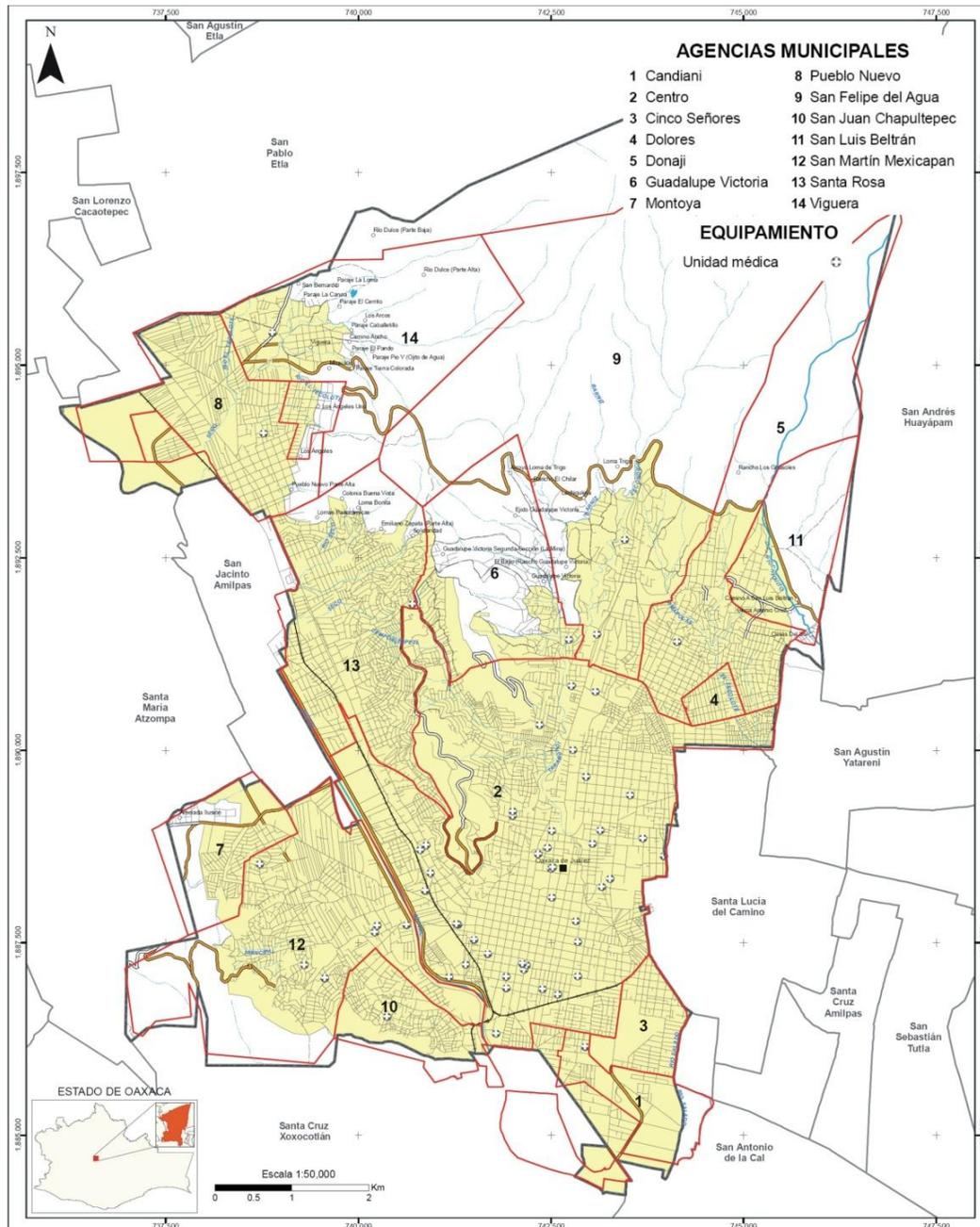


Figura 4.7. Distribución de unidades médicas por agencia municipal en el municipio de Oaxaca de Juárez. Nótese que la mayoría se concentran en la agencia Centro. Fuente: Carta vectorial E14D47 escala 1:50,000, INEGI.

Tabla 4.5. Población derechohabiente y personal médico de las instituciones públicas.

Estado de Oaxaca y Oaxaca de Juárez, 2009 y 2010. Población derechohabiente y personal médico de las instituciones públicas		
	Oaxaca de Juárez	Oaxaca
Población total	263,357	3,801,962
% de población derechohabiente a servicios de salud, 2010	62.2	56.0
% de población derechohabiente a servicios de salud del IMSS, 2010	28.9	15.1
% de población derechohabiente a servicios de salud del ISSSTE, 2010	12.8	6.1
% de Población sin derechohabiencia a servicios de salud, 2010	35.4	43.1
Familias beneficiadas por el seguro popular, 2009	42,346	562,692
Personal médico, 2009	1,177	5,293
Personal médico en instituciones de seguridad social, 2009	675	1,580
Personal médico en el IMSS, 2009	402	879
Personal médico en el ISSSTE, 2009	273	543
Personal médico en PEMEX, SEDENA y/o SEMAR, 2009	0	158
Personal médico en otras instituciones de seguridad social, 2009	0	0
Personal médico en instituciones de asistencia social, 2009	502	3,713
Personal médico en el IMSS-Oportunidades, 2009	0	675
Personal médico en la Secretaría de Salud del Estado, 2009	437	2,973
Personal médico en otras instituciones de asistencia social, 2009	65	65

Fuentes: INEGI. con información Censo de Población y Vivienda, 2010, INEGI. Secretaría de Salud, delegación en el estado de Oaxaca. Instituto de Salud del Gobierno del Estado. Datos concentrados en www.inegi.org.mx

Mortalidad

Los niveles de mortalidad, suelen ser un reflejo de las condiciones de vida en cada país o región; en el caso de Oaxaca de Juárez, se presentaron en el año 2009 un total de 1,443 defunciones general, que significa que ocurrieron 5.5 decesos por cada mil personas; esta cifra fue superior a la que registró la entidad y que fue de 5.3 ‰. En cuanto a las diferencias por género, vemos que en esta población se presenta la constante de la sobremortalidad masculina, pues ocurrieron 768 defunciones generales que representan el 53.2% del total de los decesos y la tasa de mortalidad general es de 6.3 ‰, en el caso de las mujeres, las defunciones fueron 674 (el 46.7%) que significa una tasa de mortalidad de 4.8 ‰. En todos los casos, la mortalidad es mayor en la capital del estado que en la entidad, esto se debe a que las áreas urbanizadas cuentan con mayor disponibilidad de servicios de salud, lo que atrae a población de lugares circunvecinos para atenderse en caso de enfermedad y si ocurren decesos, se registran *in situ*. La Tabla 4.6 muestra las cifras de defunciones generales en el municipio de Oaxaca de Juárez y estado de Oaxaca,

Tabla 4.6. Defunciones generales por sexo y tasa de mortalidad general

Estado de Oaxaca y Oaxaca de Juárez, 2009. Defunciones generales, por sexo y Tasa de Mortalidad General		
	Oaxaca de Juárez	Oaxaca
Defunciones generales	1443	20,328
Defunciones generales hombres	768	11,213
Defunciones generales mujeres	674	9,109
Tasa de Mortalidad General	5.5	5.3
Tasa de Mortalidad General hombres	6.3	6.2
Tasa de Mortalidad General mujeres	4.8	4.6

Fuente: Cálculos propios con información del Censo de Población y Vivienda, 2010. INEGI

Escolaridad

En cuanto a escolaridad, Oaxaca de Juárez presenta niveles muy destacados, no sólo en el contexto estatal sino también a nivel nacional. La proporción de personas de 5 años y más sin escolaridad de 3.7%, es menor que la media estatal (11.4%) e incluso mejor que la media nacional (6%). De manera opuesta, uno de cada cuatro habitantes del municipio tiene educación superior, cifra muy superior a la media estatal y a la media nacional que son del 7.5 y el 12.9%, respectivamente. Con educación media superior, también se ubica por encima de la población estatal y nacional, con el 17.9% contra el 1.9% y el 15.1%, respectivamente. La Tabla 4.7 muestra un concentrado de los datos de escolaridad para la República Mexicana, estado de Oaxaca y municipio de Oaxaca de Juárez.

Tabla 4.7. Datos de escolaridad comparativa a escala nacional, estatal y municipal.

República Mexicana, Estado de Oaxaca y Oaxaca de Juárez, 2010. Población de 5 años y más según nivel de escolaridad (números absolutos y relativos)						
	Población de 5 años y mas	Sin escolaridad	Educación básica	Educación media superior	Educación superior	No especificado
República Mexicana	100410810	6019391	65723960	15139875	12958785	568799
Oaxaca	3405990	388947	2378593	367115	256797	14538
Oaxaca de Juárez	235, 762	8684	125090	42309	58714	965
República Mexicana	100.00	6.0	65.5	15.1	12.90	0.60
Oaxaca	100.00	11.40	69.8	10.8	7.50	0.40
Oaxaca de Juárez	100.00	3.70	53.1	17.9	24.90	0.40

Fuente: Cálculos propios con información del Censo de Población y Vivienda, 2010, INEGI.

Población ocupada

Dentro de la Población Económicamente Activa (PEA) el subconjunto que declaró haber realizado alguna actividad económica a cambio de algún pago en efectivo o en especie se le llama población ocupada (Figura 4.8). En Oaxaca de Juárez, los ocupados suman un total de 116,700 personas, la gran mayoría de ellas se concentran en el sector de los servicios⁵ pues 58 de cada cien ocupados se emplearon en ese sector; el siguiente sector en importancia es el comercio con casi una cuarta parte del total de los ocupados. En esos datos puede apreciarse el perfil terciario de la ciudad, cuyo comercio, turismo y servicios asociados a este le imprimen una fuerte dinámica a su economía. En cambio, el sector secundario⁶ concentró sólo el 17.35% del total de ocupados y muy por debajo, el sector primario⁷ de la economía con el 0.45% de los ocupados. Este perfil es completamente distinto al de la entidad, pues en ésta, el sector primario tiene una fuerte presencia aún y en contraparte el de los servicios no es tan importante como en la ciudad de Oaxaca y en general en la economía nacional.

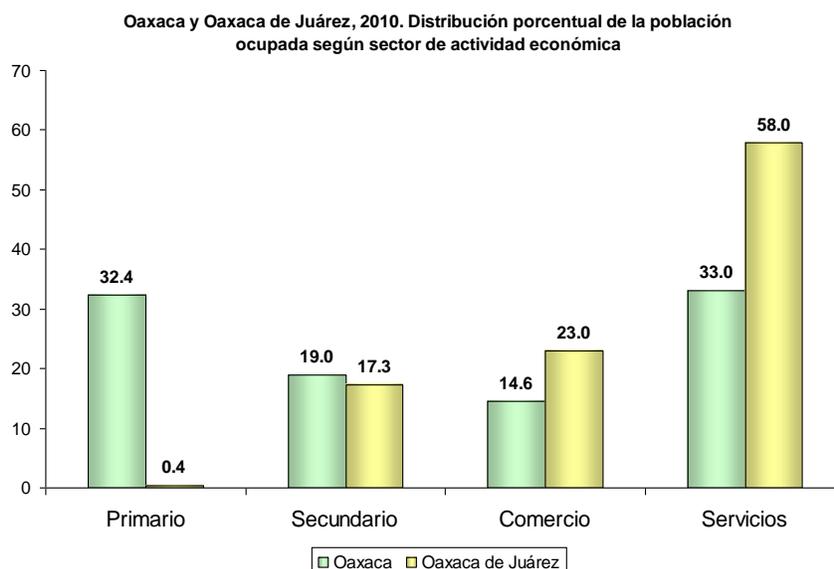


Figura 4.8 Distribución de la población ocupada del municipio de Oaxaca de Juárez.

⁵ Transporte, gobierno y otros servicios.

⁶ Minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción.

⁷ Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca.

Debido a este perfil económico de la ciudad, las principales ocupaciones en el municipio están relacionadas con los sectores que predominan. Las más importantes son los profesionistas, técnicos y administrativos⁸ con el 41.82%, seguida de los comerciantes y trabajadores en servicios diversos⁹ con el 39.34%, mientras que los trabajadores en la industria¹⁰ no tienen una presencia fuerte; pero sobresalen los trabajadores agropecuarios por su escasa presencia en el municipio, consecuencia del perfil terciario de su economía (Figura 4.9 y Tabla 4.8).

Tabla 4.8. Distribución de la población por ocupación a escala estatal y municipal.

Oaxaca y Oaxaca de Juárez, 2010. Distribución porcentual de la población ocupada según división de ocupación						
PO	División Ocupacional					
	PTA	TA	TI	CT	NE	
Oaxaca	1278752	18.74	30.4	18.42	31.70	0.74
Oaxaca de Juárez	116,700	41.82	0.35	17.72	39.34	0.76

Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010, INEGI.

PO: Población ocupada. PTA: Profesionistas, técnicos y administrativos, TA: Trabajadores agropecuarios. TI: Trabajadores en la industria. CT: Comerciantes y trabajadores en servicios diversos. NE: No especificado.

En lo relativo a los ingresos, también hay una brecha en comparación con las condiciones de la entidad, los ocupados en el municipio de Oaxaca de Juárez con salario mayor a 2 salarios mínimos representan el 62.84%, mientras que en la entidad es casi son el 36.51%. En el nivel salarial más bajo “hasta 1 salario mínimo”, se ubica un tercio de los ocupados de la entidad, pero en el caso de la ciudad de Oaxaca, son menos de la décima parte. Estas cifras también son un indicador de las disparidades que existen entre una y otra unidad territorial.

⁸ Funcionarios, directores y jefes; profesionistas y técnicos; y trabajadores auxiliares en actividades administrativas.

⁹ Comerciantes, empleados y agentes de ventas; trabajadores en servicios personales, vigilancia y fuerzas armadas; y trabajadores en actividades elementales y de apoyo.

¹⁰ Mecánicos y trabajadores industriales y artesanales; operadores de maquinaria industrial, ensambladores, chóferes y conductores de transporte.

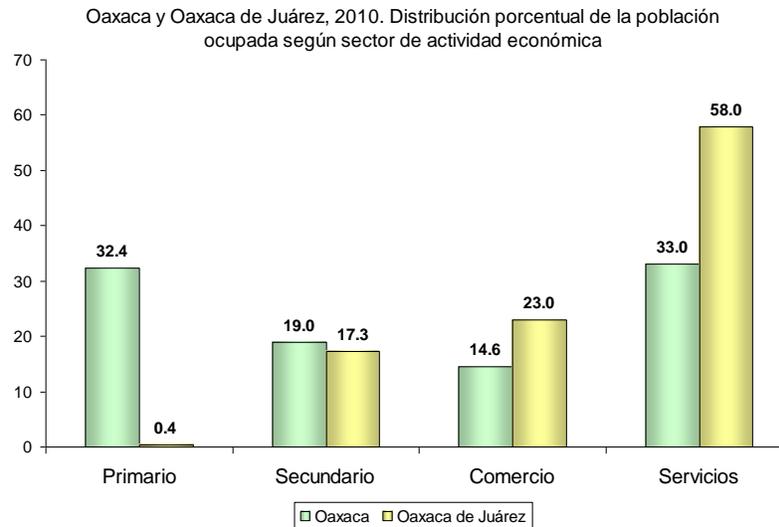


Figura 4.9 Distribución de población ocupada según sector de actividad económica.

