Centro | motor del cambio

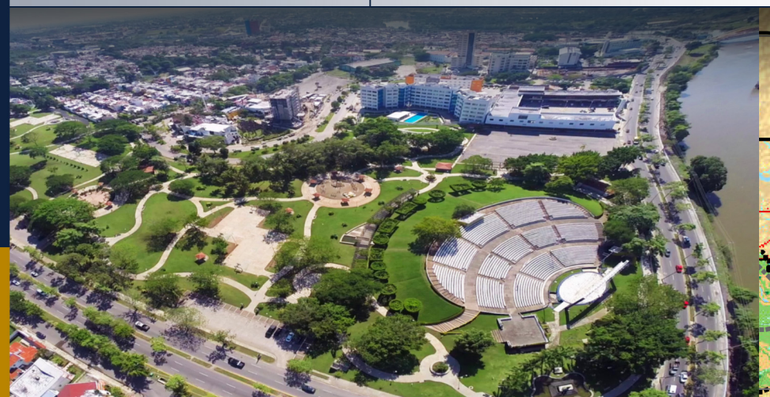
GOBIERNO MUNICIPAL 2013-2015

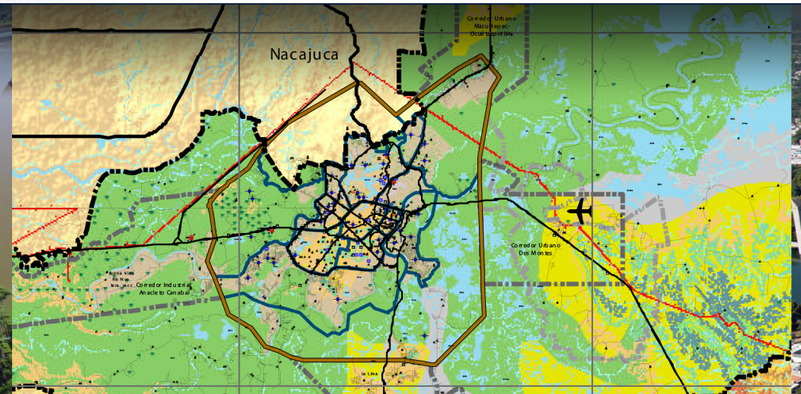
ATLAS DE RIESGOS

PARA EL MUNICIPIO DE

CENTRO, TABASCO

• 2 0 1 5 •





© Derechos reservados.

Este documento fue elaborado con recursos públicos y para el uso de la ciudadanía, por lo que se permite su reproducción total o parcial otorgando el debido crédito a los autores y autoridades responsables de su elaboración:

Se deberá citar de la siguiente manera:
Galindo, A. A., Ruiz A. S., Morales, H. A., Sánchez, L.,L., Carrizales, E. y Villegas P. C., 2015. Atlas de Riesgos del Municipio de Centro, 2015. H. Ayuntamiento Constitucional de Centro, Tabasco. Elaborado por Servicios Integrales de Ingeniería y Calidad SA de CV. Impreso por Talleres Yax-ol, Tabasco, México.

Maquetación:
Edgar Hernández Esteban

Impreso en México.

ATLAS
DE RIESGOS
PARA EL MUNICIPIO DE
CENTRO, TABASCO
• 2 0 1 5 •

Índice

pág.

PRÓLOGO **9**

PRESENTACIÓN **11**

CAPÍTULO 1.
Introducción, Antecedentes y Objetivos **15**
1.1. Introducción 17
1.2. Antecedentes. 19
1.3. Objetivos 27

CAPÍTULO 2.
Determinación de los Niveles de Análisis y Escalas de Representación Cartográfica **29**
2.1. Localización 31
2.2. Escalas de análisis para los diferentes fenómenos a analizar 37

CAPÍTULO 3.
Caracterización de los Elementos del Medio **43**
3.1. Generalidades 45
3.2. Fisiografía 46
3.3. Geomorfología 48
3.4. Geología 50
3.5. Edafología 52
3.6. Hidrología, Cuencas y Subcuencas 55
3.7. Clima 61
3.8. Uso de Suelo y Vegetación 63
3.9. Áreas Naturales Protegidas 67

pág.

CAPÍTULO 4.
Caracterización de los Elementos Sociales, Económigos y Demográficos **69**
4.1. Densidad y Distribución de la Población. 71

CAPÍTULO 5.
Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos ante Fenómenos Naturales **93**
5.1 Identificación de Amenazas, Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos ante Fenómenos Perturbadores de Origen Natural. 95
5.2 Fenómenos Hidrometereológicos 114

CAPÍTULO 6.
Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos ante Fenómenos Antropogénicos **187**
6.1. Fenómenos Antropogénicos 189

RECOMENDACIONES GENERALES . . . . . **.213**

BIBLIOGRAFÍA **225**

DIRECTORIOS **233**

Índice de Cuadros

pág.

Cuadro 2.1. Distribución de la superficie urbana en el municipio de Centro 33
Cuadro 2.2. Tipos de fenómenos perturbadores a analizar, nivel metodológico deseado y escala de trabajo 39
Cuadro 3.1. Provincias y Subprovincias fisiográficas en el municipio de Centro.... 46
Cuadro 3.2. Unidades Geomorfológicas del municipio de Centro 48
Cuadro 3.3. Estructuras Geológicas en el municipio de Centro 50
Cuadro 3.4. Unidades Edafológicas del municipio de Centro 52
Cuadro 3.5. Tipos de clima para el municipio de Centro.....61
Cuadro 3.6. Tipos de vegetación en el estado de Tabasco..... 65
Cuadro 3.7. Usos del suelo en el municipio de Centro..... 65
Cuadro 3.8. Áreas Naturales Protegidas del municipio de Centro..... 67
Cuadro 4.1. Población estimada por sexo y grupos quinquenales de edad al 2010 para el estado de Tabasco 74
Cuadro 4.2. Estimación de la población al 2015 y Proyecciones de crecimiento al 2030 para el municipio de Centro por sexo y grupo etáreo 76
Cuadro 4.3. Estimación de la población 2015 y Proyección de crecimiento al 2030 para las principales localidades del municipio de Centro 76
Cuadro 4.4. Población de 15 años y más con Educación Básica Incompleta, por tamaño de la localidad para el año 2010..... 79
Cuadro 4.5. Tasa de participación en la actividad económica de los jóvenes en el estado de Tabasco, al segundo trimestre de 2015 90
Cuadro 4.6. Personal ocupado 2014 en el estado de Tabasco por área..... 90
Cuadro 4.7. Actividades productivas del Estado y PIB 2013..... 91
Cuadro 4.8. Población ocupada de 12 años y más en el municipio de Centro, 2010..... 91
Cuadro 5.1.1. Desastres volcánicos más importantes en el mundo en los últimos 290 años 99
Cuadro 5.1.2. Cronología eruptiva del Volcán Chichonal..... 107
Cuadro 5.2.1. Estaciones meteorológicas de donde se recopiló la información utilizada para la evaluación de las ondas gélidas y cálidas 116

pág.

Cuadro 5.2.2. Temperaturas mínimas registradas en las estaciones analizadas 116
Cuadro 5.2.3. Vulnerabilidad por altas temperaturas.....117
Cuadro 5.2.4. Relación entre el contenido de humedad relativa y la temperatura ambiente.....118
Cuadro 5.2.5. Clasificación del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI)..... 120
Cuadro 5.2.6. Escala de Beaufort modificada para evaluación de daños por vientos (1944) 123
Cuadro 5.2.7. Datos procesados de las estaciones utilizadas en el análisis de vientos 123
Cuadro 5.2.8. Número promedio anual de ciclones tropicales en los mares que rodean a México 128
Cuadro 5.2.9. Escala Saffir–Simpson. Descripción de daños producidos por los huracanes..... 128
Cuadro 5.2.10. Escala Fujita Mejorada para la clasificación de Tornados 130
Cuadro 5.2.11. Estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis de las tormentas eléctricas en el municipio de Centro 131
Cuadro 5.2.12. Estaciones climatológicas usadas para el cálculo de las lluvias extremas 132
Cuadro 5.2.13. Valores máximos de precipitación anual para la estación Villahermosa 135
Cuadro 5.2.14. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias 135
Cuadro 5.2.15. Estaciones de bombeo (cárcamos) de la Ciudad de Villahermosa y zonas aledañas 136
Cuadro 5.2.16. Características de estructuración para el cálculo del coeficiente de escurrimiento 171
Cuadro 5.2.17. Estaciones hidrométricas con su respectivo valor de NAME y NAMO utilizadas para el análisis..... 171
Cuadro 5.2.18. Tipología de la Vivienda 186
Cuadro 6.1.1. Distancias de peligro por Categoría 193
Cuadro 6.1.2. Categorías de severidad de consecuencias 194
Cuadro 6.1.3. Categorías de probabilidad de ocurrencia..... 194

Índice de Mapas

pág.

Mapa 2.1. Base a escala municipal 34
Mapa 2.2. Base a escala urbana 35
Mapa 3.1. Fisiografía del municipio de Centro..... 47
Mapa 3.2. Geomorfología del municipio de Centro 49
Mapa 3.3. Geología del municipio de Centro.....51
Mapa 3.4. Edafología del municipio de Centro 53
Mapa 3.5. Hidrología superficial del municipio de Centro 57
Mapa 3.6. Lagunas urbanas del municipio de Centro..... 58
Mapa 3.7. Clima del municipio de Centro 62
Mapa 3.8. Vegetación y tipos de uso del suelo del municipio de Centro 64
Mapa 3.9. Áreas Naturales Protegidas del municipio de Centro..... 68
Mapa 4.1. Distribución de la población por localidad en el municipio de Centro. ... 72
Mapa 4.2. Densidad de población en el municipio de Centro por Ageb..... 73
Mapa 4.3. Marginación por localidad del municipio de Centro 85
Mapa 4.4. Marginación por Ageb en el municipio de Centro..... 86
Mapa 4.5. Población con discapacidad en el municipio de Centro 88
Mapa 5.1. Ubicación de cárcamos de la Zona Urbana del municipio de Centro 137
Mapa 5.2. Peligro por anegamiento en el Distrito I 139
Mapa 5.3. Peligro por anegamiento en el Distrito II. 141
Mapa 5.4. Peligro por anegamiento en el Distrito III..... 143
Mapa 5.5. Peligro por anegamiento en el Distrito IV..... 145
Mapa 5.6. Peligro por anegamiento en el Distrito V. 147
Mapa 5.7. Peligro por anegamiento en el Distrito VI. 149
Mapa 5.8. Peligro por anegamiento en el Distrito VII..... 151
Mapa 5.9. Peligro por anegamiento en el Distrito VIII. 153
Mapa 5.10. Peligro por anegamiento en el Distrito IX. 154
Mapa 5.11. Peligro por anegamiento en el Distrito X..... 155
Mapa 5.12. Peligro por anegamiento en el Distrito XI. 157
Mapa 5.13. Peligro por anegamiento en el Distrito XIII. 160
Mapa 5.14. Peligro por anegamiento en el Corredor Urbano Anacleto Canabal. 162
Mapa 5.15. Peligro por anegamiento en el Corredor Urbano Dos Montes. 163

pág.

Mapa 5.16. Peligro por anegamiento en el Corredor Urbano
Macultepec - Ocuiltzapotlán..... 164
Mapa 5.17. Peligro por anegamiento en el Corredor Urbano
Parrilla - Playas del Rosario 165
Mapa 5.18. Mapa General de inundaciones para el municipio de Centro. 175
Mapas 5.19. al 5.24.
Escenarios de inundación para diferentes
periodos de retorno en el municipio de Centro..... 176
Mapas 5.25 al 5.30.
Escenarios de inundación para diferentes
periodos de retorno en el río Carrizal. 177
Mapas 5.31 al 5.36.
Escenarios de inundación para diferentes
periodos de retorno en el río Viejo Mezcalapa..... 179
Mapas 5.37 al 5.42.
Escenarios de inundación para diferentes
periodos de retorno en el río Pichucalco. 181
Mapas 5.43 al 5.48.
Escenarios de inundación para diferentes
periodos de retorno en el río de la Sierra..... 183
Mapa 6.1. Peligro por contaminación en el municipio de Centro..... 198
Mapa 6.2. Peligro por contaminación en la Zona Urbana
del municipio de Centro..... 199
Mapa 6.3. Amenaza por Fenómenos Antropogénicos
"Incendios Forestales" en el Municipio de Centro..... 202
Mapa 6.4. Amenaza por Fenómenos Antropogénicos
"Incendios" en el Municipio de Centro. 203
Mapa 6.5. Amenaza por Fenómenos Antropogénicos "Incendios"
en la Ciudad de Villahermosa..... 205
Mapa 6.6. Amenaza por explosiones para el municipio de Centro..... 208
Mapa 6.7. Peligro por explosiones en la Ciudad de Villahermosa.....211

Índice de Figuras

pág.