Estructura urbana

El municipio, como ya se mencionó anteriormente, tiene muy altos niveles de urbanización. El equipamiento urbano es amplio y cuenta con una variedad notable de edificaciones que sirven para que la población realice actividades ordinarias en el ámbito local. Existen 227 templos de las 11 principales denominaciones religiosas, 89 de ellos se ubican en la agencia Centro, es decir el 41% de todo el municipio. Existen 22 oficinas municipales que atienden a la población en diferentes situaciones como el DIF, agencias del municipio, agencias de policía y otras oficinas de gobierno. También cuenta con 26 mercados, principalmente en la agencia Centro, que concentra 19 de éstos. La misma agencia, tiene 36 de las 102 instalaciones deportivas; y 221 que equivale al 62.4% de las 354 instituciones escolares de todos los niveles académicos del municipio; en la agencia centro también se ubican las 2 centrales camioneras del municipio (Tabla 4.9). La Figura 4.10 muestra la distribución del equipamiento más importante dentro del área del municipio de Oaxaca de Juárez y la Figura 4.11, muestra el equipamiento existente dentro de la agencia Centro.

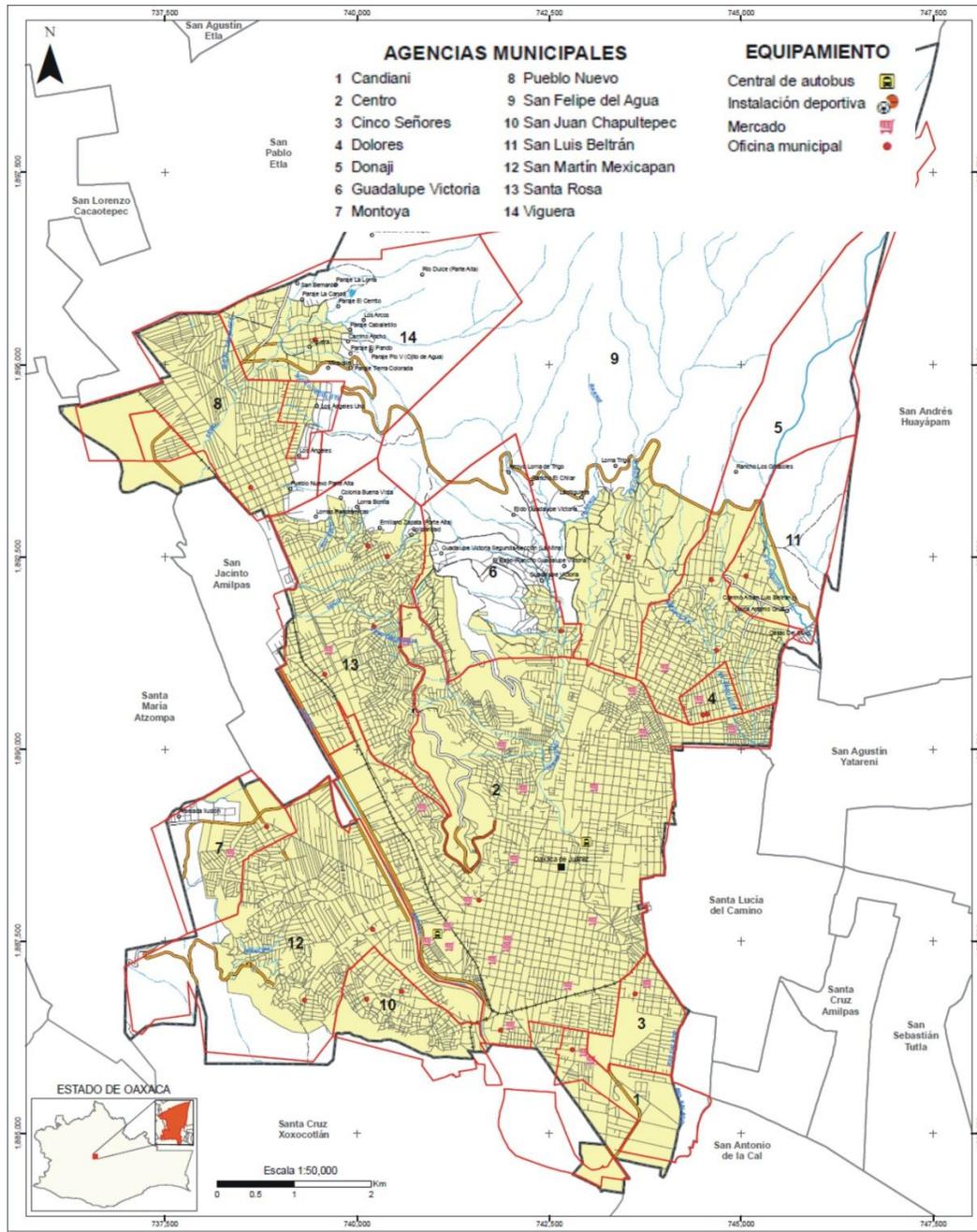


Figura 4.10. Mapa que muestra el equipamiento urbano más importante en el municipio de Oaxaca de Juárez.

Tabla 4.9. Equipamiento urbano en el municipio de Oaxaca de Juárez.

No.	AGENCIAS	C	CA	E	ID	M	OM	T	UM
1	CANDIANI			5	2	2	1	2	1
2	CENTRO	3	2	221	35	19	2	89	41
3	CINCO SEÑORES			10	3	1	1	4	
4	DOLORES			3		1	2	4	
5	DONAJI	2		10	5	1	2	25	1
6	GUADALUPE VICTORIA	1		4	1		1	7	1
7	MONTOYA			7	1	1	1	3	
8	PUEBLO NUEVO	1		15	7		1	15	1
9	SAN FELIPE DEL AGUA	1		9	3		1	2	
10	SAN JUAN CHAPULTEPEC	1		5	4		2	8	1
11	SAN LUIS BELTRAN	1		3	3		1	3	
12	SAN MARTIN MEXICAPAM	2		21	13		2	23	6
13	SANTA ROSA			38	21	1	4	30	1
14	VIGUERA	1		3	3		1	2	1

Dada la importancia del sector terciario en la economía de la ciudad (Tabla 4.10), conviene revisar la estructura disponible para estas actividades. La ciudad cuenta con 23 de los 81 tianguis de la entidad, es decir casi un tercio del total. También posee 24 de los 167 mercados públicos que equivale al 15% del estado; aunque el aeropuerto internacional de Xoxocotlán no está ubicado dentro del municipio de Oaxaca de Juárez, sino a 12 km, está dispuesto para prestar servicio al importante flujo de turistas que visitan el estado y su capital; esta terminal aérea atiende un promedio de 500 mil viajeros anualmente. El parque vehicular del municipio representa la tercera parte del total del estado.

Tabla 4.10. Principales actividades dentro del sector terciario en el municipio de Oaxaca de Juárez.

Actividades terciarias	Oaxaca de Juárez	Oaxaca
Tianguis, 2009	23	81
Mercados Públicos, 2009	24	167
Centrales de abasto, 2009	1	1
Aeropuertos, 2009	0	4
Oficinas postales, 2009	186	2852
Automóviles registrados en circulación, 2010	60619	189008
Fuente: Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado, Centro SCT en el Estado		
Datos concentrados en www.inegi.gob.mx		

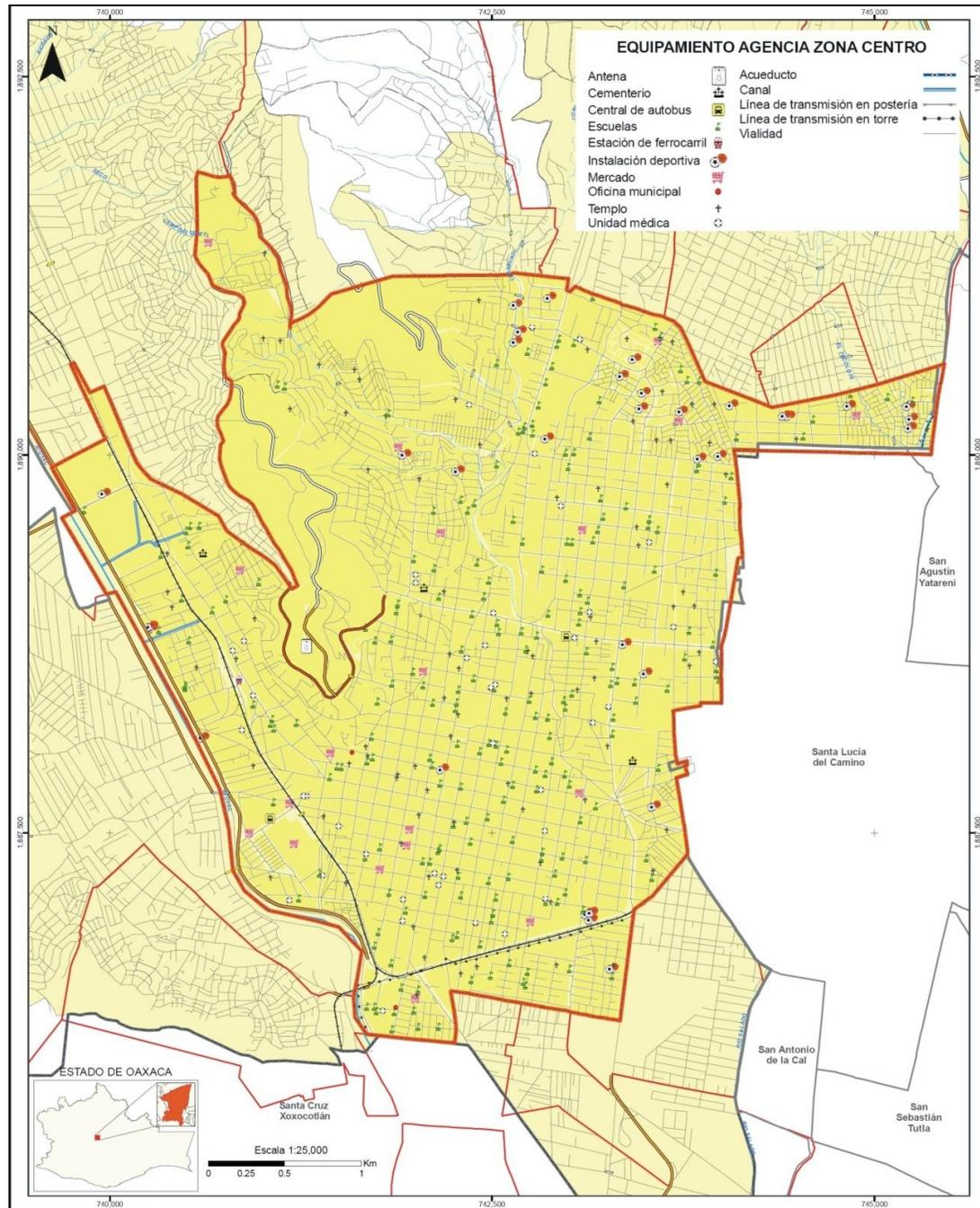


Figura 4.11. Equipamiento existente dentro de la agencia Centro del municipio de Oaxaca de Juárez. Fuente: Conjunto de datos vectoriales, carta E14D47 escala 1:50,000, INEGI.

5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, PELIGROS Y VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL

En este capítulo se da una descripción detallada de cada uno de los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos que pueden afectar al municipio de Oaxaca de Juárez y las zonas adyacentes. La descripción se da de acuerdo al Cuadro de Identificación Primaria de Peligros (CIPP). Así mismo, se dan algunas recomendaciones para mitigar sus efectos y reducir la vulnerabilidad de las zonas consideradas en este estudio.

5.1 FENÓMENOS GEOLÓGICOS

De acuerdo al Diagnóstico de Peligros e identificación de Riesgos de Desastres en México editado por el CENAPRED (2001), los fenómenos geológicos son todos aquellos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de la superficie de ésta.

Fallas y fracturas

El área de estudio se ubica dentro de las regiones de los Valles Centrales y Sierra Norte, su morfología varía de relativamente plana a muy abrupta. En ambas regiones hay evidencias de actividad tectónica activa, lo que se refleja en rasgos morfológicos muy juveniles que presentan pendientes muy pronunciadas, altas tasas de erosión e inestabilidad de suelos y sedimentos.

En la zona se presenta un sistema de 12 fallas laterales y normales orientadas NE-SW y NW-SE (Figura 5.1.1).

Las fallas laterales con desplazamientos sinestrales o de izquierda son: la San Felipe con una orientación de N10°E y una longitud de 5 km, así como las Microondas 1, Microondas 3 y Microondas 4 con orientación de N45°E.

Las de desplazamiento dextral o de derecha son las fallas San Felipe del Agua con rumbo N25°E y una longitud aproximada de 9 km, Monte Albán con rumbo N10° W y una longitud de 4 km.

Las fallas de componente normal con orientación NE-SW son la Donaji con rumbo N70°E inclinación de 75° a 85° y 5 km de longitud; y la Cárcamo 2 con rumbo N65° E inclinación de 87° al NW y 4.6 km de longitud. Mientras que las de orientación NW-SE son las fallas Fortín, Fortín 1 Fortín 3 y Fortín 4 cuya longitud varía entre 1 y 1.5 km.

Asociado a este sistema de fallas, se tiene una serie de fracturas con orientaciones paralelas a la traza principal de la falla.

Dentro de la zona de estudio, y específicamente dentro del territorio municipal, no se tienen registros ni evidencias de campo de la ocurrencia de fallas activas o que presenten movimiento. El principal peligro que pudiera estar asociado a estos sistemas de fallas y fracturas, es la ocurrencia de deslizamientos de laderas inducidos por la infiltración de agua de lluvia a lo largo de estas superficies de debilidad. Por consiguiente, su distribución fue un dato determinante para la elaboración del mapa de peligros por procesos de remoción en masa, el cual se muestra más adelante.

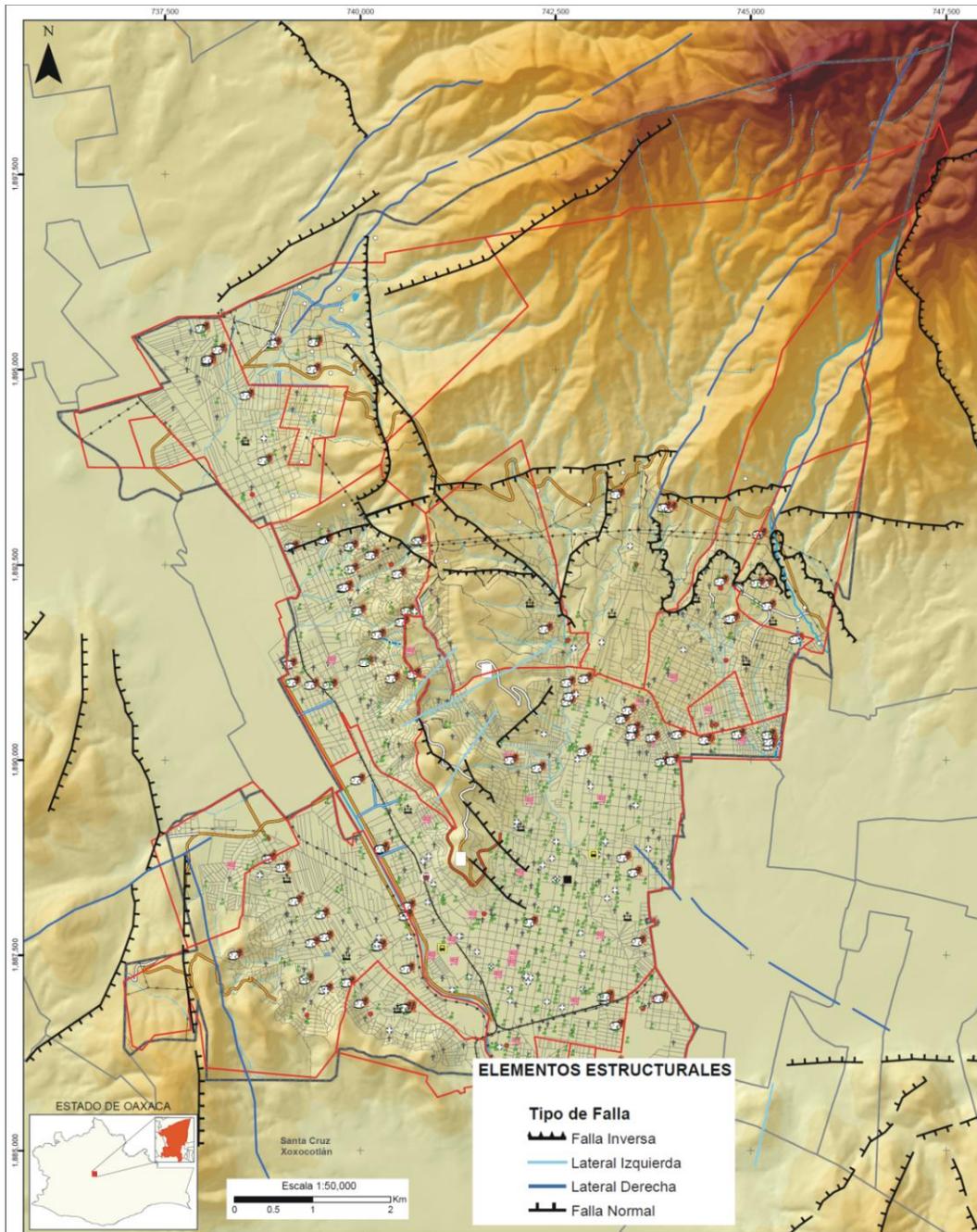


Figura 5.1.1. Mapa que muestra los principales sistemas de fallas y fracturas dentro del área de estudio.

Sismos

Como ya se ha mencionado en el Capítulo 1, una parte importante del territorio estatal y por consiguiente del municipal, se ubica en zonas de alta a muy alta sismicidad. En la historia sísmica de Oaxaca existen reportes desde la época colonial, en los cuales es poco lo que se describe sobre las características y daños ocasionados por los temblores. No es sino hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando la información sobre los daños fue más precisa. A partir del siglo XX, con el surgimiento de la sismología instrumental, se cuenta ya con un archivo considerable de registros de los sismos ocurridos en la región (Tabla 1.1). Uno de los más recientes ocurrió el 30 de septiembre de 1999, cuya magnitud fue de 7.5 con epicentro en Puerto Escondido, el cual provocó cuantiosos daños materiales en la ciudad de Oaxaca. Una descripción detallada de las características y daños provocados por este temblor se da en el informe técnico publicado por el CENAPRED: “El sismo de Oaxaca del 30 de septiembre de 1999” (López, O. *et al.*, 2001). En la Figura 1.3 se muestra el mapa de isosistas de este temblor. A pesar de que su epicentro estuvo localizado fuera del municipio de Oaxaca de Juárez, la ocurrencia de un sismo de características similares al de 1999, podría provocar daños de gran consideración.

Dentro de la zona de estudio hay 38 epicentros cuyas magnitudes varían entre 3 y 5, de los cuales 11 se encuentran dentro de la zona metropolitana y solamente uno de magnitud 4.3 dentro del municipio de Oaxaca de Juárez. (Figura 5.1.2). El sismo de mayor magnitud fue de 4.8 a una profundidad de 70 km y se localizó a 19.5 km al NW de la cabecera municipal. Los de menor magnitud fueron dos sismos de magnitud 3.4, uno localizado 20 km al NE de la cabecera municipal, cuya profundidad fue de 77 km, y otro 26 km al SE de la cabecera municipal con una profundidad de 70 km.

A una escala más regional, la Figura 5.1.3 muestra un mapa de frecuencia de sismos ocurridos entre los años 1998 a 2011, con información obtenida del Catálogo de Sismos del Servicio Sismológico Nacional. En este mapa se puede observar que el municipio de Oaxaca de Juárez se localiza en las zonas con menor frecuencia, entre 0 y 50 sismos en el período referido.

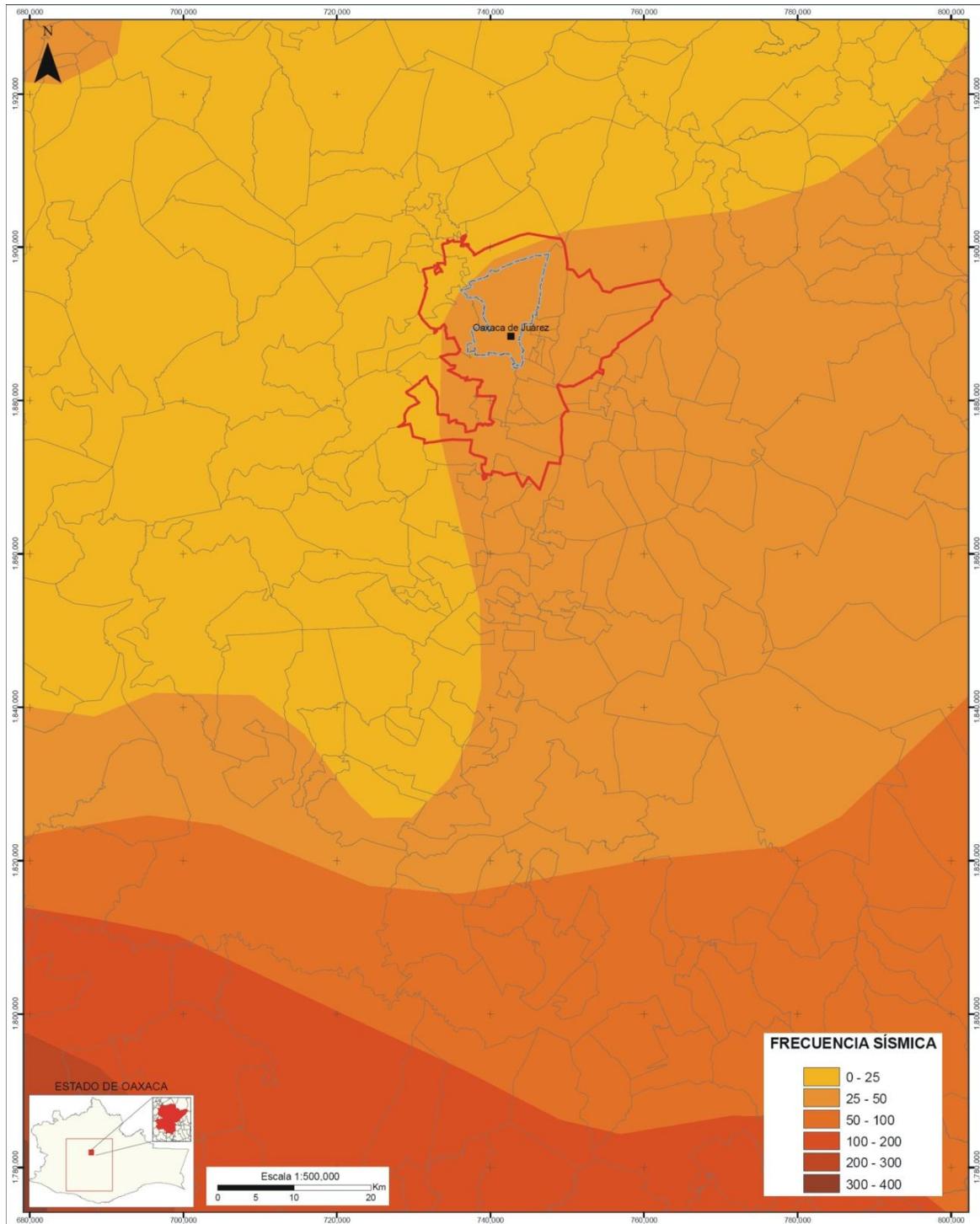


Figura 5.1.3. Mapa de frecuencia sísmica para la región central del estado de Oaxaca entre el período comprendido entre 1998-2011. Fuente: Catálogo de sismos del Servicio Sismológico Nacional período 1998-2011.

La magnitud y el periodo de recurrencia de grandes terremotos están relacionados con la velocidad media con la que se mueven las fallas. Las fallas que tienen una alta tasa de desplazamiento, por ejemplo del orden de 10 mm/ año, acumulan gran cantidad de energía elástica en tiempos pequeños, con lo que el ciclo sísmico es corto. Esto da lugar a terremotos de magnitud alta de 6° o 7° en la escala de Richter, con periodos de recurrencia relativamente cortos, del orden de 200 años. Por el contrario, las fallas lentas, con velocidades de 0.01 a 0.1 mm/ año, producen terremotos de las mismas magnitudes en periodos de tiempo mucho mayores, del orden de los 45,000 a 500,000 años (Guía Básica para la elaboración de Atlas Municipales y Estatales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos, CENAPRED, 2006).

Con base en las aceleraciones máximas que adquiere el terreno, la Figura 5.1.4, muestra la intensidad sísmica asociada a diferentes periodos de retorno para el estado de Oaxaca. La Tabla 5.1.1 incluye los valores de aceleración máxima que se tienen para el municipio de Oaxaca con periodos de recurrencia de 10, 50, 100 y 500 años.

Tabla 5.1.1. Valores de aceleración máxima para un periodo de retorno dado. Fuente: CENAPRED (2006)

Periodo de retorno (años)	Aceleración máxima (cm/seg ² o gales)
10	57
50	107
100	135
500	225

Como referencia general, se señala que con una aceleración de 150 cm/s² o mayor, se pueden presentar daños de algún tipo en las construcciones (Guía Básica para la elaboración de Atlas Municipales y Estatales de Peligros y Riesgos, Fenómenos Geológicos, CENAPRED, 2006). Con base en la Tabla 5.1.1 se observa que para un periodo de retorno de 100 años o menor, en el municipio no hay aceleraciones mayores a los 150 gal, por lo que se determina que para este periodo la zona se localiza en bajo peligro por sismicidad. Sin embargo, para un periodo de 500 años esta situación cambiaría, ya que se tiene un valor de 224 gal, lo da una zona de alto peligro por sismicidad.

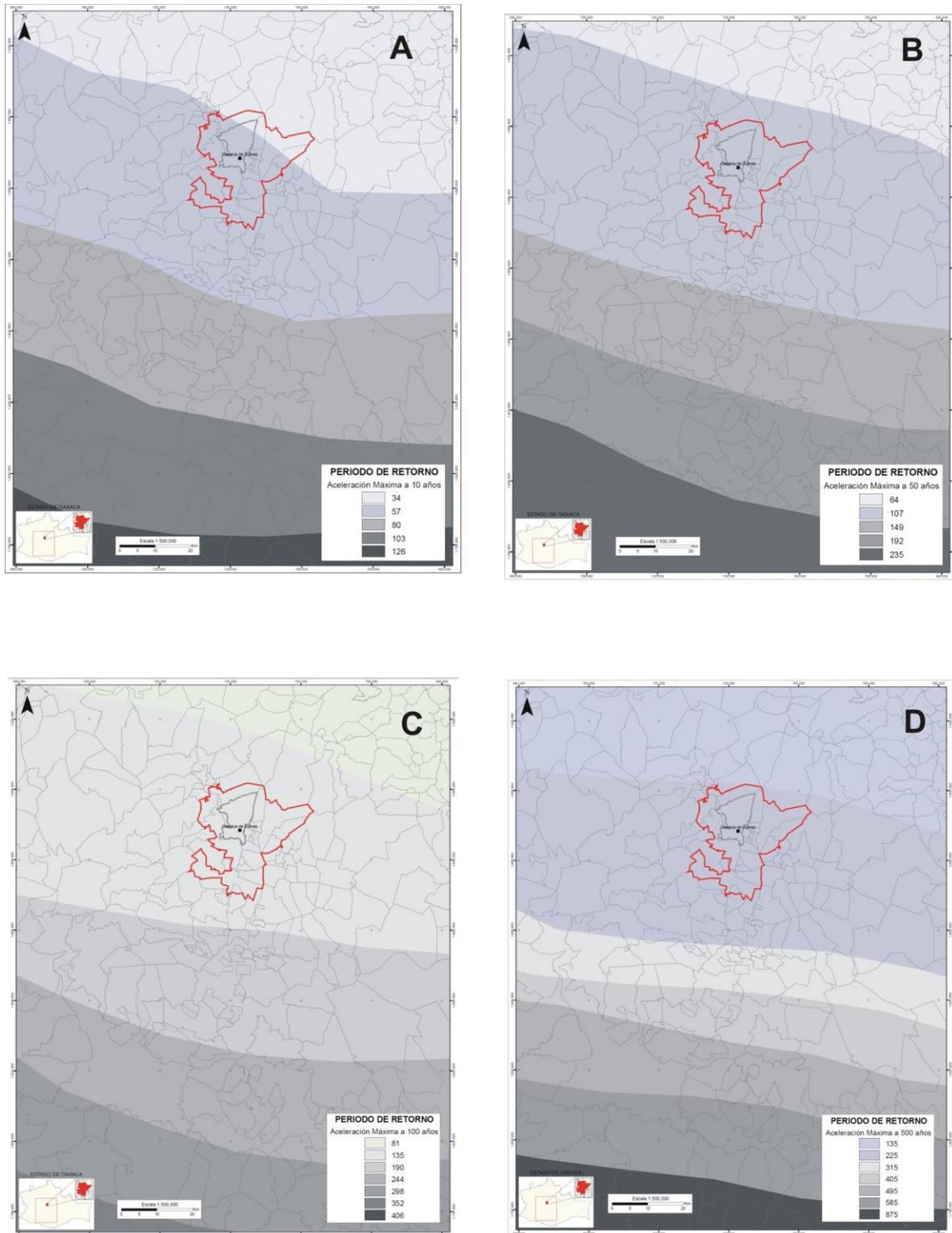


Figura 5.1.4. Mapas de la región central del estado de Oaxaca que muestran diferentes períodos de retorno para aceleraciones máximas A: cada 10 años, B: cada 50 años, C: cada 100 años, D: cada 500 años. Las unidades de las aceleraciones están dadas en gales. Fuente: CENAPRED (2006).

Vulcanismo

No existen volcanes activos dentro del estado de Oaxaca, por lo que este peligro geológico se descarta. Sin embargo, hay reportes históricos de caída de cenizas como resultado de la erupción de dos volcanes localizados en el sur de México, uno es el San Martín Tuxtla en el estado de Veracruz, el cual tuvo una erupción en el año de 1793 que generó una columna eruptiva cuya dispersión de ceniza por el viento, de acuerdo a testigos de la época, alcanzó la ciudad de Oaxaca (Espíndola *et al.*, 2010). El otro es el volcán Chichón en el estado de Chiapas, cuya violenta erupción de 1982 tuvo un radio de acción con caída de ceniza en los límites de la ciudad de Oaxaca (Carey y Sigurdsson, 1986).

En caso de una probable erupción futura en cualquiera de estos dos volcanes, y considerando que la dirección del viento fuera hacia el estado de Oaxaca, se podría esperar una caída de cenizas de diámetro muy fino, cuyos espesores variarían entre 1 mm a 1 cm, lo cual podría causar afectaciones en drenajes y daños menores en la infraestructura vial como resultado de la acumulación de este material.