Figura 4.1. Distribución porcentual de la población por tipo de localidad, 1990, 2000 y 2010 ... 71
Figura 4.2. Pirámide de población 2010 para el municipio de Centro ... 74
Figura 4.3. Proyección de la población del municipio de Centro por grupos etarios, 2010-2030 ... 75
Figura 4.4. Cohortes poblacionales del municipio de Centro para 2010, 2020 y 2030 ... 75
Figura 4.5. Tasa de mortalidad infantil total y por sexo, 1990-2030 para el estado de Tabasco ... 77
Figura 4.6. Esperanza de vida al nacimiento por sexo, 1990 – 2030 para el estado de Tabasco ... 78
Figura 4.7. Asistencia escolar por grupo de edad, 2010 para el municipio de Centro ... 78
Figura 4.8. Grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más por municipio, 2010 ... 79
Figura 4.9. Disponibilidad de Servicios dentro de los Hogares en el municipio de Centro, 2010 ... 80
Figura 4.10. Tecnologías de Información y Comunicación dentro de los Hogares en el municipio de Centro, 2010 ... 80
Figura 4.11. Población derechohabiente en el municipio de Centro, 2010 ... 80
Figura 4.12. Distribución porcentual de la población en situación de pobreza en el municipio de Centro, 2015 ... 81
Figura 4.13. Medición Multidimensional de la Pobreza para el municipio de Centro, 2010 ... 81
Figura 4.14. Indicadores porcentuales de carencia social, 2010 para el municipio de Centro ... 82
Figura 4.15. Promedio de ocupantes por vivienda particular habitada por municipio ... 82
Figura 4.16. Distribución porcentual de la población del estado de Tabasco por Grado de Marginación, 2010 ... 82
Figura 4.17. Distribución porcentual de discapacidades en la población municipal, 2010 ... 87
Figura 4.18. Municipios con mayor porcentaje de población de 3 años y más que no habla pero entiende alguna lengua indígena ... 89
Figura 4.19. Distribución porcentual de las principales lenguas habladas en el Estado, 1990, 2000 y 2010 ... 89
Figura 4.20. Porcentaje de hablantes de lengua indígena por municipio ... 89
Figura 4.21. Estructura del Producto Interno Bruto de Tabasco, 2013 ... 90
Figura 4.22. Población ocupada por trimestre en la ciudad de Villahermosa, 2014 ... 91
Figura 5.1.1. Distribución de los principales volcanes en la zona de estudio ... 104
Figura 5.1.2. Vista superior del volcán Chichonal, ubicado en el estado de Chiapas ... 107
Figura 5.1.3. Ubicación del volcán Chichonal y su relación con el municipio de Centro ... 107
Figura 5.1.4. Flujos piroclásticos ... 107
Figura 5.1.5. Ajuste de distribución para magnitudes sísmicas de eventos cercanos al municipio de Centro ... 111
Figura 5.1.6. Curva de excedencia de magnitud sísmica para el municipio de Centro. ... 111
Figura 5.1.7. Distribución de los epicentros de los sismos de acuerdo a su magnitud y profundidad en la región aledaña al municipio de Centro ... 112
Figura 5.1.8. Aceleración sísmica para diferentes periodos de retorno. ... 113
Figura 5.2.1. Distribución de las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis. ... 116
Figura 5.2.2. Climograma y normales climatológicas de la estación climatológica Villahermosa. ... 118
Figura 5.2.3. Distribución de probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas extremas ... 119
Figura 5.2.4. Categorización del SPI para el municipio de Centro 1951 – 2010 ... 120
Figura 5.2.5. Distribución de probabilidad para la velocidad del Viento (km/h) ... 124
Figura 5.2.6. Zonificación de velocidades máximas de vientos en la República Mexicana. ... 124
Figura 5.2.7. Trayectorias de eventos ciclónicos registrados en el área de influencia ... 127
Figura 5.2.8. Eventos ciclónicos que han tocado tierra y transitado por el municipio de Centro ... 129
Figura 5.2.9. Distribución de las estaciones climatológicas utilizadas para el análisis de lluvias extremas ... 133
Figura 5.2.10. Salida del software HEC-SSP mostrando el ajuste de ladistribución log-normal en la estación Boca del Cerro para el mes de Junio ... 133
Figura 5.2.11. Ejemplo de mapa de la lluvia, de diseño para 10 años de periodo de retorno ... 134

pág.

Figura 5.2.12. Ejemplo de curva de intensidad, duración y frecuencia. ... 134
Figura 5.2.13. Ejemplo de hietograma de precipitación ... 134
Figura 5.2.14. Calculo de precipitaciones máximas probables para distintos periodos de retorno. ... 135
Figura 5.2.15. Diagrama Dórrigo. ... 138
Figura 5.2.16. Vaso regulador de la cuenca, entre la Avenida Paseo Usumacinta y Prolongación 27 de Febrero en el V Distrito. ... 148
Figura 5.2.17. Zona de anegamiento por escurrimiento en la zona contigua a la Central de Abastos ... 148
Figura 5.2.18. Extensión del área de amortiguamiento hidráulico del arroyo y que prácticamente ha quedado aislada en la zona de la Avenida Paseo Usumacinta y Prolongación 27 de Febrero ... 148
Figura 5.2.19. Laguna aislada en la parte posterior del Fraccionamiento Carrizal ... 148
Figura 5.2.20. Zona de amortiguamiento hidráulico en la colonia Asunción Castellanos. ... 150
Figura 5.2.21. Parte de la zona norte de amortiguamiento hidráulico de la Laguna de las Ilusiones. ... 150
Figura 5.2.22. Zona de amortiguamiento hidráulico dividida por la prolongación del Periférico Carlos Pellicer Cámara ... 150
Figura 5.2.23. Laguna El Negro, una de las zonas más conflictivas de la ciudad. ... 152
Figura 5.2.24. Parte trasera de la zona habitacional de Ciudad Industrial ... 155
Figura 5.2.25. Dos áreas contiguas de anegamiento ubicadas en la zona norte del Distrito en lo que corresponde a la Manga segunda sección. ... 156
Figura 5.2.26. Zona El Monal, una de las áreas populares de las Gaviotas con más problemas de anegamiento ... 156
Figura 2.2.27. Zona de amortiguamiento hidrológico de los Zapotes y la Laguna el Camarón ... 156
Figura 5.2.28. Zona de regulación ubicada atrás de Soriana Guayabal. ... 158
Figura 5.2.29. Zona Norte de Curahueso ... 158
Figura 5.2.30. Lagunas de La Aduana y Curahueso con el relleno realizado para la construcción del Fraccionamiento Centropolis. ... 158
Figura 5.2.31. Zona Sur de Curahueso ... 158
Figura 5.2.32. Zona Sur de Samarkanda con el área de amortiguamiento rellena para el establecimiento de un nuevo fraccionamiento ... 159
Figura 5.2.33. Laguna Covadonga ... 159
Figura 5.2.34. Zona de amortiguamiento al sur de Soriana San Joaquín. ... 159
Figura 5.2.35. Zona de amortiguamiento en el sector oeste de Miguel Hidalgo y Estrellas de Buenavista ... 159
Figura 5.2.36. Zona de amortiguamiento que fue sistemáticamente rellenada ... 161
Figura 5.2.37. Áreas perdidas por la construcción de instalaciones ... 161
Figura 5.2.38. Zona de anegamiento en la zona aledaña al Parque Tabasco lugar donde se realiza la feria anual ... 161
Figura 5.2.39. Zona de anegamiento ubicada en la zona sur oeste de la laguna Loma de Caballo. ... 161
Figura 5.2.40. Zona de anegamiento ubicada al sur de la avenida Bicentenario ... 161
Figura 5.2.41. Zona de anegamiento ubicada al poniente del fraccionamiento las Puertas ... 161
Figura 5.2.42. Cuencas que afectan al territorio del municipio de Centro. ... 166
Figura 5.2.43. Hidrología superficial de la zona de estudio ... 167
Figura 5.2.44. Distribución de las principales estructuras para el control de las inundaciones ... 167
Figura 5.2.45. Subcuencas utilizadas en el análisis de los escurrimientos ... 170
Figura 5.2.46. Módulo de parámetros de cuenca ... 170
Figura 5.2.47. Ejemplo de los modelos Geo Hec Hms y Hec Hms utilizados para el cálculo de los escurrimientos ... 171
Figura 5.2.48. Algunos aspectos del análisis hidráulico ... 172
Figura 5.2.49. Función de vulnerabilidad para inundaciones y anegamiento vivienda. ... 185
Figura 5.2.50. Gráfica de la función de vulnerabilidad presentada ... 185
Figura 6.1.1. Diagrama de estimación del riesgo ... 193

Prólogo

Debido a múltiples factores, que oscilan desde buscar un progreso socioeconómico hasta razones de seguridad, las personas emigran de las zonas rurales a las urbanas. Por tal motivo, a lo largo de la historia, las ciudades han ido adquiriendo un papel determinante en la conformación de los asentamientos humanos.

Según estudios de la Fundación Rockefeller, en 1913, el 25 por ciento de la población mundial vivía en ciudades, proporción que aumentó al 50 por ciento un siglo después y que hacia el año 2050 se prevé que sea de 75 por ciento.

Villahermosa es un claro ejemplo de este fenómeno, siendo el Municipio de Centro donde habita el 28 por ciento de la población estatal. Además, circula en su territorio más de la mitad de los 526 mil 781 vehículos registrados en el estado y concentra 30 por ciento de la vivienda y matrícula estudiantil.

La Zona Metropolitana incluye al municipio de Centro y al de Nacajuca y registra más de 756 mil habitantes, actualmente. A este escenario de alta densidad poblacional, se suman fenómenos naturales extremos, como las lluvias torrenciales atípicos de la última década que provocaron daños y pérdidas por 57 mil 430 millones de pesos, o bien temperaturas de hasta casi 50 grados centígrados.

Para enfrentar esta situación, los gobiernos locales deben responder al crecimiento de los asentamientos humanos y de las actividades económicas asociadas a la acelerada dinámica de las ciudades, lo cual implica un permanente trabajo de mantenimiento de la infraestructura pública, así como la satisfacción de necesidades sociales, obras y servicios oportunos.

La resiliencia urbana es un concepto novedoso que consiste en la capacidad de una ciudad o comunidad expuesta a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos nocivos de manera oportuna y eficiente, lo cual incluye la preservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas. Consiste en fortalecer la capacidad de anticipación y adaptación, ante sucesos como el cambio en el ciclo de recurrencia de los fenómenos hidrometeorológicos, que según los registros históricos sucedían cada 50 años.

Nuestra apuesta a favor de la resiliencia considera la implementación de programas que focalicen la coordinación interinstitucional de los gobiernos federal, estatal y municipal, agencias de desarrollo, empresas privadas, sectores educativos y la ciudadanía. Un ejemplo de ello es el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo que a través de la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental,

desarrolló varios programas de capacitación a nivel nacional en Estrategias de Respuesta, Atención y Recuperación ante Emergencias. El Ayuntamiento de Centro, siguiendo estas directrices integró un Programa de Protección Civil Municipal con enfoque de resiliencia, adicional a las obras de protección y control de escurrimientos, realizadas por la Federación y el Estado en años pasados.

En este rubro se impulsó en Villahermosa la promoción de una cultura de la autoprotección, teniendo como base la organización social, que nos ha permitido a la capacitación permanente a Delegados Municipales, Comités Comunitarios y Jefes de Manzana. Este esfuerzo parte de la convicción de que las mejores estrategias para enfrentar problemas que involucran a grandes colectivos fracasan si no se acompañan de los cambios culturales.

Otra de las estrategias implementadas es la denominada ,"Círculo Virtuoso del Agua", que incluye:

- Impulso a la acuacultura en favor de familias de bajos ingresos.
- Rehabilitación de sistemas de captación, plantas potabilizadoras y redes de distribución.
- Limpieza y desazolve de lagunas, canales y drenes.
- Construcción de cuatro estaciones de bombeo aéreo.

A través de estos programas, estrategias y acciones, estamos trabajando con un enfoque preventivo. El propósito es mostrar una alta efectividad en la aplicación de los programas, al combinar eficiencia (costos y tiempos) con eficacia (resultados correctos), que cuenten con una fuerte dosis de corresponsabilidad al ser producto del contacto permanente con los actores de la iniciativa privada, la sociedad organizada y los tres órdenes de gobierno.

Nuestro objetivo es posicionar a Villahermosa como una urbe que brinde a sus habitantes un espacio de realización y superación, tanto individual como colectiva, en un entorno sustentable. Ello exige laborar antes, durante y después de la emergencia. Se trata de convertir las experiencias en aprendizajes valiosos para enfrentar de la mejor manera las crisis futuras.

El Gobierno Municipal de Centro trabaja para fortalecer las iniciativas a favor de la adaptación, como componente básico de una cultura de la resiliencia y elemento clave para enfrentar con éxito fenómenos naturales y antropogénicos destructivos que pueden presentarse en la región.

En el mundo van en aumento los núcleos urbanos que ahora resultan más densos, con necesidades más apremiantes y con cambios inesperados en el clima. Si no hacemos algo para atenuar estos fenómenos, en un periodo a corto plazo, tendremos que elaborar una reingeniería de nuestro Atlas de Riesgos para enfrentar situaciones inéditas. Es preciso generar efectos duraderos, de largo plazo, que incluyan la actualización del marco normativo y administrativo, para hacer posible un escenario de mayor sustentabilidad.

Con la finalidad de enfrentar los retos presentes y futuros, con poblaciones cada vez más urbanas que resisten los impactos del cambio climático, es necesario que los gobiernos de las ciudades adopten el concepto de resiliencia en sus planes y programas, estrategias y acciones.

Aun así estamos a tiempo de cambiar paradigmas, hábitos y costumbres para hacerlos más amigables con el entorno natural. ■

Presentación

Uno de los errores más comunes en la Gestión del Riesgo es la tendencia generalizada de la población a confundir los términos de amenaza y/o peligro, vulnerabilidad y riesgo. Efectivamente, es común ver en reuniones de todos los niveles, como incluso el personal institucional usa indiscriminadamente estos términos. Para evitar parte de esta confusión se propone en este inicio plantear las definiciones conceptuales a utilizar en este documento. Estas definiciones fueron obtenidas de fuentes bibliográficas utilizadas en el ámbito nacional e internacional de forma tal que los conceptos utilizados en el documento fueran homologables con el discurso internacional para su comparación.

El primer concepto a definir es la amenaza o peligro.

Se entiende por peligro aquella situación que se caracteriza por la posible ocurrencia de un incidente potencialmente dañino. Es decir que el peligro es todo aquel suceso capaz de ocasionar una situación de daño ya sea a la salud de la población o bien a la integridad de sus bienes.

El peligro puede ser activo en el momento en el cual se presenta el suceso, como un edificio que esta en llamas, o bien puede ser potencial cuando el suceso o fenómeno que lo genera no esta activo, pero sabemos que puede existir a corto, medio, o largo plazo, dependiendo de la naturaleza de las causas que crean peligro.

De acuerdo a la Ley General de Protección Civil, un peligro es la probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado.

Un ejemplo de esto sería que para la Ciudad de Villahermosa, la probabilidad de que ocurra un sismo de intensidad 4, en los próximos 5 años es de 0.01.

Otro ejemplo puede ser, la probabilidad de que en un lugar determinado ocurra una inundación con cierta intensidad en un periodo de retorno dado.

Un elemento que pocas veces tomamos en cuenta es que el hecho de que en un lugar exista un peligro no significa directamente que existe un riesgo. En efecto, mientras no exista la posibilidad de un daño material o humano el riesgo no existe. Esto quiere decir que en un área específica aislada sin pobladores y que se inunda rigurosamente cada año, no existe el riesgo. Por lo tanto, aunque el peligro es alto, el riesgo es bajo. En cambio, en un área con un gran número de comercios, viviendas y todo tipo de actividades aun cuando el peligro sea bajo, el riesgo puede ser muy alto.

Lo anterior es debido a que existe otra variable que en conjunto con el peligro determina el monto del daño (riesgo), esta es la vulnerabilidad.

Conforme a la Ley General de Protección Civil la vulnerabilidad se tipifica como la susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador. La vulnerabilidad se determina a partir de las características de los factores físicos, sociales, económicos y ambientales que constituyen a las personas y los bienes susceptibles de ser dañados;

Por eso hablamos de grupos vulnerables que son aquellos que pueden resultar más dañados al presentarse un incidente, como por ejemplo adultos mayores, niños menores de 5 años, personas con capacidades diferentes, etcétera.

En cuanto a la vulnerabilidad física, esta depende de las características constructivas de la vivienda o de la infraestructura que se analiza.

La vulnerabilidad por lo tanto se mide a partir de los diferentes enfoques disponibles y fundamentalmente de acuerdo al propósito para el cual se mide.

Una de las formas más usuales de medición de la vulnerabilidad es a partir de la capacidad de resiliencia de

la población. De acuerdo a la Ley General de Protección Civil, la Resiliencia es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente.

Esta característica depende de varios factores como el nivel de ingreso, la educación, las características de la vivienda, entre otras variables por lo que una forma usual de medir la vulnerabilidad es a partir de la marginación. En efecto, el índice de marginación es una ponderación de variables que incorporan aspectos educativos, de ingreso, de grupos vulnerables, de servicios y de vivienda por lo que es una forma práctica de expresar la vulnerabilidad de la población.

Por otro lado, la vulnerabilidad física como ya se mencionó representa la resistencia física de la vivienda o la infraestructura ante un peligro y se mide como el porcentaje que representa el daño o valor de reconstrucción frente al valor total de la estructura evaluada. Esta forma de medición es muy útil para calcular el monto esperado del daño ante condiciones especificas de un evento lo que usualmente se denomina Riesgo.

Efectivamente, de acuerdo a la Ley de Protección Civil, el riesgo es el resultado de la estimación de daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador.

Por lo tanto el riesgo se puede medir igualmente con diferentes variables que usualmente van alineadas con el propósito de la evaluación y con la vulnerabilidad utilizada para el cálculo. Usualmente se puede representar como número potencial de víctimas, número de viviendas afectadas, monto esperado de daño para un siniestro, etcétera.

Por lo tanto, el peligro hace "probable" un incidente, mientras que el riesgo hace "posible" el daño consecuente del incidente. Esto significa que en una zona con peligro alto existe la posibilidad de que el riesgo cuando prácticamente no existe la posibilidad de registrar un daño ante la ausencia física de bienes o personas. Por el contrario en zonas muy densas el riesgo puede ser muy alto aunque la probabilidad de un peligro sea baja.

Esta circunstancia obliga a las autoridades a realizar un análisis detallado de las posibles consecuencias en la administración del uso del suelo, quizá con alguna medida de mitigación se puede disminuir en gran medida el riesgo y el peligro al que están sujetas las áreas de análisis. También es importante destacar que existen algunos fenómenos vinculados al agua donde las medidas de mitigación de una zona pueden afectar a otra, por lo que se recomienda una evaluación completa antes de emitir una recomendación u otorgar un permiso de uso del suelo.

Para contar con información que permita realizar este tipo de evaluaciones de manera sistemática y organizada se requiere contar con información puntual de los diferentes fenómenos que afectan a una entidad, municipio o localidad, así como de las características de su población y las actividades económicas que en ellas se desarrollan. Este tipo de información se concentra en una herramienta de apoyo administrativo en la Gestión Integral del Riesgo denominada Atlas de Riesgos Municipales.

¿Que es un Atlas de Riesgos?

Como ya se mencionó un Atlas de riesgos es una herramienta indispensable en la Gestión Integral del Riesgo en la cual se concentra información de tres elementos fundamentales: el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo.

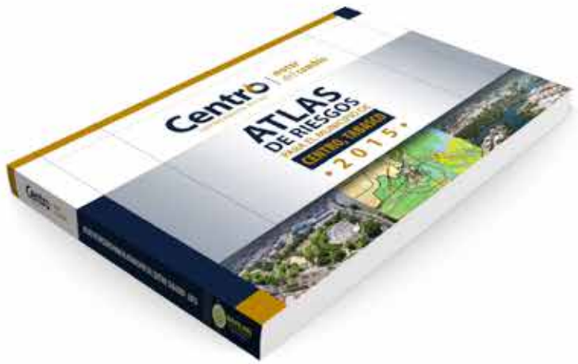
Esta información proviene de diferentes fuentes y se encuentra a diferentes escalas de acuerdo a la disponibilidad de los datos y de los registros históricos encontrados. Estos elementos se analizan a través de diferentes metodologías logrando generar diferentes escenarios que permitan sustentar la gestión del riesgo en sus diferentes modalidades.

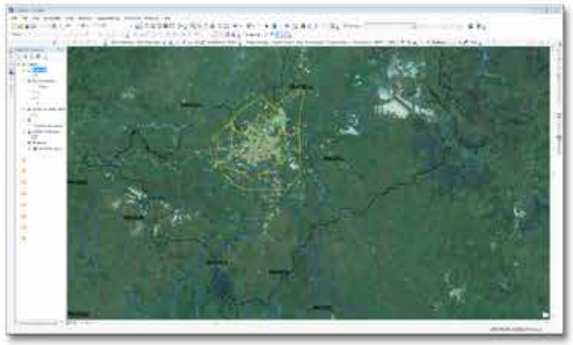
De acuerdo a la Ley General de Protección Civil el Atlas de Riesgos es un sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables.

Este instrumento esta integrado por tres elementos básicos:

El primero es un documento ejecutivo que sintetiza la información recopilada y analizada mediante la expresión de mapas

El segundo elemento es una base de datos geográfica que integra a manera de capas la representación gráfica de la distribución espacial y temporal del resultado del análisis o modelaciones que expresan la intensidad, frecuencia o tasa de excedencia de los Peligros. Esta base de datos también contiene información sobre el inventario de bienes, la población, la vivienda y en general todo aquel elemento que sea susceptible de ser





afectado y por lo tanto considerado en la generación de escenarios de riesgo.

Finalmente, el Atlas de riesgos deberá incluir un Sistema de Información que es una plataforma informática basada en sistemas de información geográfica que incorpora la información de las bases de datos del punto anterior con herramientas para la visualización de escenarios, cálculo, análisis espacial y temporal de los Riesgos y el uso de la información.

La elaboración del Atlas de Riesgos a cualquier escala, es un proceso periódico recurrente debido a que la realidad esta en constante cambio y para mantener la vigencia de la información debe ser actualizada de forma continua. Además cada vez se dispone de mejores técnicas informáticas, así como mayor capacidad de procesamiento en la información por lo que es posible obtener mayor detalle en los resultados y con eso mejorar las estrategias de atención, prevención y mitigación del riesgo.

En resumen, la finalidad de un Atlas de Riesgos es la de proveer a la ciudadanía y a las instituciones de información confiable, actual y útil que les permita conocer el grado de peligro, exposición, vulnerabilidad y riesgo que existe en su localidad para actuar en consecuencia mediante la Gestión Integral de Riesgos.

La Gestión Integral de Riesgos es un conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres órdenes de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas publicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción;

La Gestión Integral de Riesgos deberá contribuir al conocimiento integral del Riesgo para el desarrollo de las ideas y principios que perfilarán la toma de decisiones y, en general, las políticas públicas, estrategias y procedimientos encaminados a la reducción del mismo. Esto significa que se deberá construir las bases de coordinación entre instituciones y sociedad a partir de los siguientes elementos:

La planeación que defina la visión, objetivos y condiciones necesarias para construir un esquema de Gestión Integral de Riesgos, tomando en cuenta las políticas de protección al ambiente, de desarrollo social y ordenamiento de territorio, así como el mejoramiento del nivel y calidad de vida de la población