Procesos de remoción en masa

El término de remoción en masa (Brunsden, 1979) define aquellos movimientos ladera abajo que no requieren el transporte de un medio como el agua, el aire o el hielo. La topografía (pendiente y altimetría), así como el tipo y las características de las rocas y los suelos son los elementos principales que condicionan los movimientos de remoción en masa o deslizamientos del terreno. Mientras que la intensidad de precipitación pluvial y los factores antrópicos son los agentes detonadores. En este apartado se agrupan también aquellos procesos relacionados con desprendimientos de bloques de roca, mismos que se describen con mayor detalle en el subcapítulo 5.3.

Considerando los aspectos antes mencionados, se determinaron cuatro categorías de peligro por procesos de remoción en masa: muy alto, alto, medio y bajo. El mapa de la Figura 5.1.5 muestra la distribución de las zonas cubiertas por cada una de las categorías.

La gráfica de la Figura 5.1.6 muestra la distribución en porcentajes de cada una de las zonas. El peligro muy alto corresponde a laderas altamente inestables, se localizan principalmente al noreste del municipio y constituyen el 10% del área de estudio. Geológicamente corresponden a áreas con predominio de milonitas con pendientes mayores a 45°. Ninguna localidad se ubica dentro de esta zona de peligro (Tabla 5.1.2 y Figura 5.1.7).

El peligro alto representa zonas inestables donde la probabilidad de ocurrencia de un movimiento es considerable. Las pendientes en estas zonas oscilan entre 30° a 45° y la concentración de la humedad es alta. Se ubican principalmente en los escarpes formados por milonita, metagranito y granito. El 35% de la zona de estudio se encuentra en este rango de inestabilidad (Figura 5.1.5). La litología es diversa, destacan las rocas miloníticas, areniscas-lutitas, metagranito y en menor proporción las calizas y el granito. Dentro de esta zona de alto peligro se concentran 23 localidades del municipio lo que equivale al 66% del total (Tabla 5.1.2 y Figura 5.1.7).

El peligro medio son áreas moderadamente inestables. Los cambios de pendiente son notables en este rango, llegando a ser del orden de 10° a 20°. El 24% de la superficie del área de estudio se localiza en esta categoría (Figura 5.1.6), lo que equivale a 49.71 km². Es la segunda zona de peligro después de la de alto, en donde se ubican 12 localidades, lo que equivale al 34% del total.

El peligro bajo se refiere a zonas estables, las cuales ocupan el 31% (61.5 km²) de la superficie total del área de estudio. Las pendientes en su mayor parte son de 5° a 10°, y en algunos casos hasta 0°. De acuerdo a los resultados ningún asentamiento poblacional se localiza dentro de esta región.

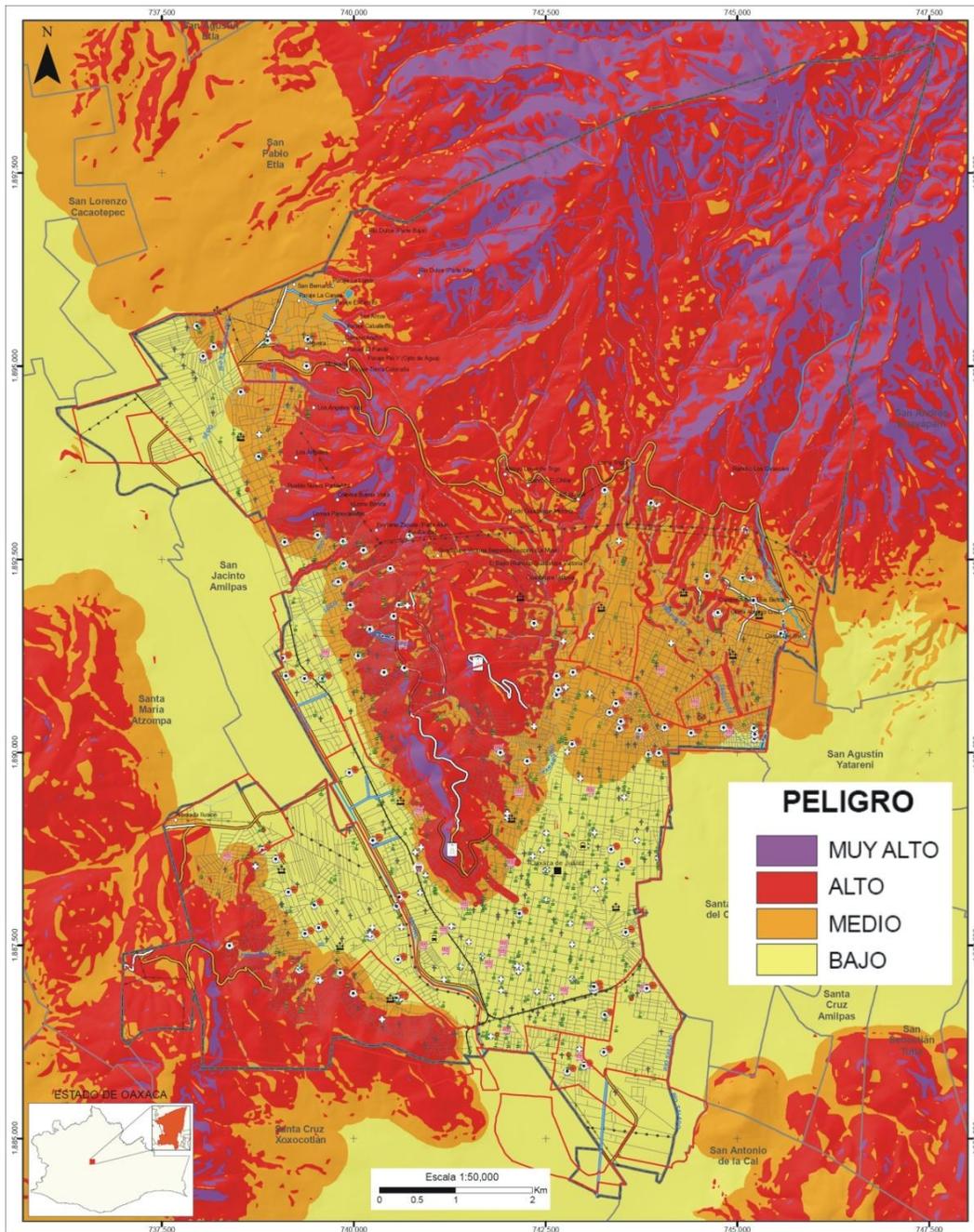


Figura 5.1.5. Mapa de distribución de peligros por deslizamiento de laderas en el municipio de Oaxaca de Juárez.

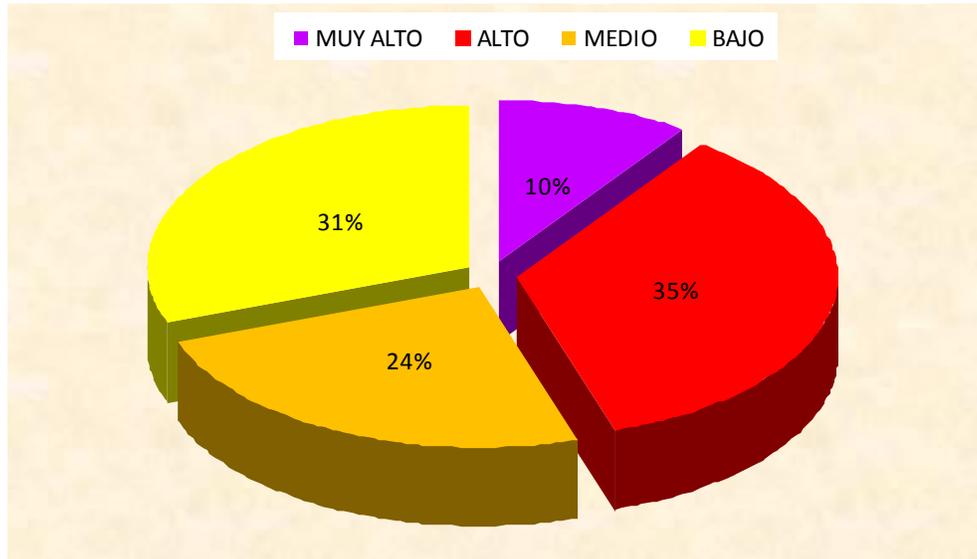


Figura 5.1.6. Distribución en por ciento de las diferentes categorías de peligro por deslizamiento en el municipio de Oaxaca de Juárez.

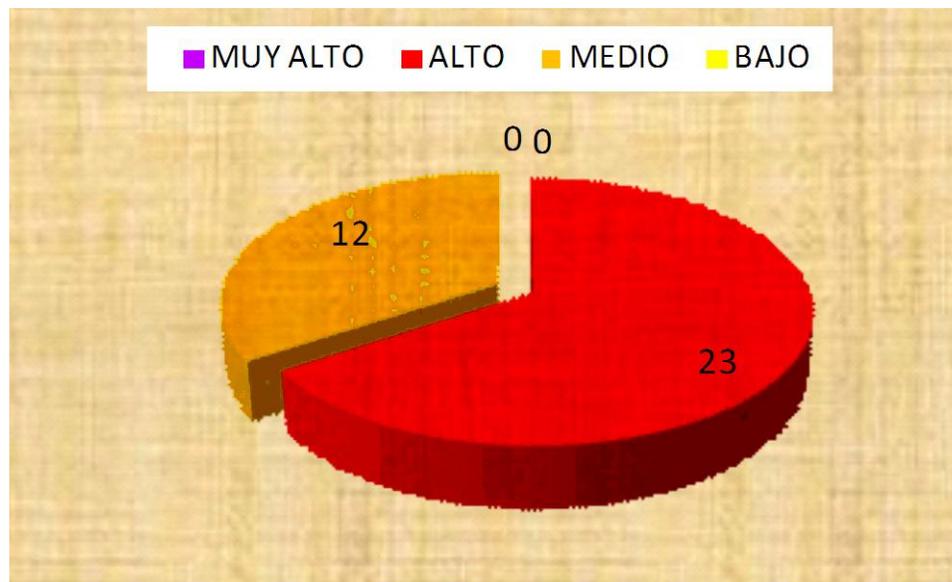


Figura 5.1.7. Número de localidades que se ubican en cada una de las categorías de peligro dentro del municipio de Oaxaca de Juárez.

Tabla 5.1.2. Número y Porcentaje de localidades que se ubican dentro de cada una de las zonas de Peligro.

PELIGRO	LOCALIDADES	%
MUY ALTO	0	0
ALTO	23	66
MEDIO	12	34
BAJO	0	0

En la Figura 5.1.8 se muestra la superficie en porcentaje que ocupa el peligro muy alto y alto en cada una de las agencias. Como puede observarse, entre la agencia San Felipe del Agua y Viguera ocupan el 50 % de estas categorías.

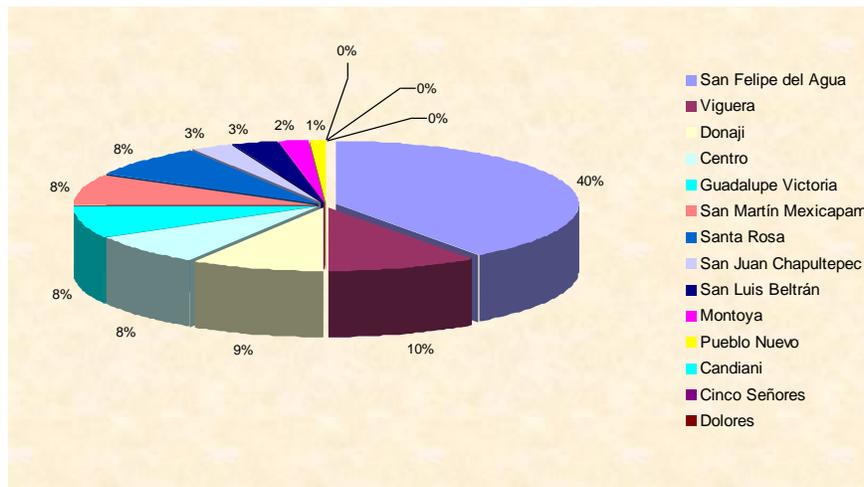


Figura 5.1.8. Superficie en porcentaje que ocupa el peligro muy alto y alto en cada una de las agencias del municipio de Oaxaca de Juárez.

Sin embargo, con la finalidad de simular escenarios de riesgo, es importante determinar la forma en que el fenómeno de remoción en masa incide en los diferentes agentes afectables. La Tabla 5.1.3 describe el número de sistemas afectables que se encuentran dentro de las zonas de muy alto y alto peligro por agencia.

Tabla 5.1.3. Número de sistemas afectables que se encuentran en zonas de muy alto y alto peligro por deslizamiento de laderas en cada agencia del municipio de Oaxaca de Juárez.

N°	AGENCIA	Escuelas	Instalaciones Deportivas	Mercados	Oficina Municipal	Templo	Unidad Médica	Manzanas
1	CANDIANI							
2	CENTRO	5	1	1		13	1	364
3	CINCO SEÑORES							
4	DOLORES							
5	DONAJI	2				2		98
6	GUADALUPE VICTORIA				1	4		130
7	MONTOYA	1						29
8	PUEBLO NUEVO							35
9	SAN FELIPE DEL AGUA							65
10	SAN JUAN CHAPULTEPEC	1	1		1	7	1	131
11	SAN LUIS BELTRAN							11
12	SAN MARTIN MEXICAPAM	5	3			5	2	205
13	SANTA ROSA	14	8		3	12	1	498
14	VIGUERA							32

Hundimientos de terreno

Aunque en la zona hay una presencia importante de rocas carbonatadas susceptibles de disolución y por consiguiente de provocar cavernas o karsticidad, no se encontraron evidencias de zonas afectadas por hundimientos de terreno.

Erosión

En el área de estudio, los principales agentes causantes de la erosión son la lluvia y el viento. La principal afectación de este tipo de fenómeno es la pérdida de suelo, lo cual redundaría en la carencia de un sistema apto para fines agrícolas. Por sus características topográficas y geológicas, el estado de Oaxaca está considerado como uno de los que tiene un deterioro alarmante del recurso suelo (CENAPRED, 2001).

La erosión por lluvia ocurre principalmente en las zonas con una topografía muy abrupta y con pendientes muy pronunciadas. Si bien la zona de estudio no tiene índices de precipitación muy elevados, si presenta una topografía muy irregular, lo que aunado a lluvias periódicas extremas producen erosión en los suelos.

La Figura 5.1.9 muestra una zonificación de la erosión del suelo en la zona estudiada.