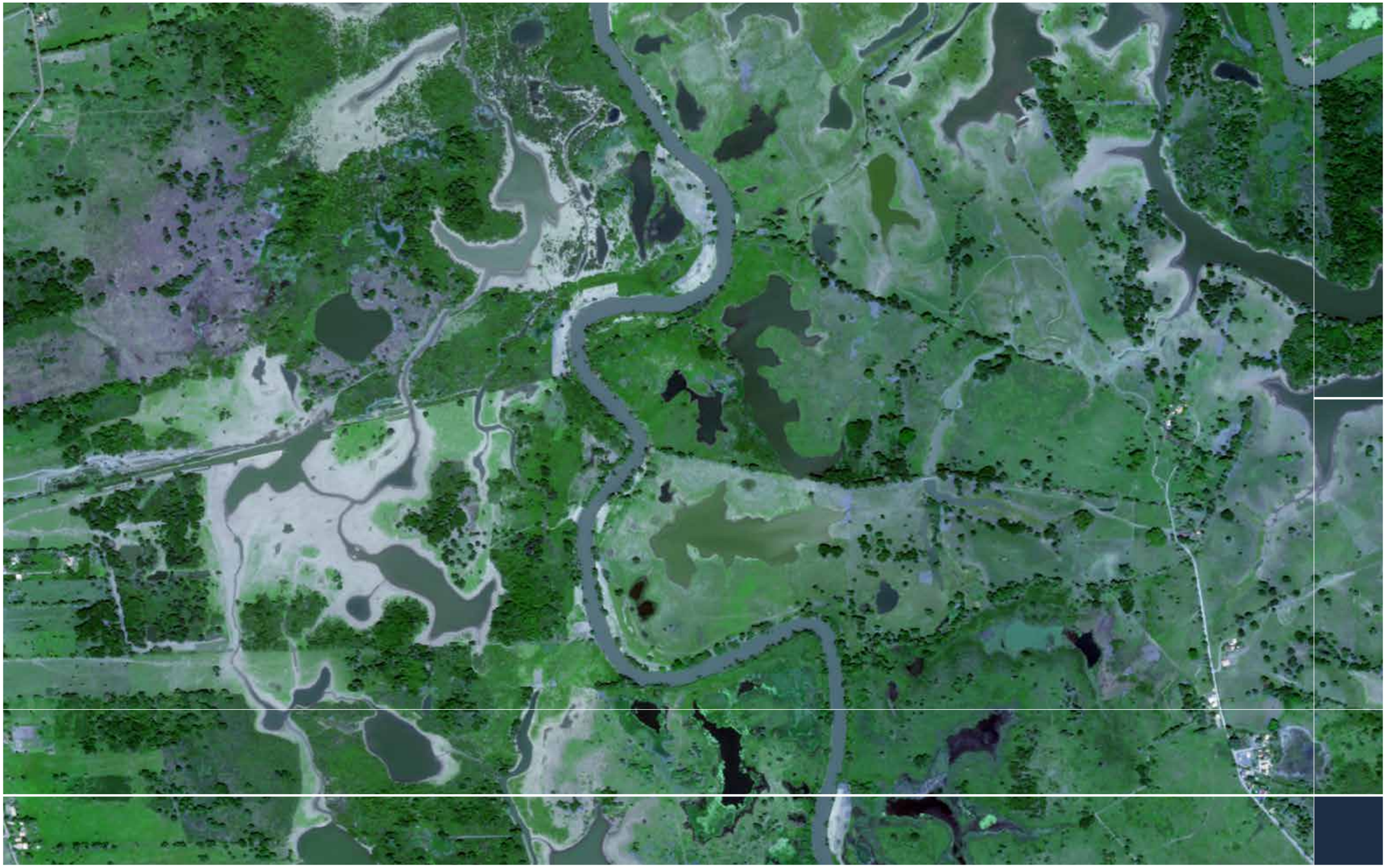
La obligación de las autoridades que realicen actividades que pudieran implicar un incremento en el nivel de Riesgo, para aplicar las normas de seguridad correspondientes e informar oportunamente a la autoridad competente de Protección Civil sobre la posibilidad de daños y pérdidas y, en su caso, asumir las responsabilidades legales a que haya lugar.

Conclusión

Con la información anterior es posible concluir entonces que la función del Atlas no es normar el uso del suelo, más bien es proporcionar la información para que las autoridades puedan normar el uso del suelo en función de las actividades a realizar.

Esto significa dos cosas; la primera es que es posible realizar cualquier actividad en el territorio siempre y cuando cuente con las medidas de mitigación y adaptación para protegerse ante los efectos de un fenómeno;

Lo segundo es que aquella autoridad que bajo su responsabilidad autorice una actividad sin las debidas consideraciones de acuerdo a la ley es corresponsable de los daños ocasionados por su actuación. ■



ATLAS DE RIESGOS PARA EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO • 2015 •

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

“ La mayor parte de la información actual sobre amenazas, peligros, vulnerabilidad y riesgos es escasa y carente de criterios que la hagan consistente.”

Derrumbe en el Salado Colombia (2011).
Fotografía de Starmedia Noticias

1.1
Introducción

La falta de planeación en el uso del suelo y hacer caso omiso de las características biofísicas de un territorio se han constituido como los principales elementos para la generación de desastres.

La generación de polos de desarrollo en diversas partes de nuestro país ha traído consigo impactos negativos significativos sobre los ecosistemas y recursos naturales, así como sobre la dinámica social y condiciones económicas de la población que habita en ella.

Es evidente que la falta de planeación en el uso del suelo y el hacer caso omiso de las características biofísicas de un territorio se han constituido como los principales elementos para la generación de desastres. Conscientes de esta situación que priva en prácticamente todo el territorio mexicano, el gobierno federal ha desarrollado múltiples estrategias para salvaguardar la vida y el patrimonio de las familias mexicanas, así como para disminuir la carga económica que resulta del efecto de los desastres.

En la actualidad, la mayoría de la información de amenazas, peligros, vulnerabilidad y riesgos es escasa y heterogénea, carente de criterios unificados que la hagan complementaria, consistente y compatible. Es por esto que la Secretaría de Desarrollo Agrario, Urbano y Territorial (SEDATU) dentro de su política de ordenamiento territorial tiene considerado como propósito fundamental reducir el riesgo a través de la adecuada planeación. De igual forma propone disminuir la vulnerabilidad de la población ante los efectos destructivos de los fenómenos naturales por medio de la mejora en sistemas estructurales de mitigación, en la normatividad de los métodos constructivos, fortaleciendo la cultura de la prevención y finalmente, utilizando de forma adecuada del territorio.

Una estrategia para lograr los objetivos planteados es la elaboración de los Atlas de Riesgos Municipales, mismos que proporcionarán a las administraciones municipales, estatales y federal del país por una parte, una poderosa herramienta de planeación que debe traducirse en lineamientos de uso del suelo y normativas en la construcción de vivienda, equipamiento e infraestructura, y por otra parte, proveerá información veraz, actualizada y oportuna que apoye la generación de políticas públicas encaminadas a la prevención y mitigación de los efectos negativos asociados a los peligros a los que se encuentra expuesto el territorio.

Considerando lo anterior, resulta prioritario generar, actualizar y elevar la calidad de los atlas de riesgos desde un contexto estandarizado que permita homologar los criterios de calificación y cuantificación de amenazas, peligros, vulnerabilidad y riesgo. De la misma manera, es fundamental el levantamiento en campo de información referente a los fenómenos perturbadores de origen natural y antropogénicos para posteriormente plasmarlos a través de documentos metodológicos y cartografía elaborados por expertos en el ámbito de los peligros naturales.

Atendiendo lo antes expuesto, el municipio de Centro realiza las gestiones pertinentes para llevar a cabo la actualización del Atlas de Riesgos del municipio, considerando su valor como elemento fundamental para definir acciones programáticas y presupuestales enfocadas a guiar el desarrollo territorial hacia espacios ordenados, sustentables y seguros.

De esta manera, el presente Atlas se encuentra estructurado en cinco capítulos, donde se incorpora información sobre la identificación de los peligros y riesgos naturales y antropogénicos que pueden impactar a la comunidad y su entorno; la identificación y delimitación de zonas expuestas a ellos, así como la vulnerabilidad a la que se encuentra expuesta su población.

El documento cuenta inicialmente con una breve y clara descripción general de las principales problemáticas relacionadas con peligros de origen natural y antrópico del municipio, así como una descripción de los fenómenos de desastre más relevantes que han puesto en riesgo a la sociedad a lo largo de la historia.

Inundación 2007.
Fotografía del archivo del Ayuntamiento de Centro

Posteriormente se ubica el área de estudio y se presenta el mapa base a nivel municipal, urbano, centro de población y Área Geoestadística Básica (AGEB).

En el tercer apartado se presenta la caracterización de los elementos que conforman al medio físico del municipio de Centro a partir de sus características naturales, así como sus respectivos mapas temáticos para cada uno de los elementos.

A continuación se integra de forma breve una caracterización general de los principales aspectos sociodemográficos y económicos del municipio, incluyendo indicadores básicos que permiten visualizar las condiciones generales del estado que guarda el municipio de Centro.

En el referido acápite se incluyen los cuadros y figuras correspondientes, así como los mapas de distribución de la población por localidad y AGEB, índice de marginación y población con discapacidad.

La metodología utilizada para la elaboración y desarrollo del atlas de riesgos, corresponde fundamentalmente a la especificada en las "Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogos de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014, publicadas por la SEDATU, complementadas con los lineamientos, términos y guías propuestas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), para cada tipo de desastre, así como los de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Los agentes perturbadores considerados en el estudio, incluyen los fenómenos de origen geológico e hidrometeorológicos, además de los antrópicos.

1.2
Antecendentes

Durante el año 2013, México fue el cuarto país más afectado por fenómenos climáticos, especialmente por tormentas y huracanes.

Huracán Ingrid y Manuel 2013.
Fotografía tomada de Internet.

La falta de una visión integral del hombre y su relación con la naturaleza, nos ha hecho creer que a partir del desarrollo tecnológico somos capaces de construir y producir de cualquier forma y en cualquier circunstancia. Sin embargo, es común que después de transformar la naturaleza para adaptarla a nuestros fines y conveniencia, sea la misma naturaleza la responsable de recordarnos el alcance que tienen nuestras acciones.

México es un país propenso a recibir el embate de diversos fenómenos naturales que ponen en peligro a la población principalmente por su ubicación en el área de confluencia de la zona neotropical y neártica; su compleja fisiografía y su establecimiento sobre placas tectónicas en movimiento (Galindo *et al.*, 2009). Uno de los problemas que enfrenta el territorio mexicano, es que frecuentemente se ve golpeado por una irregular temporada de huracanes que amenaza tanto la costa del Atlántico, como la del Pacífico (Tejada y Valencia, 2008).

Durante el año 2013, México fue el cuarto país más afectado por fenómenos climáticos, especialmente por tormentas y huracanes (Sönke & Eckstein, 2014). Generalmente los efectos de estos fenómenos naturales se agravan por acciones humanas previas, de tal forma que al presentarse de manera inesperada y violenta se producen afectaciones importantes de carácter social, económicas y ambientales.

Entre los días trece y quince de septiembre del año 2013, México experimentó de manera simultánea la entrada del huracán "Ingrid" por el Golfo de México y de la tormenta tropical "Manuel" por la costa del Pacífico. El efecto sinérgico de estos agentes perturbadores causaron grandes estragos en más de dos terceras partes del territorio mexicano (González *et al.*, 2013).

Aunque no existe un cálculo exacto de las pérdidas económicas originadas por estos fenómenos naturales, el jefe del Ejecutivo Federal reconoció que los más de 1,200 millones de pesos con los que contaba el Fondo de Desastres Naturales eran insuficientes para lograr la reconstrucción, por lo que destinó 39 mil millones de pesos adicionales a la emergencia e instó a los gobernadores a realizar ajustes en sus presupuestos del 2014. Los daños materiales fueron cuantiosos, en el ámbito rural se dañaron campos y cosechas en alrededor de 613,000 ha y se perdieron más de 100,000 unidades en ganadería; el sector comunicaciones sufrió daños en carreteras, autopistas y puentes; el sector vivienda fue de los más dañados, dejando sin patrimonio y hogar a cientos de familias (González *et al.*, 2013).

Diversas experiencias de desastres de gran magnitud ocurridos en las últimas décadas han marcado a muchas ciudades y regiones del país con importantes implicaciones sobre la población, la infraestructura y los sectores económicos. El impacto de los huracanes Gilberto (1988), Gert (1993), Roxana (1995), Opal (1995), Paulina (1997), Stan (2005), Wilma (2005); el efecto de los sismos ocurridos en 1985; las explosiones de San Juan Ixhuatepec en 1984 y Guadalajara en 1992; así como los desastres recientes en Tabasco y Chiapas, entre otros, muestran la alta vulnerabilidad de la población mexicana y sus estructuras frente a amenazas de origen natural (Mansilla y Rubio, 2009). A todos estos fenómenos es necesario sumarle el creciente número de desastres causados por la acción humana como explosiones, derrames de productos químicos e incendios forestales (Bitran, 2000).

Los fuertes daños ocasionados por el huracán "Ingrid" y la tormenta tropical "Manuel" evidenciaron que parte fundamental del problema del riesgo en el país se asocia con la inadecuada planeación en el ordenamiento del territorio y de las políticas para la reducción del riesgo, la deficiente aplicación de la normatividad tanto federal como estatal, la falta de medidas que induzcan a una localización más segura de los asentamientos humanos, el insuficiente manejo de las cuencas hidrográficas, el deterioro ambiental, la marginación, la escasa operación de sistemas de alerta temprana y la insuficiente cultura de prevención y mitigación, entre otros (Mansilla, 2008).

En este sentido, ha de señalarse que en el mismo año de los disturbios ocasionados por "Ingrid" y "Manuel", el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, retomó el apoyo a las acciones correspondientes para disminuir el alto costo de los desastres en México.