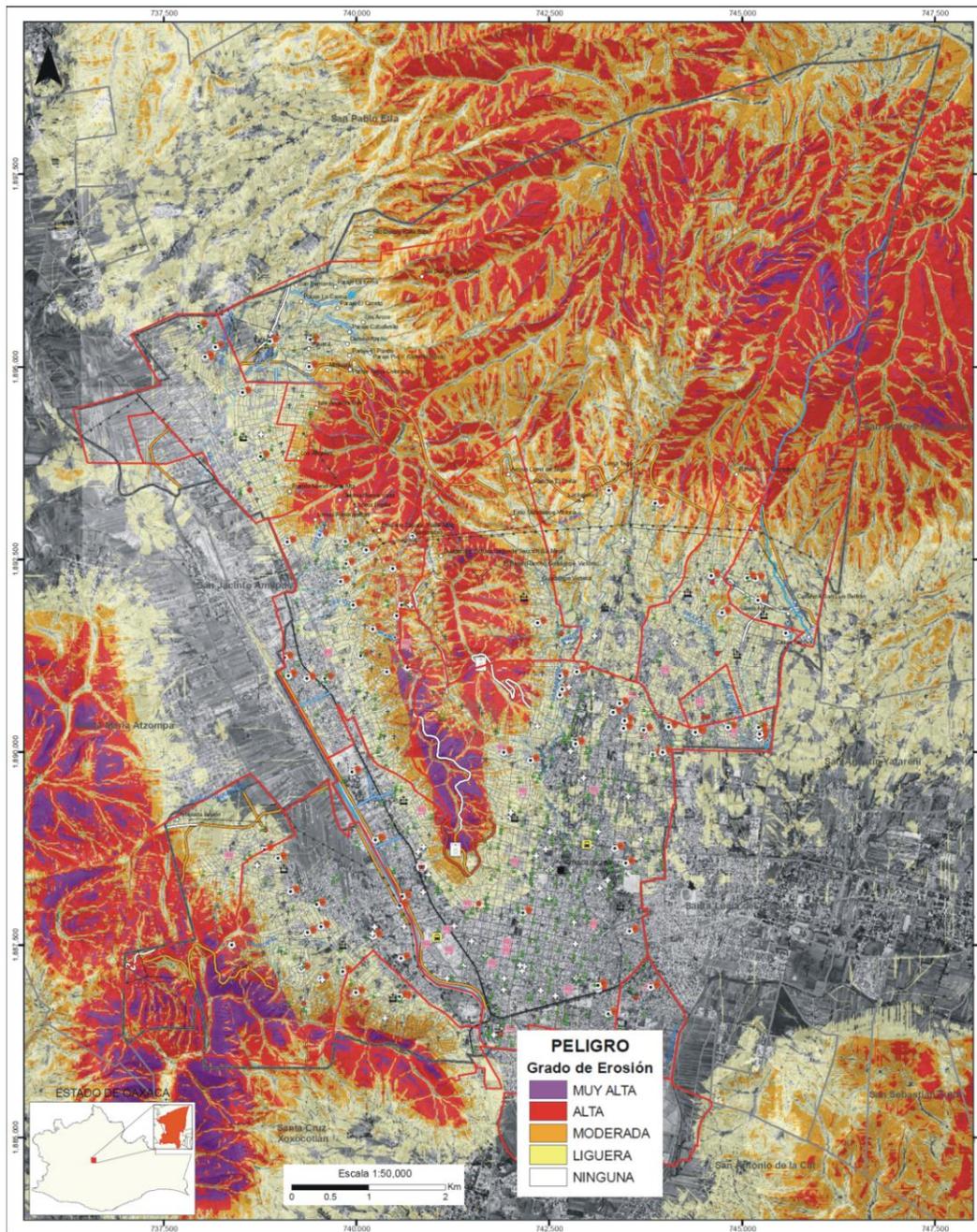


Figura 5.1.9. Zonificación de la erosión dentro del municipio de Oaxaca de Juárez.

5.2 FENÓMENOS HIDROMETEROLÓGICOS

Los fenómenos hidrometeorológicos están asociados por lo regular a la abundancia de agua como resultado de precipitaciones extremas, comúnmente relacionadas con la entrada de huracanes o tormentas tropicales a las zonas continentales. Están controlados por las condiciones climáticas, de ahí que también se manifiesten en aspectos como la sequía o ausencias prolongadas de lluvia, tormentas eléctricas, granizadas y temperaturas extremas. A continuación se hace una descripción de los principales fenómenos hidrometeorológicos a los cuales está expuesto el territorio del municipio de Oaxaca de Juárez.

Huracanes y tormentas tropicales

En el capítulo 1 se han dado ya algunos antecedentes acerca de la ocurrencia de este tipo de fenómenos dentro de la zona de estudio. La Figura 5.2.1 muestra la distribución de las trayectorias de los principales huracanes tropicales que han afectado en mayor o menor medida a la zona del municipio de Oaxaca de Juárez.

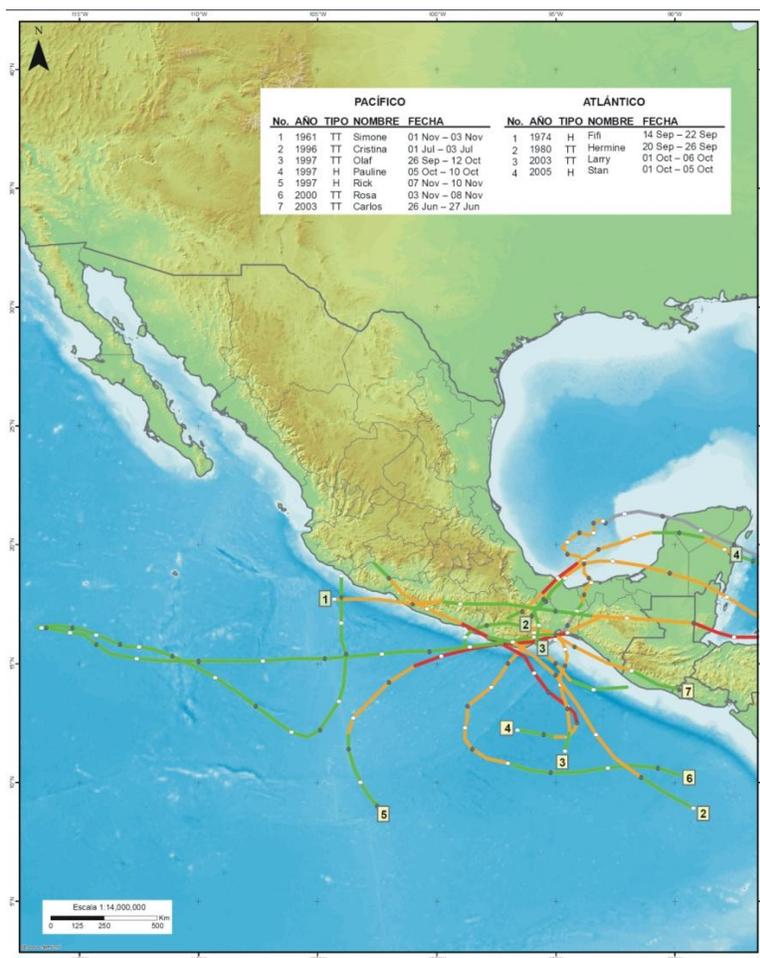


Figura 5.2.1. Mapa de trayectorias de los principales huracanes y tormentas tropicales que han afectado la región de Oaxaca. Fuente: Datos históricos de ciclones tropicales, NOAA.

Tormentas eléctricas

La incidencia de tormentas eléctricas es baja dentro del municipio de Oaxaca de Juárez. En el mapa de la Figura 5.2.2 se muestra la ocurrencia de este tipo de fenómenos por días.

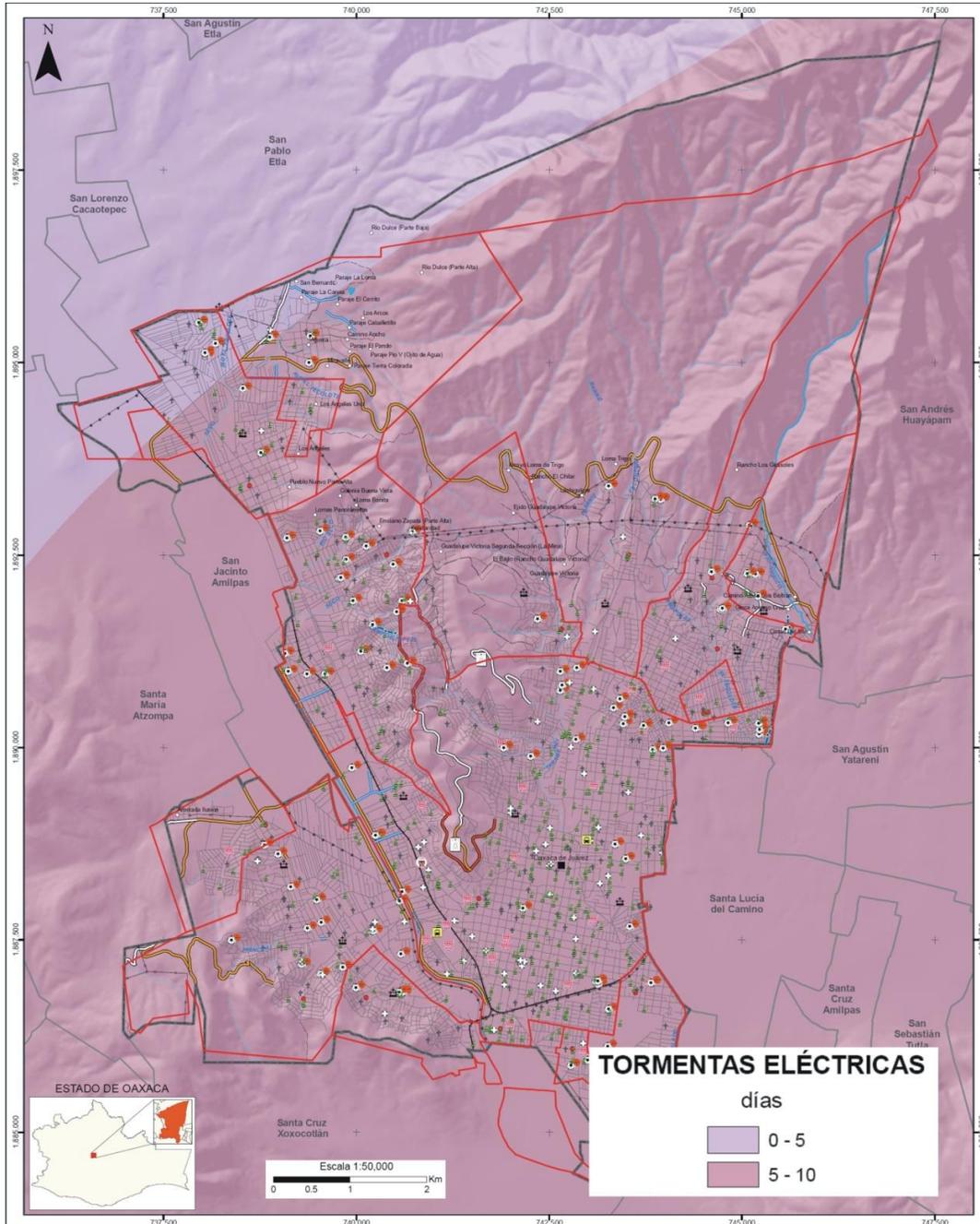


Figura 5.2.2. Días de ocurrencia de tormentas eléctricas dentro del municipio de Oaxaca de Juárez. Fuente: Datos vectoriales INEGI escala 1:50,000, carta E14D47. Normales Climatológicas SMN, periodo de datos 1971-2000.

Sequías y temperaturas máximas extremas

Las sequías son fenómenos de escases prolongada de agua, lo cual esta regularmente asociado con temperaturas máximas extremas. En la Figura 5.2.3 se muestra la distribución de las temperaturas máximas extremas, las cuales fluctúan entre 27 y 29° C.

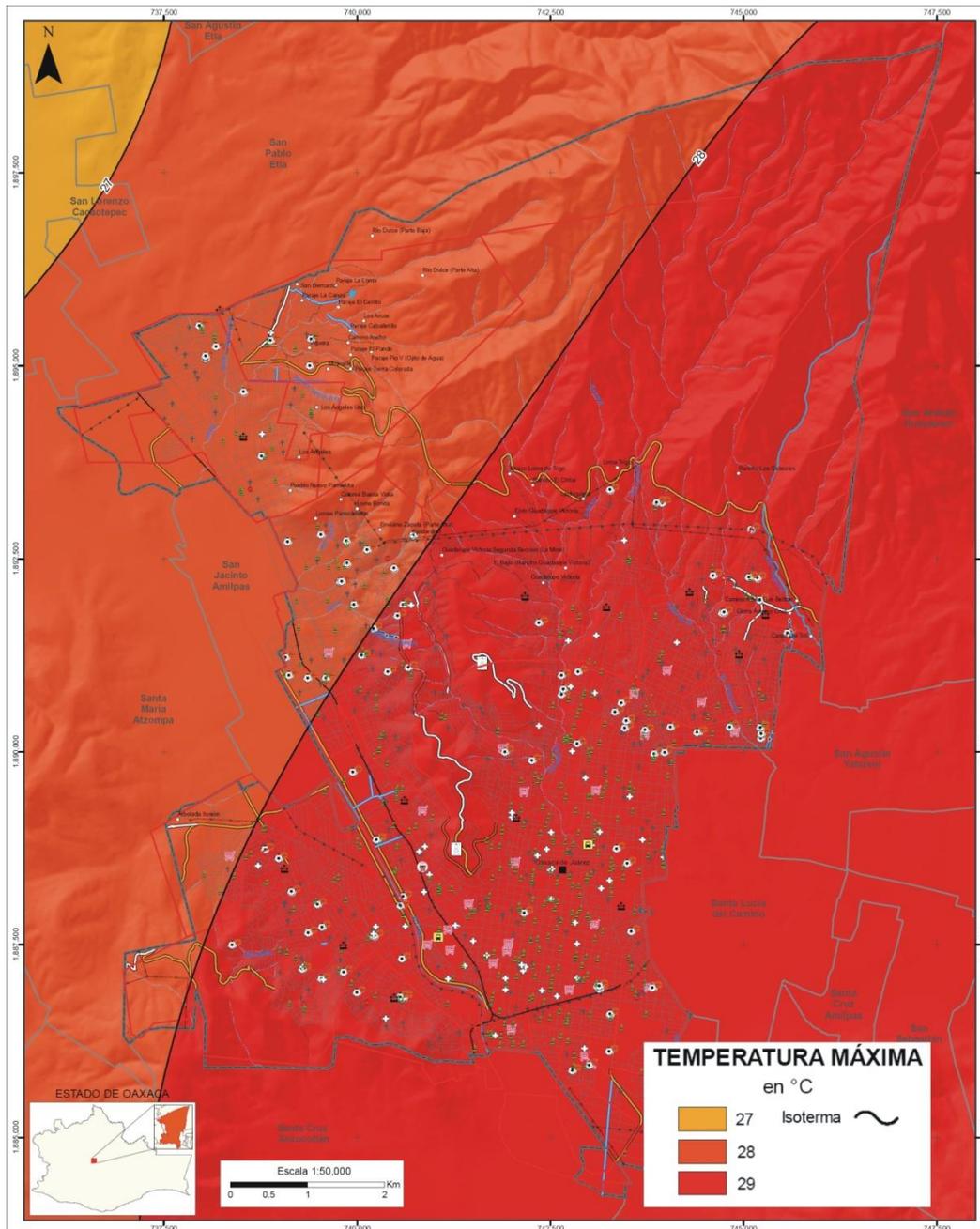


Figura 5.2.3. Distribución de las temperaturas máximas extremas en la zona del municipio de Oaxaca de Juárez. Fuente: Datos vectoriales INEGI escala 1:50,000, carta E14D47. Normales Climatológicas SMN, periodo de datos 1971-2000.

Inundaciones

Las zonas inundables del municipio de Oaxaca de Juárez están por lo regular asociadas a las áreas adyacentes a cauces naturales. Sin embargo, estas también son el resultado de la alteración de los escurrimientos naturales por obras y vialidades. La Figura 5.1.11 muestra la distribución de las áreas inundables dentro de la zona de estudio y la Figura 5.2.4 muestra el porcentaje de área inundable por agencia municipal. Adicionalmente, en el subcapítulo 5.3 se describen de manera detallada las áreas inundables en cada una de las agencias que presentan este tipo de riesgo.

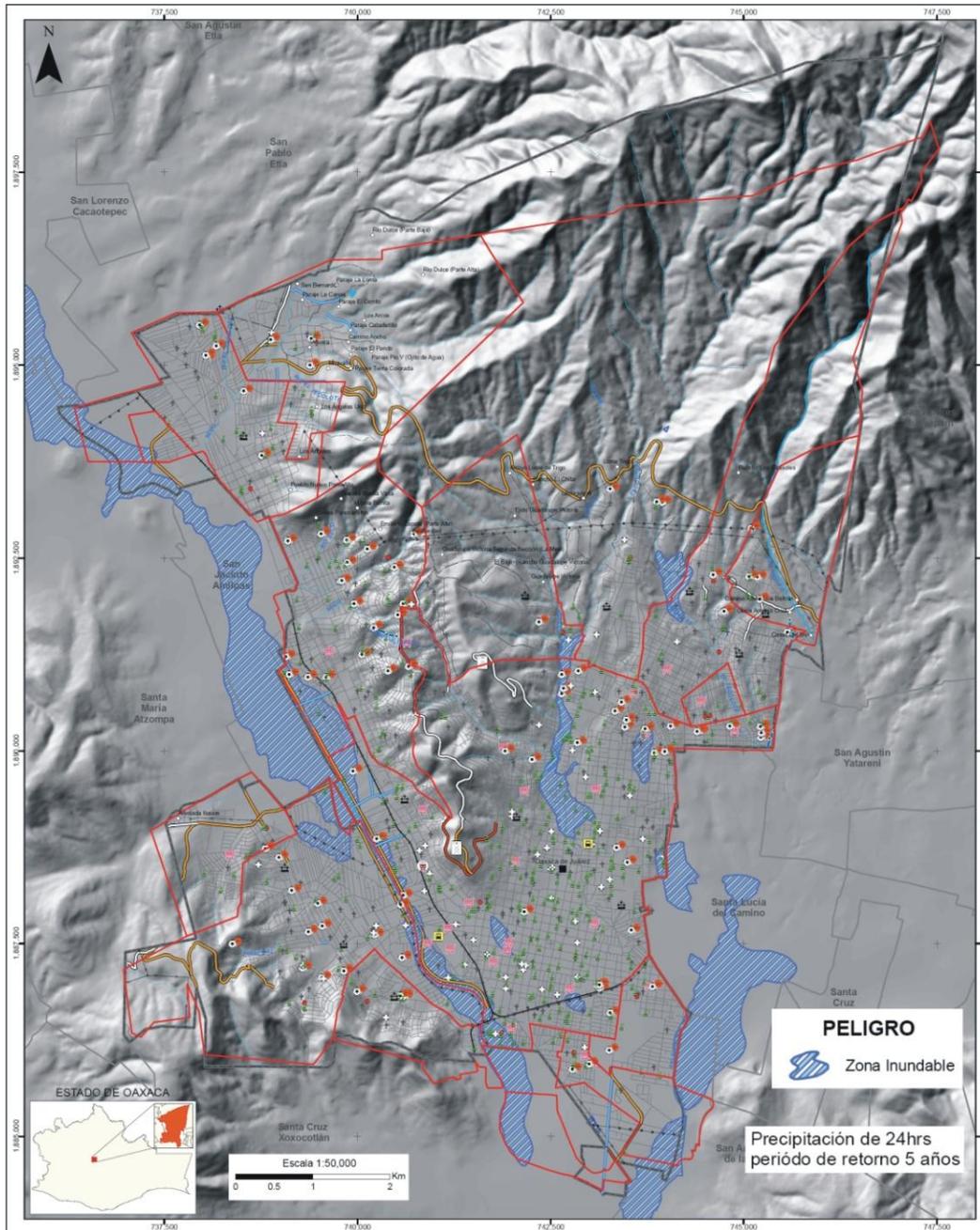


Figura 5.2.4. Distribución de zonas inundables dentro del municipio de Oaxaca de Juárez y zonas aledañas. Fuente: Datos vectoriales, carta E14D47 escala 1:50,000, INEGI.

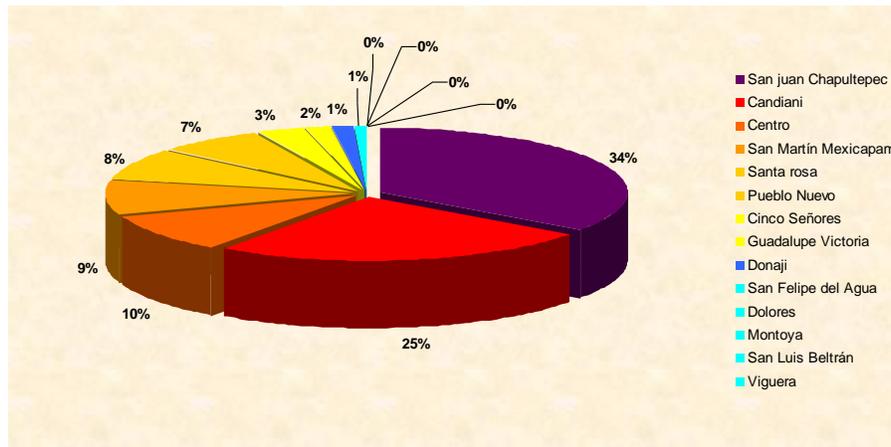


Figura 5.2.5. Gráfica que muestra el porcentaje de área inundable por agencia municipal.

La Tabla 5.2.1 muestra el número de sistemas afectables por agencia municipal, en la cual se puede observar que la agencia Centro es la que tiene mayor cantidad de afectaciones.

Tabla 5.2.1 Sistemas afectables por agencia municipal en el municipio de Oaxaca de Juárez.

Nº	AGENCIA	ESC	IN DEP	MERC	O MPAL	TEMP	U MED	MANZ
1	CANDIANI							3
2	CENTRO	22	8	3	1	5	3	110
3	CINCO SEÑORES							4
4	DOLORES							
5	DONAJI					2		11
6	GUADALUPE VICTORIA	1					1	12
7	MONTOYA							
8	PUEBLO NUEVO							0
9	SAN FELIPE DEL AGUA							3
10	SAN JUAN CHAPULTEPEC							0
11	SAN LUIS BELTRAN							
12	SAN MARTIN MEXICAPAM	1					1	33
13	SANTA ROSA	2	1			2		28
14	VIGUERA							2

Esc: Escuela. IN DEP: Instalación deportiva. MERC: Mercado. O MPAL: Oficina municipal. TEMP: templo. U MED: Unidad médica. MANZ: Manzanas.

Granizadas

De acuerdo con datos de las Normales Climatológicas del SMN, entre el período comprendido entre 1971-2000, la ocurrencia de este tipo de fenómenos dentro del área de estudio es de 0 a 5 días por año y su distribución es prácticamente homogénea dentro del área de estudio, ya que no es posible determinar una zonificación detallada.

5.3 RECOMENDACIONES Y OBRAS DE REMEDIACIÓN POR AGENCIA

De las observaciones realizadas durante el trabajo de campo, a continuación se describen las acciones que se recomiendan para disminuir la vulnerabilidad de los habitantes asentados en las zonas consideradas de alta peligrosidad. De acuerdo al diagnóstico son tres las amenazas que representan mayor peligro en las diferentes agencias municipales que se visitaron:

Avenidas extraordinarias de agua: Son corrientes de agua encañaladas por los cauces superficiales naturales que bajan de las partes altas de los cerros que circundan al municipio. Estas avenidas extraordinarias resultan de lluvias en exceso, por lo regular asociadas con tormentas tropicales o huracanes.

En este caso, las acciones más importantes a realizar son:

- Impedir el asentamiento de viviendas dentro de los cauces.
- Reubicar aquellas viviendas que se encuentren dentro de zonas de cauces y escurrimientos.
- Difundir entre la población la importancia de respetar estos cauces a pesar de que puedan permanecer secos durante largos períodos. Varios de los cauces de arroyos están siendo invadidos por vecinos, lo cual incrementa no solo su vulnerabilidad, sino la de las personas que habitan aguas abajo.
- Diseñar un plan integral de drenaje pluvial, el cual sea utilizado única y exclusivamente para este fin y no como desagüe de aguas negras.
- Evaluar la infraestructura existente, darle mantenimiento, así como integrar la red de drenaje de forma conjunta entre las diferentes demarcaciones políticas (colonias, agencias, municipios).

Inundaciones: Están asociadas también con lluvias en exceso y son el resultado del desbordamiento de los cauces y ríos principales que atraviesan el municipio. Algunas recomendaciones para mitigar el impacto de estos fenómenos son:

- Reforzar los bordos de las márgenes de los ríos Atoyac y Salado, incrementando su altura.
- Implementar un sistema de alertamiento mediante estaciones de monitoreo de lluvia en las partes altas de las microcuencas, de tal manera que permita establecer valores límite o umbrales con los que se produzca el desbordamiento del cauce.
- Evaluar la posibilidad de instalar un sistema de compuertas que evite la inundación de colonias por la saturación de los sistemas de drenaje.

Desprendimiento de bloques de roca: Este tipo de peligro es resultado de las características geológicas, tanto por su litología, como por las estructuras que afectan a las rocas (fallas y fracturas). En los sitios visitados se observaron dos mecanismos principales: Uno asociado al rodamiento sobre las laderas de bloques aislados, y otro al desprendimiento de rocas desde paredes verticales o con pendiente muy pronunciada.

Para el primer caso las acciones que se recomiendan son las siguientes:

- En el caso de los que representan mayor peligro, construir terrazas escalonadas en la base del bloque susceptible de rodamiento (muro seco con un relleno de tierra). Posteriormente, proceder a la destrucción del bloque mediante acción manual mediante marro y barreta.
- Para los que representan menor peligro, realizar limpiezas periódicas de la vegetación para evitar la acción de cuña de las raíces.
- Para aquellos bloques ubicados entre las viviendas, se recomienda devastarlos manualmente para disminuir su tamaño y así removerlos de su sitio actual.

Para el caso de los desprendimientos de taludes verticales se recomienda lo siguiente:

- Realizar limpiezas periódicas que eviten la proliferación de vegetación cuyas raíces hacen un efecto de cuña.
- Hacer una evaluación detallada, y en los casos que así lo amerite, realizar obras de anclaje y enmallado mediante diferentes técnicas, según sea el caso.
- Si la pared se encuentra cercana a la zona habitada, construir muros de gaviones que detengan el rodamiento de los bloques desprendidos.
- Si la pared se encuentra alejada de la zona habitada, plantar árboles endémicos que ayuden a formar una barrera protectora.

Además de los puntos anteriormente mencionados, es de gran importancia resaltar el peligro asociado a la actividad sísmica del área. Para lo cual se hacen las siguientes recomendaciones:

- Realizar un estudio detallado de microzonificación sísmica dentro del área metropolitana.
- Empezar una campaña de reconocimiento y evaluación de las condiciones estructurales y constructivas de las edificaciones mayores, especialmente, aquellas que tengan reportes de daños por sismos anteriores.
- Elaborar o en su caso actualizar un reglamento de construcción acorde con las características sísmicas de la zona.

A continuación se enumeran las recomendaciones a realizar, según la problemática observada en 10 de las 14 agencias, en las cuales se encontraron tanto peligros naturales como aquellos derivados de origen antrópico:

Agencia Pueblo Nuevo

La Agencia Pueblo Nuevo se ubica al NNW del Municipio de Oaxaca de Juárez entre dos elementos geomorfológicos dominantes, al este las laderas WSW y NW de dos cimas montañosas, la primera de 2,700 m y la segunda de 1,940 m de altitud, al oeste, la llanura de inundación del Río Atoyac sobre una cota de 1,580 m.

Pueblo Nuevo se encuentra en el cambio de pendiente entre la sierra y el cauce del río, lo que la convierte en un área de tránsito del agua de escorrentía de la lluvia hasta su destino en el cauce principal. Los puntos de cambio de pendiente y las zonas topográficamente deprimidas son las más susceptibles a inundación y encharcamientos (aunque sea por horas).

Los cauces de arroyos (generalmente secos) reflejan el comportamiento estacional de los flujos de agua. Cabe mencionar que las colonias de esta agencia no contaron con una planeación que contemplara un sistema de drenaje pluvial integral, así como el respeto a los márgenes de los cauces, lo cual incrementa la vulnerabilidad ante el peligro de avenidas de aguas (Figura 5.3.1).

Se observa que algunos de estos cauces han sido invadidos, reducidos o tapados artificialmente, lo cual favorece que el agua de escorrentía fluya por las laderas, alcanzando calles y áreas urbanas.

Esta Agencia es atravesada por una carretera de cuatro carriles, la cual no cuenta con un sistema de drenaje adecuado, por lo que presenta zonas de encharcamientos agudos y prolongados que afectan a la vialidad, así como a las colonias aledañas (Figura 5.3.1).



Figura 5.3.1. A: Zona inundable en una de las vialidades de primer orden. B y C Cauces de arroyos invadidos por viviendas.

A continuación se dan algunas recomendaciones para la mitigación del peligro por inundación en la agencia Pueblo Nuevo:

- Construir una red de drenaje de aguas pluviales de forma integral entre las colonias La Joya, Laureles y el fraccionamiento Esmeralda. Igualmente entre las colonias Manzana 48 A y 48 B, la escuela COBAO, colonia Alta y privada Pino Suárez, así como entre las diferentes demarcaciones políticas inmediatamente aledañas a las mencionadas y aguas abajo del Río Atoyac. Esta red de drenaje debe tener las dimensiones adecuadas para poder evacuar la cantidad de agua almacenada en sus máximos históricos (septiembre del 2010). Los canales deben de ser abiertos, para su mejor mantenimiento y desazolve de sedimentos, construidos de mampostería para permitir la filtración de agua al terreno, con un perfil trapezoidal para repartir la presión ejercida por el agua sobre el terreno aledaño. Así mismo mantener un margen de seguridad que deberá ser respetado en los planes urbanísticos.
- Dar mantenimiento al sistema de canales de drenaje pluvial ya existente y evaluar la posibilidad de ampliar sus dimensiones. Construir fosas de acumulación de sedimentos para optimizar la circulación de agua por el canal y facilitar su desazolve. Esto es recomendable en las zonas donde la decantación de los sedimentos se ve favorecida por una disminución de la pendiente, como es el caso de la calle Río de la Loza (colonias Manzana 48 A y 48 B) y la escuela del COBAO.

- Sensibilizar a los colonos de la importancia de respetar el cauce natural del agua y recuperar las áreas invadidas. Este es el caso de La colonia Alta y el cauce del arroyo Los Sabinos y en la privada Pino Suárez y el cauce del Arroyo Seco.
- Construir gaviones de dimensiones adecuadas en los meandros del Arroyo Seco para evitar la erosión de las laderas y al mismo tiempo tengan un efecto reductor de la velocidad del agua en su descenso.
- Incrementar en un metro y reforzar las paredes de los bordos del arroyo Seco, para evitar su desbordamiento en el cruce con la carretera internacional y las colonias aledañas a este punto.

Agencia Viguera

La agencia Viguera se ubica al norte del municipio de Oaxaca de Juárez, entre dos elementos geomorfológicos dominantes: al E, las laderas WSW y NW de dos cimas montañosas, la primera de 2,700 m y la segunda de 1,940 m de altitud. Al oeste se localiza la zona de transición hacia la llanura de inundación del río Atoyac.