Desafortunadamente, los desastres ecológicos que se han hecho presentes en el estado de Tabasco son quizá uno de los mejores ejemplos de los efectos ocasionados por el "desarrollo" del campo y desde luego por el crecimiento y expansión no planificados de los asentamientos humanos. Como consecuencia del impulso a la deforestación para la transformación de selvas en pastizales para el uso ganadero, de la construcción indiscriminada de caminos y drenes para la industria petrolera y del crecimiento urbano sin control entre otros, se han ocasionado graves modificaciones al entorno tabasqueño que van desde altos índices de contaminación de suelos y cuerpos de agua, hasta la disminución y encajonamiento de los ríos que surcan por la planicie dejando que sus efectos se noten con particular fuerza en los últimos años, donde ha aumentado de manera sistemática el impacto de los fenómenos hidrometeorológicos.

Ante estas circunstancias, es necesario revisar algunos datos para dar cuenta de la posición e importancia del Estado frente a la naturaleza y sus características (Tudela, 1989).

El estado de Tabasco se ubica en la confluencia de las zonas macro climáticas neotropical y neártica muy cercana a la zona neártica, por ello comparte características climáticas de ambas zonas. Esta característica lo hace susceptible de recibir el impacto de las masas de aire polar denominados nortes, así como de los disturbios tropicales causados por las depresiones y tormentas tropicales provenientes de los océanos Pacífico y Atlántico, que en múltiples ocasiones llegan a conjuntarse y haciendo sentir sus efectos con particular fuerza. A consecuencia de lo anterior, Tabasco es una de las entidades nacionales que experimentan con mayor frecuencia intensas lluvias que afectan no solo las actividades productivas del estado, sino que también afectan a la población (WWF, 2010).

Estos fenómenos generan intensas y continuas lluvias, particularmente en la Sierra Norte de Chiapas y Guatemala en la cuenca del río Mezcalapa y el río Usumacinta. La descarga pluvial afecta fuertemente el nivel de los ríos de la región, sobre todo al Samaria y Carrizal, el nivel de los mismos se eleva al grado de desbordarse y ello causa la saturación de las partes bajas de sus riberas y en numerosas ocasiones saturan también los vasos reguladores (Galindo *et al.*, 2009).

Es importante destacar que cuando dos o más de estos fenómenos se conjugan, sus efectos hacen sinergia, lo que trae a consecuencia que el tiempo y volumen de

Los fuertes daños ocasionados por el huracán "Ingrid" y la tormenta tropical "Manuel" evidenciaron que parte fundamental del problema del riesgo en el país se asocia entre otros con la inadecuada planeación en el ordenamiento del territorio y de las políticas para la reducción del riesgo.

Efectos de Ingrid y Manuel en el estado de Guerrero.
Fotografía de Grupo Presente Multimedios

escurrimiento se prolongue causando mayores estragos en la población. De entrada, este único elemento sería suficiente para socavar la seguridad y tranquilidad de la población. Pero si a estas peculiaridades se le agregan la extensión y las características de la cuenca Grijalva – Usumacinta, y además se enfatiza que cerca del 30% de los recursos dulce acuícolas del país transcurren por un espacio muy breve entre los municipios de Cárdenas a Jonuta, puede entonces vislumbrarse la gravedad de la situación.

Para el caso específico del municipio de Centro, estos escurrimientos transcurren por la cuenca del Mezcalapa – Grijalva y del Río de la Sierra, misma que alimenta numerosos sistemas lagunares e inunda extensas superficies con el conocido efecto en las tierras de cultivo y en los asentamientos humanos.

Algunos de los intentos que se han realizado para manejar estas características han sido la construcción de infraestructura hidroagrícola e hidroeléctrica, por lo que a mediados del siglo pasado se dio inicio a un ambicioso proyecto para controlar el poder del río Grijalva y a la vez generar energía eléctrica. Este proyecto estableció un sistema de presas en el Alto Grijalva que controlan de cierta forma la potencia de este río. Sin embargo, de forma paradójica la conclusión de este sistema inició una secuencia de eventos que terminaron con el impacto ambiental más documentado del país debido a la gravedad del mismo.

De esta forma, entre la ganaderización y la gestión e implementación de complejos agroindustriales en la región, además del relleno de vasos reguladores, la transformación del territorio inicia su camino hasta alcanzar los resultados que el día de hoy son completamente visibles. Kilómetros de drenes y canales que cambian los periodos de inundación y la construcción de kilómetros de carreteras que impiden el desbordamiento natural de los ríos y con ello el enriquecimiento de los suelos en la planicie, son algunos de los casos más visibles del deterioro ambiental del estado y de la disminución del potencial de crecimiento o inundación de sus principales cuerpos de agua (Toledo, 1983).

Al limitar la distribución del agua con la construcción de drenes, canales, carreteras y puentes, se comprometió el tránsito de la misma a espacios reducidos, por lo que de manera general se desarrolló una tendencia a aumentar el tirante de inundación y el tiempo de drenado agravándose con ello el problema existente, ya que el agua que antes se dispersaba ampliamente en los vasos reguladores ahora se concentró en ciertas áreas. Las consecuencias que trajeron consigo estas acciones no se hicieron esperar, la frecuencia y gravedad de las inundaciones en el estado aumentaron.

En este sentido, uno de los desastres más relevantes ocurridos en el estado de Tabasco y en particular en el municipio de Centro causado por fenómenos naturales fue la inundación sucedida durante el año de 1999. La temporada de lluvias en el Estado para ese año iniciaron a mediados del mes de septiembre y se prolongaron hasta por 77 días. El desastre hidrometeorológico acontecido, fue resultado de la presencia en el territorio tabasqueño de sucesivas ondas tropicales y aire húmedo provenientes de los océanos Pacífico y Atlántico. Las intensas y continuas lluvias generadas por estos fenómenos, particularmente en la Sierra y en la cuenca del río Mezcalapa, afectaron la mayoría de los ríos de la región, principalmente el Carrizal y el Samaria, causando elevaciones en el nivel de los mismos que saturaron las partes bajas de sus riberas y de las zonas de regulación (Bitran, 2000).

A principios del mes de octubre de 1999, las aguas de la Presa Peñitas (ubicada en el vecino estado de Chiapas, en la parte más alta del sistema hidrológico de Tabasco), sobrepasaron el nivel máximo ordinario de la misma, obligando al desalojo de gastos de hasta 2,323 metros cúbicos por segundo. Debido a lo anterior, y al hecho de que los ríos habían alcanzado niveles extraordinarios por la presencia de los fenómenos antes descritos, el proceso natural de desalojo de agua hacia el mar se dificultó

Inundación 1999 .

Parque Museo La Venta / Inundación 1999 .

Fotografías del archivo del Ayuntamiento de Centro

generando inundaciones en áreas urbanas, suburbanas y de uso agropecuario. El estancamiento de las aguas por tiempo tan prolongado ocasionó pérdidas sumamente importantes en la infraestructura económica y social del Estado, así como en los sectores productivos al haberse detenido por completo o entorpeciendo sus actividades y trastornando la vida de importantes segmentos de la población (CENAPRED, 2001).

Las pérdidas económicas alcanzaron algo más de 2,500 millones de pesos, monto que equivale a más del 4 % del PIB del Estado. El presupuesto de egresos de Tabasco para el ejercicio fiscal de 1999 que incluye fondos del Ramo General 33, ascendió a 11,359 millones de pesos. De manera que los 2,558 millones de pesos estimados como pérdidas por las inundaciones, fueron equivalentes al 23% de los recursos asignados ese mismo año por el Gobierno del Estado para atender las necesidades de inversión y desarrollo de la entidad. En términos de la producción petrolera del Estado, el desastre fue equivalente a perder los recursos de 303 días de extracción.

Los recursos aportados por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) en este caso ascendieron aproximádamente a 1.3 mil millones de pesos, de los cuales, el Gobierno Federal contribuyó con 1.1 mil millones.
Los sectores con mayores afectaciones fueron en orden de afectación los siguientes: vivienda, agua y saneamiento, ganadería, transporte y comunicaciones e industria manufacturera. También se tuvieron importantes afectaciones en la producción agrícola, el comercio y el cuidado de la salud (Bitran, 2000).

Como consecuencia de las inundaciones de 1999 en la capital del Estado se inicia la elaboración del Programa Integral Contra Inundaciones (PICI) y se concreta hasta el año 2003; entre los objetivos primordiales del programa se contempló el control del caudal de los ríos Grijalva y Usumacinta, asegurando con ello la protección de la población, en particular de la Ciudad de Villahermosa. Este programa institucionalizó la construcción de bordos y estructuras de control y drenaje para evitar las inundaciones en la capital del Estado.

Otro ejemplo del poderío de los fenómenos naturales sobre la planicie del municipio de Centro se presentó a finales del mes de octubre de 2007. Desde el 23 de octubre del citado año se presentaron fuertes lluvias ocasionadas por un frente frío y su concomitancia con la presencia de la tormenta tropical Noel en el Mar Caribe. El río Grijalva que nace en Guatemala y desemboca en el municipio de Centla, Tabasco había rebasado su capacidad máxima hacia la parte de su desembocadura, por lo que inicialmente ocasionó inundaciones en el municipio de Centla. La pluviosidad en la cuenca del Grijalva oscilaba entre los 150 y 250 mm y desde luego, al aumentar la cantidad de agua que caía en la cuenca del Grijalva en el norte de Chiapas, también aumento el caudal de los ríos que tienen sus fuentes en esa región. El 29 de octubre, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) informó que desfogaría la presa Peñitas, muy cercana al territorio tabasqueño, debido a que la presa estaba recibiendo más agua de la que podía recibir. Inicialmente se descargaron 669 metros cúbicos por segundo; sin embargo, al día siguiente la descarga aumentó a 1500 metros cúbicos por segundo. Esto se tradujo en el aumento de más de un metro en el nivel del río Grijalva en la llanura tabasqueña, sobre territorio del municipio de Centro. Las consecuencias se hcieron presentes de inmediato, ya que para el día 30 del mismo mes la mayor parte del estado de Tabasco se encontraba sumergida bajo el agua. El panorama era sumamente desalentador, ya que en Chiapas las lluvias no habían concluido y en Tabasco había comenzado a llover.

Inundación 2007.
Fotografía aérea INEGI, 2007

Este fue uno de los desastres que mayores efectos negativos causó en el estado y que afectó fuertemente al municipio de Centro. De acuerdo con el análisis de impacto socioeconómico realizado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2008), la inundación cubrió con agua el 62% de la superficie del estado y dejó casi 1.5 millones de damnificados (75 % de la población de Tabasco). Las pérdidas económicas fueron evaluadas en 31.8 miles de millones de pesos considerando daños en la infraestructura (caminos, puentes, etc.), en sectores productivos (actividad agrícola, industria, entre otros), social (vivienda, salud, educación) y en términos ambientales. El municipio de Centro y en particular la ciudad de Villahermosa sufrieron pérdidas muy importantes en la infraestructura económica y social (Galindo *et al*., 2009).

Este evento se catalogó como uno de los desastres más grandes ocurridos en México, sólo superado por el impacto de los sismos en la Ciudad de México en 1985 y los efectos acumulados de los huracanes "Wilma" y "Stan" ocurridos en el 2005.

A raíz de la inundación de octubre de 2007, en el año siguiente se reelabora el Programa Integral Contra las Inundaciones y pasa a llamarse Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT).

Durante el año 2011, en el Estado de Tabasco se presentaron diversos eventos climatológicos, los cuales generaron, por parte de la Secretaría de Gobernación 5 declaratorias de emergencia, el 11, 19, 20, 22 y 25 de octubre a fin de obtener recursos para atender las necesidades alimenticias, de abrigo y de salud de la población afectada y 2 declaratorias de desastre natural el 20 de octubre publicadas a través del Boletín de la SEGOB 2011 N° 388 y el 3 de noviembre a través del Diario Oficial de la Federación, a fin de obtener recursos para atender de manera inmediata los daños ocasionados a la infraestructura pública y las viviendas de la población afectada por el desastre natural en cuestión (CEPAL, 2012).

Los municipios de Balancán, Centla, Emiliano Zapata, Jalpa de Méndez, Jonuta, Macuspana, Nacajuca, Tenosique, Cárdenas, Centro, Cunduacán, Jalapa, Teapa, Comalcalco, Huimanguillo y Paraíso fueron los afectados por la ocurrencia de lluvia severa e inundación fluvial y pluvial ocurridas entre el 16 de septiembre y el 22 de octubre de 2011.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, el estado de Tabasco cuenta con 567.175 viviendas, de las cuales 556.350 corresponden a los 16 municipios afectados (excepción de Tacotalpa). El total de viviendas estimadas con daño de diversa índole fue de 2.289, lo cual representa el 0,4% del total estatal. La distribución de los daños a dichas viviendas fue la siguiente: 53 viviendas sufrieron daño total, 98 viviendas daño parcial y 2.138 viviendas daños menores (CEPAL *et al*., 2012).