Viguera se encuentra en la confluencia de los arroyos que provienen de la zona montañosa del NE, E y SE, lo que la convierte en un área de tránsito de agua fluvial y de escorrentía de la lluvia, hasta su destino en el cauce principal (río Seco) (Figura 5.3.2).

La presencia de cauces secos en toda la zona, son indicativos de una estacionalidad en los flujos de agua. Sin embargo, el nivel constante de los pozos de agua existentes, denota una estabilidad en el nivel freático, al menos a esa cota.

Los peligros naturales a los que se encuentra expuesta esta agencia municipal son:

Desbordamiento de los arroyos, flujo de agua de escorrentía e inundaciones en las partes bajas. Los procesos de deslizamiento de ladera no son evidentes; sin embargo, una disminución en la cobertura forestal de las cimas puede provocar reptación del terreno e incluso deslizamientos en masa.

En algunos arroyos se han realizado obras que reducen su cauce, además se observa una tendencia a invadir las zonas de escurrimiento natural, a la vez que se utilizan para depósito de escombros y basura. Esto último puede tener afectaciones aguas abajo, especialmente cuando ocurren avenidas extraordinarias.



Figura 5.3.2. Dos vistas que muestran los cauces que atraviesan por zonas habitadas en la agencia Viguera.

A continuación se dan algunas recomendaciones para la mitigación del peligro por inundación en la agencia Viguera:

- Realizar una campaña de difusión de la importancia de respetar el cauce natural del agua y recuperar las áreas invadidas.
- Localizar y revertir los vertederos de escombros improvisados en los cauces de los arroyos.
- Construir gaviones de dimensiones adecuadas en los meandros del arroyo Viguera para evitar la erosión de las laderas y al mismo tiempo tengan un efecto reductor de la velocidad del agua en su descenso.
- Incrementar y reforzar las paredes de los bordos del arroyo Viguera, para evitar su desbordamiento en su cruce con la Calle Independencia y las colonias aledañas a este punto.
- Ante el peligro remoción en masa, el cual se refleja en la reptación del suelo de las laderas altas de esta agencia, es necesario conservar y restaurar la vocación forestal del área.

Agencia Santa Rosa

La agencia Santa Rosa se localiza al oeste del municipio de Oaxaca de Juárez. Los rasgos geomorfológicos que predominan en la zona están conformados por cerros cuyas alturas varían entre los 1,940 y 1,820 m de altitud y la llanura de inundación del río Atoyac, sobre una cota de 1,560 m. Santa Rosa se encuentra en una zona de transición entre la llanura de inundación del río y las zonas altas, lo que la convierte en un área de tránsito de agua de escorrentía de la lluvia hasta su destino en el cauce principal. Los puntos de cambio de pendiente y zonas topográficamente bajas son susceptibles a ser inundadas (aunque sea por horas).

Algunos de los cauces han sido invadidos, reducidos o tapados artificialmente, lo cual favorece la escorrentía por las laderas, generando avenidas de agua por las calles y áreas urbanas (Figura 5.3.3).

Esta agencia es atravesada por una carretera de cuatro carriles, la cual no cuenta con un sistema de drenaje adecuado, por lo que presenta zonas de encharcamientos agudos y prolongados que afectan la vialidad.

En las partes altas, donde la pendiente obliga a escalonar el terreno para poder edificar las viviendas, es común que estas no cuenten con una cimentación o muros de contención adecuados. Así mismo, los cortes de las laderas sin un tratamiento adecuado, han favorecido la erosión de los materiales ladera abajo.



Figura 5.3.3. Tres vistas diferentes de cauces de arroyos invadidos por zonas habitadas.

A continuación, se dan algunas recomendaciones para la mitigación del peligro por inundación en la agencia Santa Rosa:

- Realizar una campaña de difusión acerca de la importancia de respetar los cauces naturales del agua y recuperar las áreas invadidas, especialmente en el arroyo El Arenal.
- Construir una red de drenaje de aguas pluviales de forma integral entre las diferentes demarcaciones políticas inmediatamente aledañas. Esta red de drenaje debe tener las dimensiones adecuadas para poder evacuar la cantidad de agua en sus máximos históricos (septiembre del 2010). De preferencia, los canales deben construirse de mampostería, para permitir la filtración de agua al terreno, abiertos para su mejor mantenimiento y desazolve de sedimentos, tener un perfil trapezoidal para repartir la presión ejercida por el volumen de agua sobre el terreno aledaño; y un margen de seguridad que deberá ser respetado en los planes urbanísticos y por los vecinos.

Agencia Montoya

La Agencia Montoya está situada en la región WSW del Municipio de Oaxaca de Juárez, sobre la ladera de una montaña de 1,920 m de altura y la llanura de inundación del Río Atoyac. Algunas zonas de esta agencia se encuentran en la zona de tránsito de las aguas de escorrentía hacia el río, lo cual las expone a los peligros asociados a avenidas de agua, sobre todo cuando estas son de carácter extraordinario.

El crecimiento urbano, la falta de planeación y en muchos casos las inadecuadas técnicas constructivas de las viviendas, generan una alta vulnerabilidad y exposición a los procesos causados por fenómenos hidrometeorológicos. Aunque algunas acciones preventivas han sido ya implementadas, es necesario su reforzamiento y mantenimiento (Figura 5.3.4).



Figura 5.3.4. Dos vistas que muestran las obras de canalización de las corrientes en la agencia Montoya.

A continuación, se dan algunas recomendaciones para la mitigación del peligro por inundación en la agencia Montoya:

- Realizar una campaña de difusión acerca de la importancia de respetar los cauces naturales del agua y recuperar las áreas invadidas.
- Dar mantenimiento al sistema de canales de drenaje pluvial ya existente y evaluar la posibilidad de ampliar la red. Así mismo, a las intersecciones entre la red de drenaje pluvial y las calles, las cuales en temporada de lluvias se convierten en arroyos de escorrentía superficial.

Agencia San Martín Mexicapam

La Agencia San Martín Mexicapam se ubica al SWW del municipio de Oaxaca de Juárez. Se encuentra dominada por dos elementos geomorfológicos importantes, la ladera NE de una montaña cuyas alturas varían entre 1,920 y 1,820 m de altura y el cauce del río Atoyac, situado en una cota de 1,540 m.

La agencia es lugar de tránsito del agua de escorrentía de la lluvia hasta el cauce principal. Los puntos de cambio de pendiente son los más susceptibles a ser inundados aunque sea por períodos cortos.

Hay presencia de algunos manantiales sobre la cota 1,620 m, los cuales se encuentran sobre el cauce de un arroyo. Los cauces secos sobre la línea de máxima pendiente de la ladera NE de la serranía, son indicativos de escurrimientos por lluvias estacionales.

Los principales peligros naturales a los que se encuentra expuesta el área de la agencia San Martín Mexicapam son:

- Rodamiento de bloques de roca
- Flujo de agua de escorrentía, especialmente por precipitaciones extraordinarias
- Inundaciones y encharcamientos en las partes topográficamente deprimidas.

El fenómeno de rodamiento de bloques de roca es resultado de las características litológicas predominantes. Las rocas más fracturadas e intemperizadas, son susceptibles a ser removidas por la acción del agua y la gravedad, dejando aisladas las zonas menos fracturadas y menos alteradas. Los productos de este proceso son bloques distribuidos sobre la ladera, los cuales con el paso del tiempo y ante la exposición directa a los agentes atmosféricos, pueden quebrarse en bloques menores, perder su estabilidad y rodar ladera abajo (Figura 5.3.5).

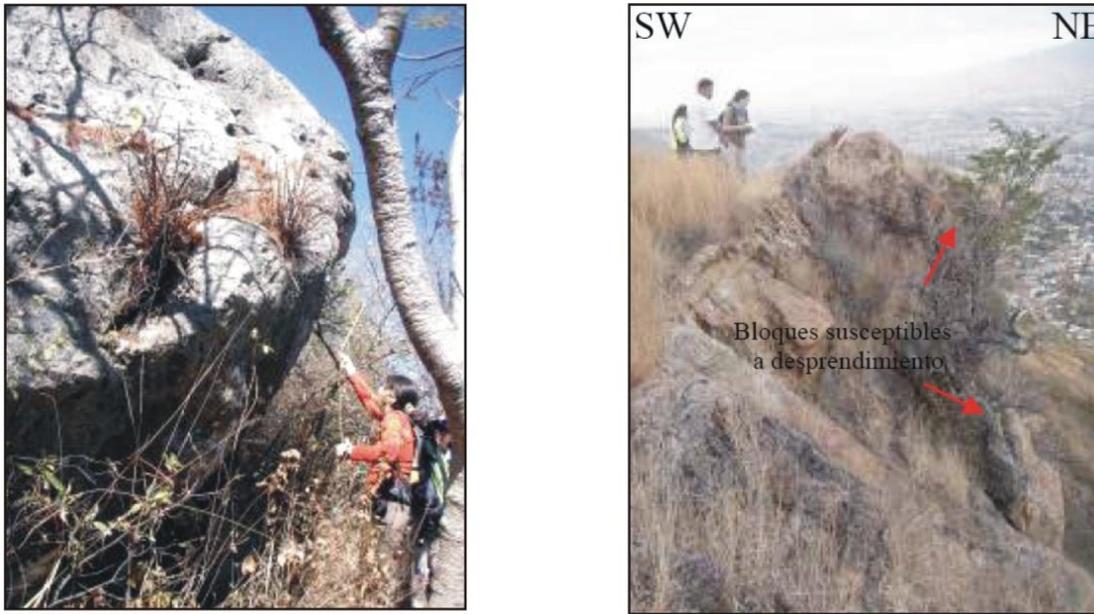


Figura 5.3.5. Dos ejemplos de bloques aislados sobre la ladera del cerro adjunto a la Agencia San Martín Mexicapam, los cuales pueden rodar pendiente abajo.

Las inundaciones y encharcamientos se producen en las colonias ubicadas en las partes bajas, como resultado de la acumulación del agua de escorrentía proveniente de las zonas altas, las cuales, en su tránsito hacia el río Atoyac, fluyen por las calles que se convierten en auténticos canales de drenaje pluvial.

Otro problema que se observa en esta agencia, está relacionados con deficiencias en la construcción de viviendas, generalmente de autoconstrucción. En las partes altas, donde las pendientes obligan a escalonar el terreno para poder edificar, las viviendas no cuentan con un sistema de cimentación o de muros de contención adecuados (Figura 5.3.6).



Figura 5.3.6. Las dos fotografías de la izquierda muestran zonas de inundación y cauce del río Atoyac. La de la derecha muestra un detalle de las características constructivas de algunas viviendas.

A continuación, se dan algunas recomendaciones para la mitigación de los peligros en la agencia San Martín Mexicapam:

- Realizar una evaluación individual de los bloques con más peligro de rodamiento y analizar la técnica para su estabilización o destrucción.
- En el caso de la pared vertical ubicada detrás de la Plaza Comunitaria, realizar limpieza, enmallado y la construcción de gaviones que detengan cualquier futuro desprendimiento. Los gaviones pueden construirse de los bloques ya desprendidos. Encauzar y controlar el drenaje de aguas negras de las viviendas situadas en la parte superior, así como vigilar que no haya ninguna alteración que afecte el escarpe.
- En el caso del escarpe situado sobre la Colonia Monte Albán, Sector 8; realizar el desprendimiento manual con barretas de los bloques susceptibles a desprenderse, limpieza periódica de la vegetación que crece en las fisuras de las rocas para evitar la acción de cuña de las raíces, plantar árboles endémicos en la primera terraza, justo por debajo del farallón, pero a una distancia adecuada del segundo escalón para evitar que las raíces de los árboles fragmenten la roca. A su vez, colocar una barrera de árboles a modo de protección, justo antes de la colonia. Evaluar la probable colocación de una malla.
- Dar mantenimiento al sistema de drenaje pluvial existente y ampliar la red.

Agencia San Juan Chapultepec

La Agencia San Juan Chapultepec se ubica al SW del municipio de Oaxaca de Juárez. Dos elementos morfológicos destacan en su entorno, la ladera NE de una sierra cuyas alturas varían entre los 1,760 y los 1,740 m de altura y el cauce del río Atoyac, situado en una cota de 1,540 m. La cercanía entre la cumbre de los cerros y el cauce del río, hace de toda esta área un lugar de tránsito del agua de escorrentía de la lluvia, hasta su destino en el cauce principal. Los puntos de cambio de pendiente son los más susceptibles a inundaciones o encharcamientos. Existen algunos manantiales que tienen escurrimientos permanentes de agua sobre la cota 1,710 m.

Los principales peligros naturales a los que se encuentra expuesta el área de la agencia San Juan Chapultepec son:

- Rodamiento de bloques de roca
- Flujo de agua de escorrentía, especialmente por precipitaciones extraordinarias
- Inundaciones y encharcamientos en las partes topográficamente deprimidas.

El fenómeno de rodamiento de bloques de roca es resultado de las características litológicas predominantes. Las rocas más fracturadas e intemperizadas, son susceptibles a ser removidas por la acción del agua y la gravedad, dejando aisladas las zonas menos fracturadas y menos alteradas. Los productos de este proceso son bloques distribuidos sobre la ladera, los cuales con el paso del tiempo y ante la exposición directa a los agentes atmosféricos, pueden quebrarse en bloques menores, perder su estabilidad y rodar ladera abajo, al redondearse por la acción de la abrasión que sufren en su recorrido (Figura 5.3.7).

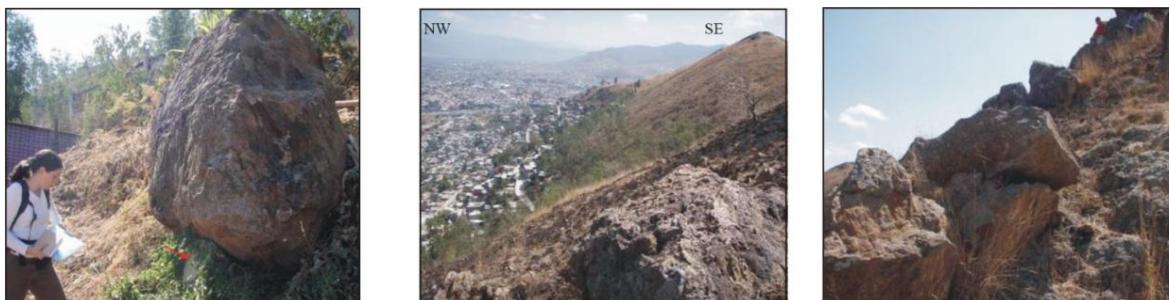


Figura 5.3.7. Imágenes que muestran las condiciones de los bloques susceptibles de rodamiento en la agencia San Juan Chapultepec.

La presencia de cauces secos sobre la línea de máxima pendiente de la ladera NE, es un indicio de escurrimientos producidos por lluvias estacionales.

Las colonias ubicadas en las partes altas de esta agencia (la mayoría asentamientos irregulares), carecen de un sistema de drenaje pluvial, además de que varias de las viviendas se encuentran sobre cauces, lo cual incrementa la vulnerabilidad ante el peligro de avenidas de aguas. Así mismo, algunos andadores peatonales se encuentran sobre cauces de arroyos secos (Figura 5.3.8).



Figura 5.3.8. Dos imágenes que muestran la invasión por viviendas de los cauces secos en la agencia San Juan Chapultepec.

La trayectoria del río Atoyac al NE de la agencia municipal, es curvilínea, en septiembre del 2010, la energía del agua fue tal, que incrementó el poder erosivo del río, lo que provocó un retroceso de 10 m en su margen, exponiendo las áreas urbanas en esta ribera.