Los ejemplos presentados en este documento ponen de manifiesto que el estado de Tabasco no está exento de sufrir los embates de la naturaleza. Por el contrario, derivado de sus características físicas y en particular por su ubicación geográfica, el estado y el municipio experimentan con frecuencia problemas relacionados con fenómenos hidrometeorológicos, específicamente con inundaciones, sean de tipo pluvial o fluvial. No obstante, este no es el único tipo de fenómeno perturbador natural al que se encuentra expuesto, las sequías y el vulcanismo han sido otros que se han presentado en el municipio, aunque de forma eventual.

Erupción del Chichonal. 1982.
Fotografía tomada de Internet. Diario de la Tarde

Para el caso de los fenómenos perturbadores antropogénicos, se analizarán los relacionados con la industria petrolera, aunque en el municipio hasta el momento de la redacción de este documento, no ha habido este tipo de incidentes.

Con referencia al vulcanismo, únicamente se ha registrado la erupción del Volcán Chichonal en el año de 1982. Este volcán ubicado en el estado vecino de Chiapas entró en actividad violenta el 28 de marzo, así como los días 03 y 04 de abril del citado año. La nube de cenizas que generó, llegó al municipio de Centro aproximadamente 12 horas después de la erupción.

Respecto a los desastres relacionados con Petróleos Mexicanos, en el municipio de Centro no se ha presentado aún algún daño provocado por la empresa y sus actividades. No obstante, han existido numerosos desastres en áreas cercanas al Centro. Como ejemplo se encuentran los ocurridos la noche del 16 de febrero de 1995, cuando se registraron varias explosiones, seguidas de un incendio en el área de trampas, sobre la margen derecha del río Carrizal, afectando la operación del ducto de condensados y líquidos de gas de 24 pulgadas Ciudad PEMEX-Cactus, así como la del gasoducto de 24 pulgadas Santa María-Cactus, a la altura del puente La Isla. Como resultado del accidente quedaron lesionadas 23 personas, de las cuales 12 fallecieron. También se informó de daños a diez construcciones entre casas habitación y locales comerciales, así como líneas telefónicas (PEMEX, 1995). Este tipo de incidentes, pone de manifiesto la relevancia que tiene el considerar a esta industria dentro de los programas de ordenamiento de los asentamientos humanos.

Recientemente se han presentado algunos siniestros como consecuencia de las actividades de transporte de hidrocarburos en equipos móviles que han llamado la atención hacia este tipo de eventos. Un ejemplo de ello ocurrió el 11 de noviembre de 2011 en la colonia Carrizal de la Ciudad de Villahermosa, la explosión de una pipa que transportaba combustible incendió 7 casas y provocó la muerte de tres personas. También en el 2011, casi al finalizar el año se registró la explosión de una pipa repartidora de gas LP estacionario en la colonia Las Gaviotas. La explosión generó pánico entre los habitantes de la citada colonia, así como el cierre de la carretera Villahermosa – Macuspana. Un evento de fechas más reciente es el acontecido el 21 de febrero de 2015 cuando una pipa cargada con turbosina volcó en la Glorieta Tabscoob lo que provocó su incendio.

Como se observa en este documento, el principal fenómeno perturbador de origen natural con que ha presentado problemas el municipio de Centro son las inundaciones. La frecuencia y gravedad que estas han tenido en los últimos años evidencian una serie de dificultades que comprenden múltiples ámbitos, entre los cuales destaca inicialmente la falta de planeación del uso del suelo y posterior a los esfuerzos realizados para el desarrollo de programas de ordenamiento de asentamientos humanos y planeación urbana, la falta de aplicación de estos programas; así como la carente articulación de los servicios municipales.

En lo concerniente a la ocupación del territorio en riesgo del área de estudio, es del conocimiento general que actualmente existe un sin número de asentamientos humanos en la ciudad de Villahermosa y en general en el municipio de Centro que se han establecido y expandido prácticamente sin acatar ordenamiento urbano alguno. Incluso, muchas de las edificaciones no cuentan con licencias de construcción. Los resultados han sido el relleno de zonas de amortiguamiento hidráulico, la

Incendio Pipa 2015, Municipio de Centro.
Fotografía de Grupo Presente Multimedios

Inundación 2007.
Fotografía del archivo del Ayuntamiento de Centro

pérdida de capacidad de los cuerpos de agua, el cambio de dirección en los escurrimientos naturales, el agotamiento de los servicios municipales como el drenaje, el agua potable y la recolección de basura, entre otros, impactando social, económica y ambientalmente el territorio.

De forma paralela, en las últimas décadas la población ha aumentado en forma acelerada, sobre todo en la parte central, provocado entre otras causas, por la migración de las áreas rurales hacia la capital en búsqueda de mejores oportunidades. Este fenómeno estuvo acompañado por la ocupación ilegal de las tierras en la periferia de la ciudad de Villahermosa, propiciando el establecimiento de los asentamientos irregulares en las zonas de alto nivel de amenaza de inundación, como lo es la margen derecha del sistema de los ríos de la Sierra (Perevochtchikova y Lezama, 2010).

La ciudad, que había comenzado a extenderse en la margen derecha del río Grijalva — frente a Villahermosa—, aceleró este proceso después de 1960 y se fueron ocupando terrenos bajos que servían de áreas de amortiguamiento en el desborde de ríos y lagunas —vasos reguladores—. Colonias populares como Las Gaviotas, La Manga, Casablanca, los Espejos I y II y Los Carrizales se asentaron en zonas de riesgo que recibieron un fuerte impacto en las inundaciones de 1982 y 1999. En este proceso de expansión de la mancha urbana, los antiguos pueblos de Atasta, Tamulté y Tierra Colorada fueron absorbidos por la ciudad y se convirtieron en colonias (Capdepont-Ballina y Marin-Olan, 2013).

Entre 1970 y 1990, se erigieron en Villahermosa el complejo comercial, de negocios, turístico y habitacional Tabasco 2000 —donde se ubican las Galerías Tabasco 2000, hoy Galerías Tabasco, unidades habitacionales como Nueva Imagen, Multi 80, Los Ríos, la colonia Petrolera, Campestre o Carrizal, el palacio municipal de Centro, el planetario, el centro administrativo, el club Campestre, el parque La Choca y algunos hoteles—, la Ciudad Industrial, la colonia popular INDECO, el aeropuerto internacional, el periférico, los palacios de los poderes legislativo y judicial, hospitales, escuelas, mercados, el teatro del estado, el Centro de Investigación de las Cultura Olmeca y Maya (CICOM), museos, el Centro de Interpretación de la Naturaleza Yumká, glorietas, fuentes, puentes y pasos a desnivel, entre otras obras de gran importancia (GET, 1988).

Surgieron nuevas colonias y algunas aumentaron en número de viviendas y fraccionamientos, como Casablanca, Espejos 1 y 2, Heriberto Kehoe, Electricistas, Lindavista, Atasta, Tamulté, Magisterial, Lidia Esther y Arboledas, entre muchas otras. Los recientes complejos habitacionales y la construcción de bordos de contención no sólo han modificado el paisaje de la ciudad de Villahermosa, sino que también han provocado un fenómeno de asentamientos irregulares en las márgenes de los fraccionamientos y sobre los mismos bordos de contención (Marín *et al.*, 2012).

Ante la presión demográfica y la escasez de viviendas y servicios, así como de suelos óptimos para asentamientos humanos, terrenos bajos han sido rellenados para la construcción de unidades habitacionales y plazas comerciales. Antiguas áreas de amortiguamiento —donde en temporada de crecientes desbordaban ríos y lagunas— fueron reducidas en número y espacio, poniendo en peligro de inundación a miles de personas y cuantiosos bienes materiales. Si bien, las crecientes anuales forman parte de la vida cotidiana de Tabasco, las presentadas en la ciudad de Villahermosa en la segunda mitad del siglo XX y la primera década del XXI

han sido de graves consecuencias sociales y económicas, sobre todo las de 1952, 1980, 1999 y 2007 (Capdepont-Ballina y Marin-Olan, 2013).

La información recabada sobre los fenómenos perturbadores naturales muestra que entre 1896 y el año 2011 se han registrado al menos 35 inundaciones consideradas severas. De estas, la mayor parte ha afectado a la ciudad de Villahermosa, perteneciente al municipio de Centro y capital del estado de Tabasco, lo que ha motivado a las autoridades a realizar obras de protección contra estos fenómenos hidrometeorológicos y sus efectos. Estas obras van desde la creación de drenes y el dragado de ríos, hasta la construcción de murallas y bordos de contención para impedir el paso del agua.

El impacto económico que estos desastres han causado en los últimos años, han sido sumamente altos. Ejemplo de ello es el costo que tuvo la inundación del 2007 cuyo monto se estimó por la CEPAL en 31.8 miles de millones de pesos considerando daños en la infraestructura, en los sectores productivos y social, así como en términos ambientales. Este único evento comprende la mitad del producto interno bruto (PIB) de la entidad, ya que el INEGI estimó el PIB para ese año en 77.5 mil millones de pesos, además del grave riesgo que significa la posibilidad de pérdida de vidas humanas (CEPAL, 2008).

Otros daños de menor magnitud y que eventualmente se registran son producto de la combinación de vientos moderados a fuertes con el tipo y características de la vegetación nativa. En efecto, uno de los principales atractivos del municipio y de la ciudad es su cubierta vegetal. Aunque en los últimos años el olvido por parte de las autoridades administrativas y la falta de un lineamiento en cuanto a la imagen urbana que considere las características de la naturaleza, han permitido la disminución y el envejecimiento de la superficie arbórea en los centros de población y la ciudad. Esta situación se combina con vientos asilados que en ocasiones generan algunos trastornos como el ocurrido las rancherías Río Viejo y Guineo y Boquerón a principios de junio. En esta ocasión el viento ocasiono el desgajamiento y caída de algunos árboles. Esto afecto el suministro del fluido eléctrico y daños en algunas techumbres y vehículos que corresponden con el nivel 8 de la Escala de Beaufort.

Daños causados por tromba, 2015.
Fotografía del archivo del Ayuntamiento de Centro

1.3
Objetivos

Tan solo en infraestructura se calcula que del 2007 a la fecha se han registrado pérdidas por más de 10 mil millones de pesos.

Ante esta seria situación fue necesario revisar de fondo las acciones que el gobierno en sus tres ámbitos ha establecido para la disminución del impacto de los fenómenos hidrometeorológicos en el municipio, así como establecer nuevas estrategias y acciones que permitan a la sociedad fincar un desarrollo estable y libre de inundaciones. Precisamente una de estas acciones es la elaboración del atlas de riesgos municipal cuyo objetivo es el siguiente:

Generar la información básica necesaria que permita a la administración municipal construir una sólida estrategia de prevención de desastres y reducción de riesgos en el municipio de Centro.

General

Diagnosticar, ponderar y detectar amenazas, peligros y vulnerabilidades, así como estimar los riesgos en el espacio geográfico del municipio de Centro para generar un instrumento que permita a la administración municipal construir una sólida estrategia de prevención de desastres y reducción de riesgos en el municipio.

Específicos

- Describir las características físico - bióticas del municipio de Centro
- Identificar el origen y componentes de los peligros naturales y antrópicos a los que se encuentra expuesta la población del municipio de Centro
- Describir las características socioeconómicas de las familias y la tipificación de las viviendas asentadas en las zonas de peligro identificadas en el municipio
- Establecer los lineamientos básicos para diagnosticar, ponderar y detectar amenazas, peligros, vulnerabilidades y estimar los riesgos en el espacio geográfico del municipio de Centro a través de criterios estandarizados, catálogos y bases de datos homologadas, compatibles y complementarias.

Metas

- Presentar los elementos mínimos cartografiables que se deben considerar en la elaboración de los Atlas.
- Generar, validar y representar cartográficamente la información temática de las Zonas de Riesgo (previo análisis de peligro-vulnerabilidad).
- Obtener un instrumento confiable y capaz de integrarse a una base de datos nacional.
- Hacer posible la consulta y análisis de la información de los diferentes peligros y amenazas de origen natural que afectan al territorio municipal.

INTERLINGUA
Farmacias del Ahorro

ATLAS DE RIESGOS PARA EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO • 2015 •

CAPÍTULO 2

DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA

“ En 2007 la inundación causó pérdidas millonarias. Sin embargo, el mayor peso de la inundación está en los costos sociales de la misma. Lo que perdió la población en esa ocasión aún no se ha recuperado del todo.”

Inundación 2007.
Esquina Francisco J. Mina y Av. Gregorio Méndez
Fuente: Grupo Presente Multimedios

2.1
Localización

De acuerdo con el límite geopolítico usado, la superficie total del municipio puede variar ligeramente siempre rondando los 1660 kilómetros cuadrados. El límite utilizado en este trabajo fue obtenido del Programa vigente de Desarrollo Urbano, lo que nos brinda una superficie total de 1669.11 km^2.

El Municipio de Centro es uno de los 17 que integran al estado de Tabasco, siendo este el de mayor jerarquía geopolítica por albergar a la ciudad de Villahermosa capital del Estado y sede de los tres poderes constitucionales.

El estado de Tabasco se encuentra en la región sur sureste del País, colinda al norte con el Golfo de México, al sur con el estado de Chiapas y la República de Guatemala. Al este con el estado de Campeche y al oeste con el de Veracruz.

Ya al interior del Estado, el municipio de Centro colinda con la porción sur oeste estado de Chiapas, específicamente con el municipio de Reforma. Al oeste colinda con los municipios tabasqueños de Macuspana y Jalapa. En la zona sur se encuentra delimitado por el municipio de Teapa y en la zona norte y nor-oeste con los municipios de Centla y Nacajuca respectivamente. Es justamente con este último con el que comparte un importante espacio de crecimiento en los asentamientos humanos que se ha denominado como la Zona Conurbada Villahermosa - Nacajuca.

Geográficamente limita por las coordenadas extremas 18°12′ y 17°45′ de latitud norte y 92°42′ y 93°00′ de longitud oeste.

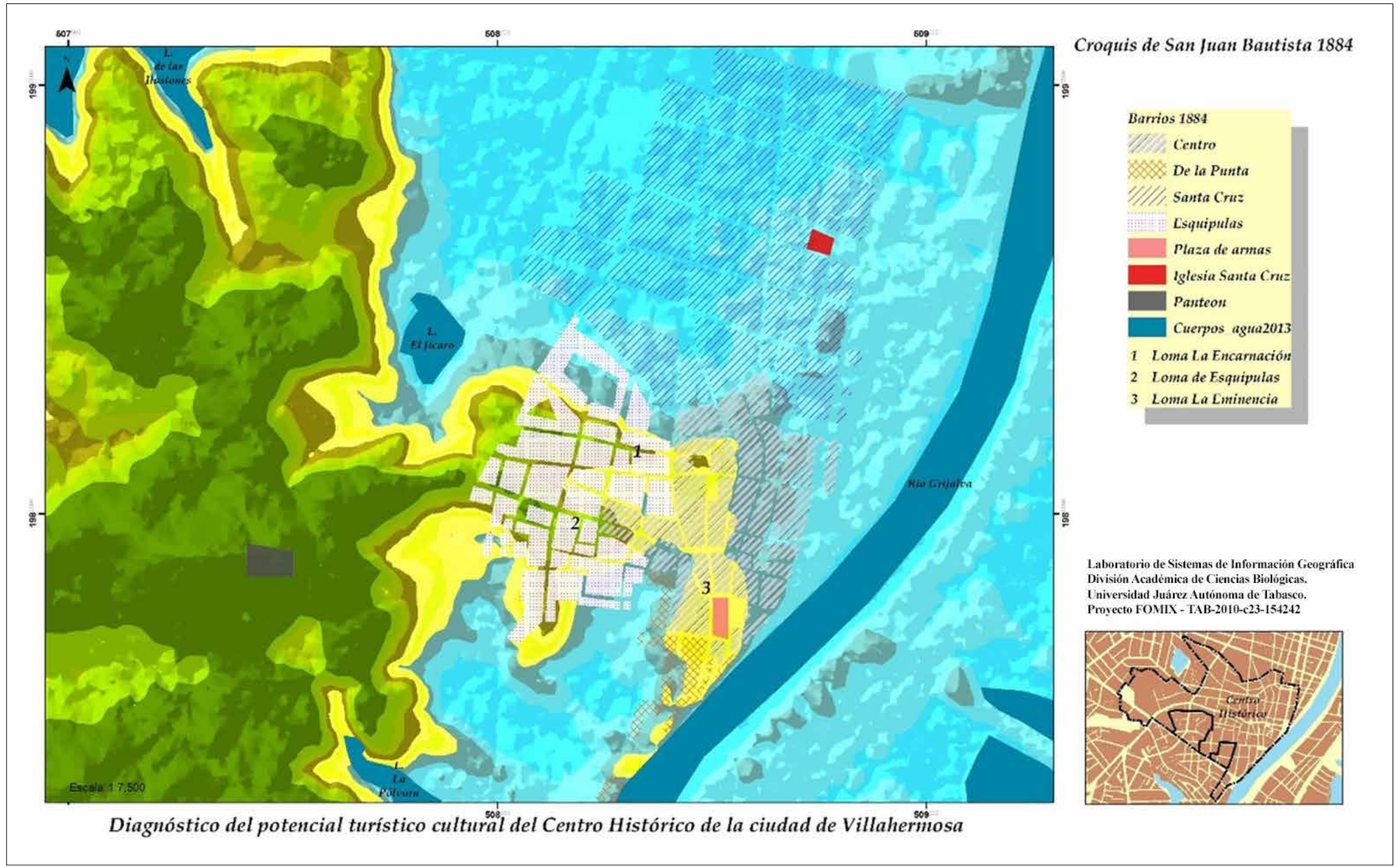
Es pertinente apuntar que los límites municipales no son muy claros y que existen diferentes fuentes al respecto. Por ejemplo, en 1984 se publicó la cartografía oficial del Gobierno del Estado estableciendo en ella un límite para el municipio. Este límite no coincide con el publicado en 2006 por el mismo Gobierno Estatal, que para este año se apega a lo publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el Marco Geo Estadístico Municipal, por lo que de acuerdo con el límite geopolítico usado la superficie total del municipio puede variar ligeramente, siempre rondando los 1660 kilómetros cuadrados. El límite utilizado en este trabajo fue obtenido del Programa de Desarrollo Urbano vigente lo que nos brinda una superficie total de 1669.11 km2.

La ciudad de Villahermosa, capital del estado de Tabasco se encuentra ubicada en la región Sureste del País a los 92°55′ de longitud Oeste y 17°59′ de latitud Norte en lo que corresponde a la región fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños. Este último define con mayor claridad las características del entorno donde se encuentra ubicada la ciudad.

En efecto, la ciudad se encuentra sobre una llanura de inundación en la margen izquierda del río Grijalva caracterizada por la presencia de tres lomeríos que se extienden con dirección sur oeste rumbo a donde anteriormente se encontraban los pueblos de Atasta y Tamulté.

Esta ubicación pone de manifiesto la clara relación que existe entre el río y el paisaje encontrado por los fundadores españoles al establecerse en la zona. Las inundaciones anuales por la precipitación característica, la vegetación típica de los pantanos y su fauna asociada son algunas de las características típicas del entorno que definieron los rasgos definitivos de la Ciudad.

Una de las características más importantes del territorio de Centro y en particular de la ubicación de la ciudad de Villahermosa, es que se encuentra rodeada de cuerpos de agua que le dan un valor escénico único.



En la imagen se aprecia el espacio ocupado por el crecimiento de la ciudad de Villahermosa en 1884. Este se da justamente en zonas de humedales adyacentes a la zona Centro constituidas por las tres lomas Encarnación, Esquipulas y Eminencia.

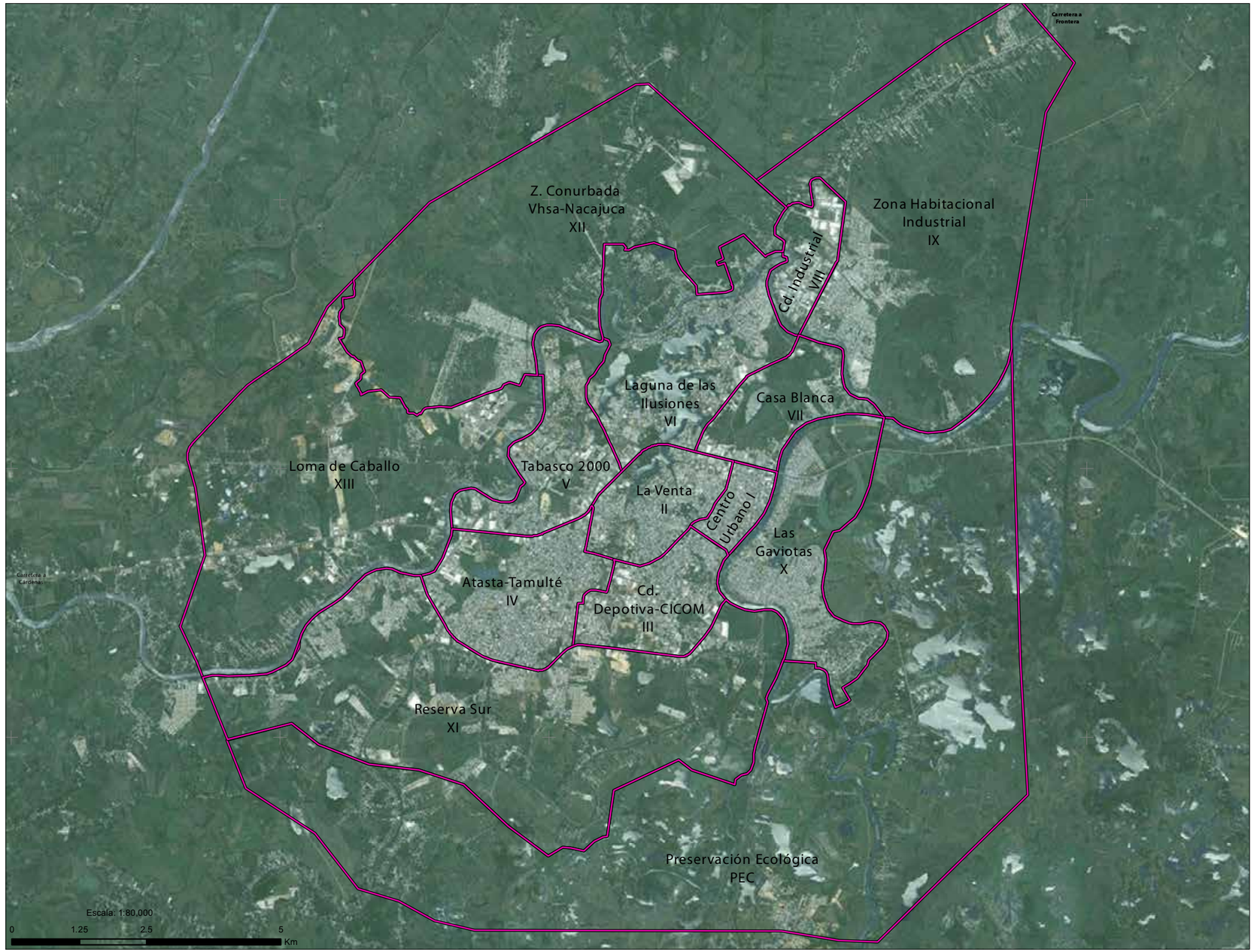
Tres lomas, lugar de fundación de San Juan Bautista (ahora Villahermosa)
Fuente: Galindo, et al., 2013

Estructura Urbana del Municipio de Centro

Como se menciona al inicio de este apartado, el municipio cuenta con una superficie de 1669.11 km2 de los cuales, conforme a lo publicado en el Periódico Oficial del Estado Libre y Soberano de Tabasco en 2008, el territorio municipal se puede dividir para su comprensión y análisis en tres grandes zonas.

La primera de ellas es conocida como la zona urbana. Esta se encuentra dividida en 13 distritos y una zona de preservación ecológica ocupando en conjunto una superficie total de 206.51 km2, lo que equivale al 12.6% de la superficie municipal. De los distritos que conforman la zona urbana, uno de ellos pertenece al municipio de Nacajuca y se conoce como la zona conurbada Villahermosa-Nacajuca. Esta zona ha presentado un crecimiento explosivo en los últimos años con fuertes deficiencias en su regulación (Cuadro 2.1).

Una segunda zona que el Programa de Desarrollo Urbano 2008 señala como de crecimiento urbano e industrial se compone de cuatro corredores semi-urbanos orientados hacia los cuatro puntos cardinales. Estos se denominan corredor sur Parrilla–Playas del Rosario, corredor norte Ocuiltzapotlán–Macultepec, corredor poniente Anacleto Canabal y corredor oriente Dos Montes. Es importante señalar que este último sufrió una modificación en 2011 para dar paso al centro de población de Dos Montes con una superficie de 62.84 km2. En total la superficie registrada para las zonas urbanas del municipio asciende a 453.53 km2. Además de los espacios ya mencionados, se consideran como Centros Metropolitanos a las Villas Luis Gil Pérez, Tamulté de las Sabanas y Buena Vista, los cuales a pesar de encontrarse a distancia de la capital tienen importante población y crecimiento urbano.