En puntos de referencia como por ejemplo puentes vehiculares y peatonales que dan acceso a la agencia, se observan marcas de crecida del río de 6 a 8m, por encima de su nivel actual (Figura 5.3.9).



Figura 5.3.9. Imágenes que muestran los cambios al curso del río y daños a los puentes como resultado de las avenidas extraordinarias de septiembre de 2010.

En las partes altas donde las pendientes obligan a escalonar el terreno para poder edificar, las viviendas no cuentan con un sistema de cimentación y de muros de contención adecuados. Estas deficiencias constructivas lamentablemente ya han causado víctimas mortales y ponen en peligro edificios públicos, como escuelas.

A continuación, se dan algunas recomendaciones para la mitigación de los peligros en la agencia San Juan Chapultepec:

- En paredes verticales como la de la curva de la Vialidad 1º de Mayo, donde se encuentra una cueva convertida en altar, se recomienda mitigar el peligro de desprendimiento de bloques con la limpieza periódica para impedir que las raíces actúen como cuña. Así mismo, analizar la colocación de una malla que retenga los bloques más susceptibles a caer.
- Realizar una evaluación individual de los bloques con más peligro de rodamiento y analizar la técnica para su estabilización o devastación por procedimientos manuales. Algunas opciones pueden ser la construcción de una terraza escalonada (muro seco con un relleno de tierra) a la base del bloque susceptible a desprenderse y el posterior desprendimiento manual con barretas de los bloques, la limpieza periódica de la vegetación que crece entre las roca para evitar la acción de cuña.
- Realizar una campaña de difusión acerca de la importancia de respetar los cauces naturales del agua y recuperar las áreas invadidas o convertidas en andadores peatonales.
- Construir una red de drenaje de aguas pluviales de forma integral entre las diferentes demarcaciones políticas inmediatamente aledañas. Esta red de drenaje debe tener las dimensiones adecuadas para poder evacuar la cantidad de agua en sus máximos históricos (septiembre del 2010). De preferencia, los canales deben construirse de mampostería, para permitir la filtración de agua al terreno, abiertos para su mejor mantenimiento y desazolve de sedimentos, tener un perfil trapezoidal para repartir la presión ejercida por el volumen de agua sobre el terreno aledaño; y un margen de seguridad que deberá ser respetado en los planes urbanísticos y por los vecinos.
- Construir gaviones de dimensiones adecuadas en los meandros del río Atoyac para evitar la erosión de las laderas y al mismo tiempo tengan un efecto reductor de la velocidad del agua en su descenso.

Agencia Cinco Señores

La Agencia Cinco Señores se encuentra al S del municipio de Oaxaca de Juárez, sobre la llanura de inundación del río Salado.

El principal peligro natural que se presenta en la agencia es el de inundaciones como resultado del desbordamiento del río en época de caudales extraordinarias que rebasan su capacidad (Figuras 5.3.10 y 5.3.11).

A continuación, se dan algunas recomendaciones para la mitigación de los peligros en la agencia Cinco Señores:

- Reforzar el bordo del río e incrementar su altura.
- Revisar las obras de drenaje pluvial construidas, optimizarlas y mejorarlas.



Figura 5.3.10. Bordo de contención y cauce del río Salado en la agencia Cinco Señores del municipio de Oaxaca de Juárez.

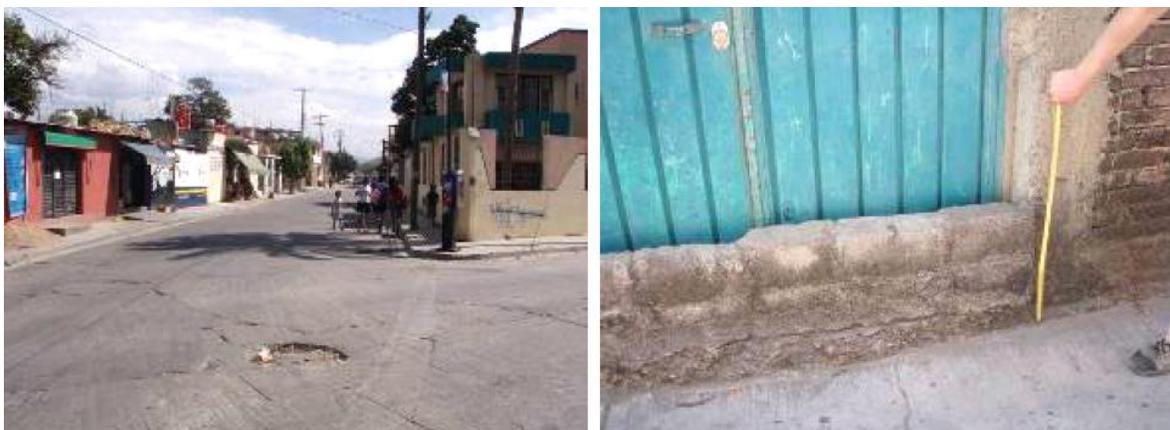


Figura 5.3.11. Dos vistas de las zonas inundables dentro de una de las colonias de la agencia Cinco Señores.

Agencia Centro

La Agencia Centro se sitúa en el área centro y sur del municipio de Oaxaca de Juárez. Geomorfológicamente hay tres zonas, una al NE conformada por el Cerro del Fortín de 1,800 m de altura, otra al NW caracterizada por los cambios de pendiente de la región montañosa y finalmente la zona de planicie entre los ríos Salado y Atoyac.

Los principales peligros naturales a los que se encuentra expuesta el área de la agencia Centro son:

- Deslizamientos de ladera del debilitado corte de la carretera de cuatro carriles de El Fortín, los cuales están condicionados por las características litológicas y estructurales de las rocas (Figura 5.3.12).
- Desbordamientos de los cauces de los arroyos estacionales ubicados al N-NE. Estos ocurren durante las temporadas de lluvias, especialmente las de máxima intensidad; sin embargo en gran medida se producen también por la ocupación irregular de los cauces, lo que provoca su estrechamiento, además de la acumulación de desechos (Figura 5.3.13).
- Inundaciones y encharcamientos. Ocurren en las zonas más bajas.



Figura 5.3.12. Afloramiento de la roca granítica alterada sobre el trazo de la carretera del cerro El Fortín. La fotografía de la derecha es un acercamiento del mismo punto.



Figura 5.3.13. Diferentes vistas de zonas habitadas cercanas a los cauces de arroyos dentro de la agencia Centro del municipio de Oaxaca de Juárez.

A continuación, se dan algunas recomendaciones para la mitigación de los peligros en la agencia Centro:

- Para los problemas de deslizamientos de bloques desde el corte en la ladera de la carretera del Fortín, la recomendación es la de dar mantenimiento a las acciones previas tomadas: retirar el material desprendido que está reteniendo la malla, restaurar la malla en sus puntos debilitados y/o rotos, construir gaviones que protejan todo el flanco del corte carretero para que retengan el material que se va desprendiendo, dar mantenimiento a las cunetas de la carretera y el sistema de drenaje pluvial. Además, es importante tomar acciones nuevas que reduzcan la vulnerabilidad, entre las que sugerimos un correcto anclaje de la ladera, así como construir el soporte adecuado de mencionada vialidad, el uso de gaviones es incorrecto para esta finalidad. Es necesario un soporte con cimentación y anclaje adecuados a la magnitud de la infraestructura vial.
- Para el caso de inundaciones debido al desbordamiento de arroyos de sus cauces, se observó que los puntos de desbordamiento coinciden con los cambios de trayectoria de los arroyos y se recomienda la construcción de gaviones para evitar la erosión y para que disminuyan la energía del agua a modo de rompeolas. Algunos de estos puntos coinciden con muros que limitan propiedades con el cauce del arroyo, confinándolo y sin respetar el margen recomendado.

Agencia Guadalupe Victoria

La Agencia de Guadalupe Victoria se encuentra situada en el centro del municipio de Oaxaca de Juárez. Coincide con el cerro de Microondas y parte de la ladera sureste de una cima de 1,940 m situada al NNW del mismo cerro (Figura 5.3.14).

La pendiente de las laderas en Guadalupe Victoria, son suaves y no presentan indicios de reptación o de deslizamientos de tierras. La red de drenaje es amplia y en el paisaje se reconocen pequeñas vaguadas que marcan el camino del agua en época de lluvias.

En las zonas más urbanizadas se observan canales de drenaje pluvial en puntos donde coincide con alguna infraestructura urbana que podrían generar problemas mayores en un futuro próximo (Figura 5.3.15).

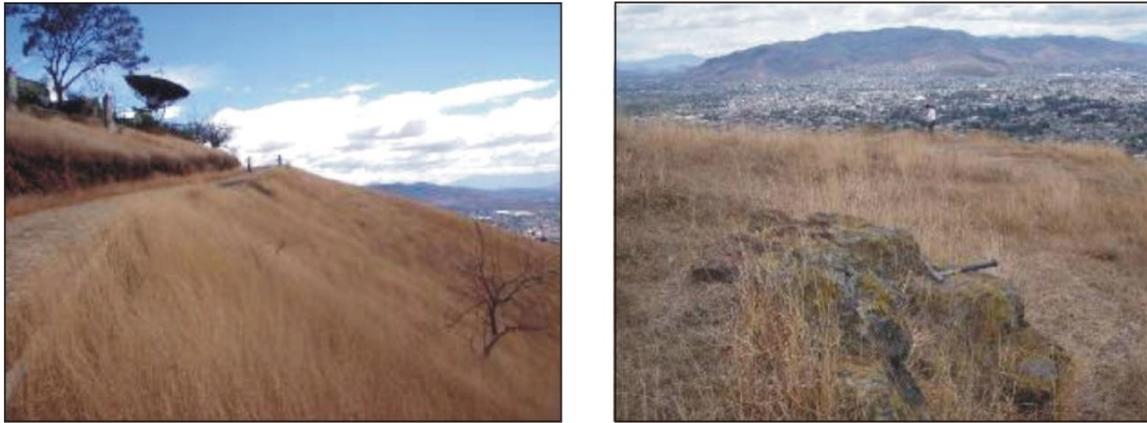


Figura 5.3.14. Vistas panorámicas desde el cerro de Microondas en la agencia Guadalupe Victoria.



Figura 5.3.15. La imagen de la izquierda muestra un cauce invadido por una vivienda, la de la derecha parte de la infraestructura construida.

A continuación, se dan algunas recomendaciones para la mitigación de los peligros en la agencia Guadalupe Victoria:

- Sensibilizar a los colonos de la importancia de respetar el cauce natural del agua y recuperar las áreas invadidas.
- Construir una red de drenaje de aguas pluviales de forma integral entre las diferentes demarcaciones políticas inmediatamente aledañas.
- Evaluar las obras de drenaje ya existente y en los casos que así lo ameriten modificar la desembocadura del drenaje pluvial de tal forma que no afecta a la infraestructura existente, como por ejemplo puentes peatonales y andadores.

Agencia San Felipe del Agua

La Agencia de San Felipe del Agua se localiza al N y NE del municipio de Oaxaca de Juárez, sobre la ladera SW de un macizo montañoso cuyas cumbres oscilan entre los 3,260, 3,100, 2,700 y 2,160 m de altura.

En las zonas de cambio de uso de suelo de forestal a agrícola, es evidente la inestabilidad de las laderas, cuya litología es de naturaleza metamórfica. Se observan marcas de reptación en el terreno, así como grietas características de coronas de deslizamiento, que si bien son incipientes son indicadores de un proceso lento de remoción en masa del terreno (Figura 5.3.16).



Figura 5.3.16. Estructuras de corona que indican proceso de reptación o deslizamientos lentos en la agencia San Felipe del Agua.

- Ante el peligro de deslizamientos de laderas, el cual se refleja en la reptación del suelo de las laderas altas donde se ha cambiado el uso de suelo, las recomendaciones son: conservar y restaurar la vocación forestal del área y protegerla sobre todo en las zonas de mayor pendiente.

BIBLIOGRAFÍA

Brunsdén, D. (1979). Mass movements, en Embleton, C.E. y J.B. Thornes (eds). Progress in Geomorphology, Arnold: p. 130-186.

Carey, S., y Sigurdsson, H., (1986). The 1982 eruption of El Chichon volcano, Mexico (2): Observations and numerical modelling of tephra-fall distribution. Bulletin of Volcanology, 48: 127-141.

CENAPRED (2010). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana. Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México. Disco compacto.

CENAPRED (2010). Peligros Naturales y Tecnológicos relevantes durante el período 1810-2010. Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Prevención de desastres (CENAPRED). ISBN en trámite. 56 p.

Elías-Herrera M., Ortega-Gutiérrez F, Sánchez-Zavala JL, Macias-Romo C, Ortega-Rivera A, Iriondo A. (2005). La falla de Caltepec: raíces expuestas de una frontera tectónica de larga vida entre dos terrenos continentales del sur de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 57.

Espíndola, J.M.; Zamora-Camacho, A.; Godínez, Lourdes; Schaaf, P.; y Rodríguez, Sergio Raúl. (2009). The 1793 eruption of San Martín Tuxtla volcano, Veracruz, Mexico. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 197: 188-208.

FAO (1998). World Reference Base for Soil Resources, by ISSS–ISRIC–FAO. World Soil Resources Report No. 84. Roma.

IUSS Grupo de Trabajo WRB (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

García, E., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998). "Climas". Clasificación de Koppen, modificado por García. Escala 1:1, 000,000. México.

Gobierno de Estado de Oaxaca (1998). De Huracanes. Costa y Sierra Oaxaqueña, Otoño de 1997.

Gobierno del Estado de Oaxaca (2003). Atlas Estatal de Riesgos. Identificación de peligros y localización de zonas vulnerables. Disco compacto.

Gutiérrez-Martínez, C., Martínez-Bringas, A., Gómez-Vázquez, Á., Hernández-Alcántara, T., Mendoza-López, M., y Domínguez-Morales, L. (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos geológicos. Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). ISBN: 970-628-902-X. 280 p.

Instituto de Geografía (1990). Atlas Nacional de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Tres tomos.

Instituto de Geografía (2007). Nuevo Atlas Nacional de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

López, Oscar A., Reyes, Carlos, Durán, Roberto, Bitrán, Daniel, y Lermo, Javier. (2001). El Sismo de Oaxaca del 30 de septiembre de 1999. Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). ISBN: 970-628-609-8. 65 p.

Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L.M., Roldán-Quintana, J., Aranda-Gómez, J.J., Morán-Zenteno, D., Alaniz-Alvarez, S.A., y Nieto-Samaniego, A.F. (1992). Texto explicativo de la quinta edición de la Carta Geológica de la República Mexicana escala 1:2,000,000: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales: 1-74.

Sedlock, R., Ortega-Gutiérrez, F., Speed, R. (1993), Tectonostratigraphic terranes and the tectonic evolution of Mexico: Boulder, CO, Geological Society of America, Special Paper, 278, 153 p.

Servicio Geológico Mexicano (2007). Carta geológico-minera Oaxaca de Juárez, E14-D47, Oaxaca, escala 1:50,000.

Zepeda-Ramos, O., y González Martínez, S. (2001). (Editores). Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). ISBN: 970-628-593-8. 225 p.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Lic. José Hernández Ocampo y al Lic. Eduardo Ortega Juárez, Técnicos Académicos del Centro Regional de Investigaciones multidisciplinarias, UNAM, por su apoyo en el soporte técnico. Asimismo a la Ing. Dalia Bernardino Cruz de Protección Civil Municipal, por su apoyo y colaboración durante los trabajos de campo.