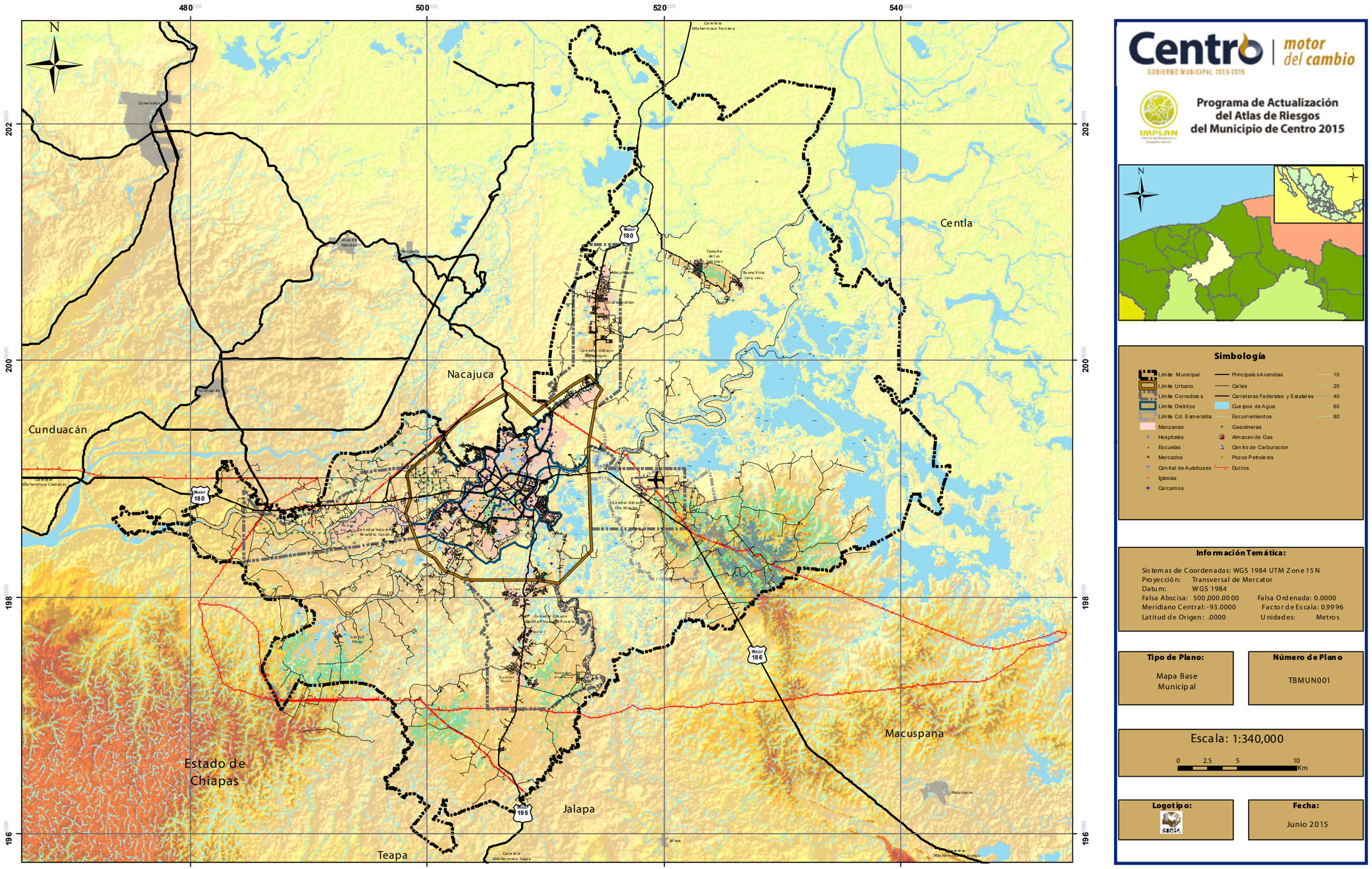


Zona Urbana del Municipio de Centro, Tabasco
Fotografía de ESRI Maps

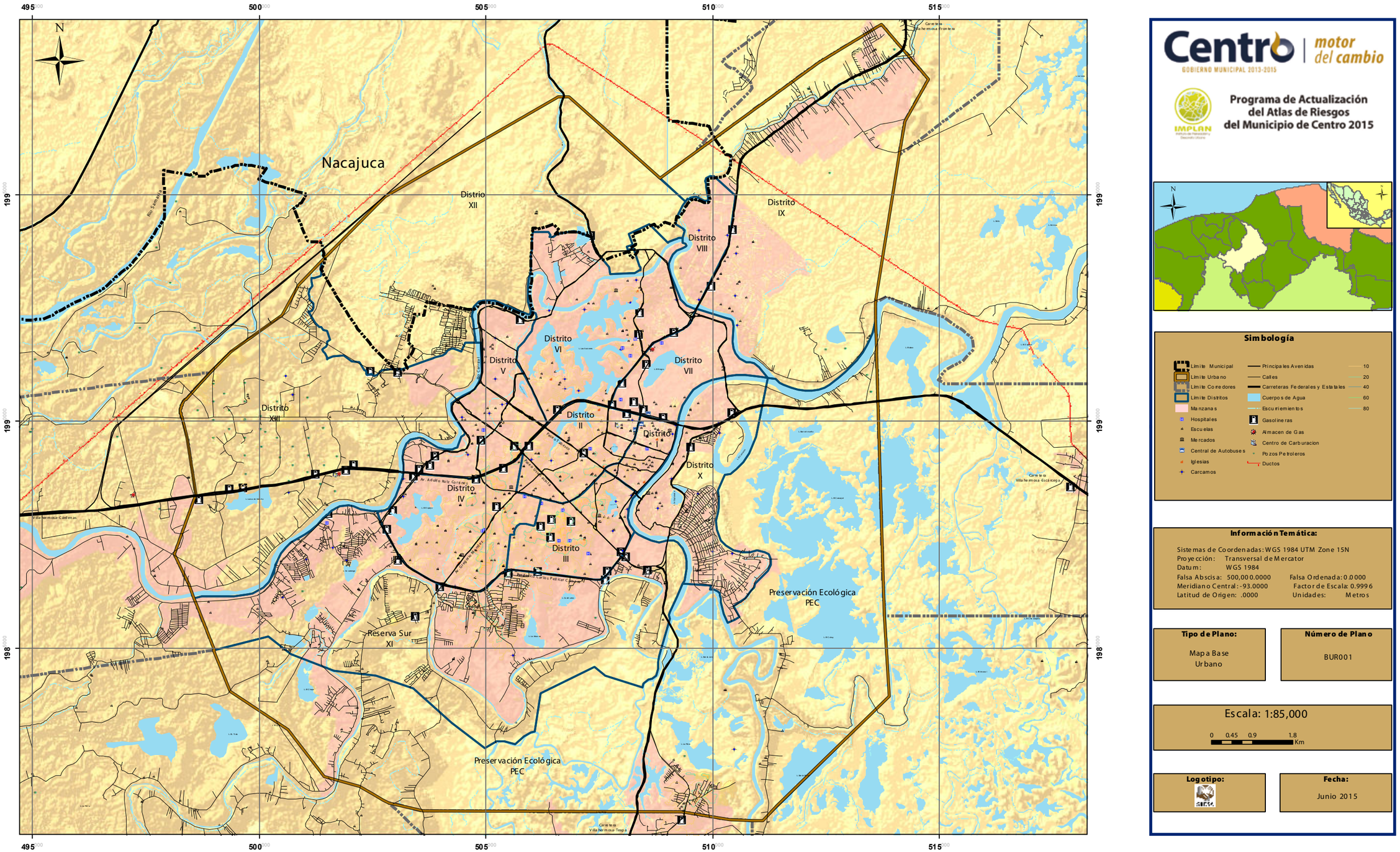
Distrito		Superficie
I	Centro	1.36
II	La Venta	3.93
III	Ciudad Deportiva - CICOM	4.35
IV	Atasta - Tamulté	6.60
V	Tabasco 2000	5.75
VI	Laguna de las Ilusiones	10.41
VII	Casa Blanca	3.97
VIII	Ciudad Industrial	2.50
IX	Zona Habitacional Industrial	25.64
X	Las Gaviotas	8.22
XI	Reserva Sur	27.86
XII	Zona Conurbada	25.05
XIII	Loma de Caballo	24.14
PEC	Zona Preservación Ecológica	56.73

Cuadro 2.1. Distribución de la superficie urbana en el municipio de Centro

Desde su fundación la ciudad de San Juan Bautista se encontraba rodeada de amplios humedales. El espacio ideal de crecimiento de la misma era en las zonas de Atasta y Tamulté.



Mapa 2.1. Base a escala municipal.



Mapa 2.2. Base a escala urbana.

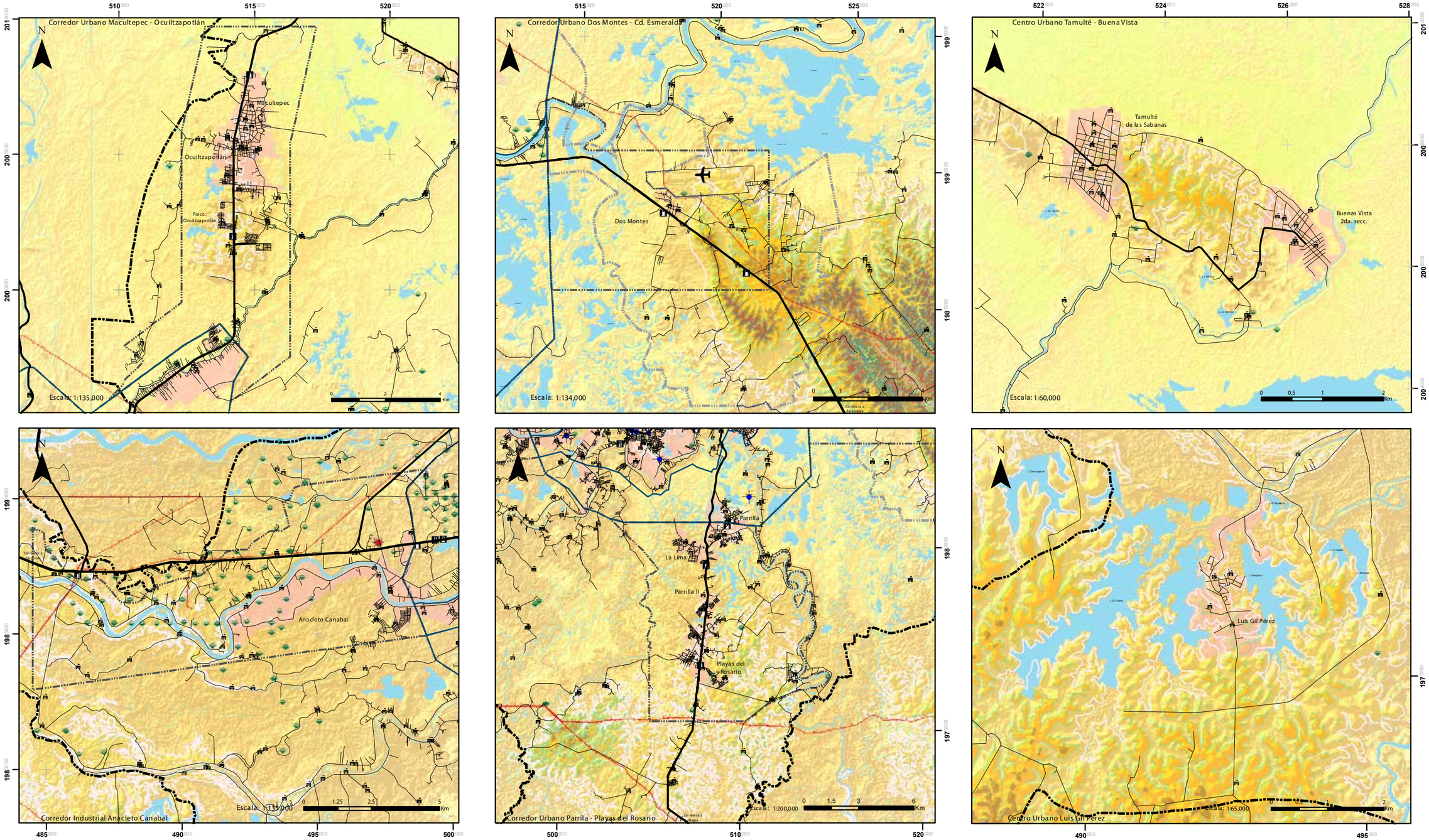


Figura 2.1. Mapas base de Corredores Urbanos y Centros Metropolitanos.

2.2

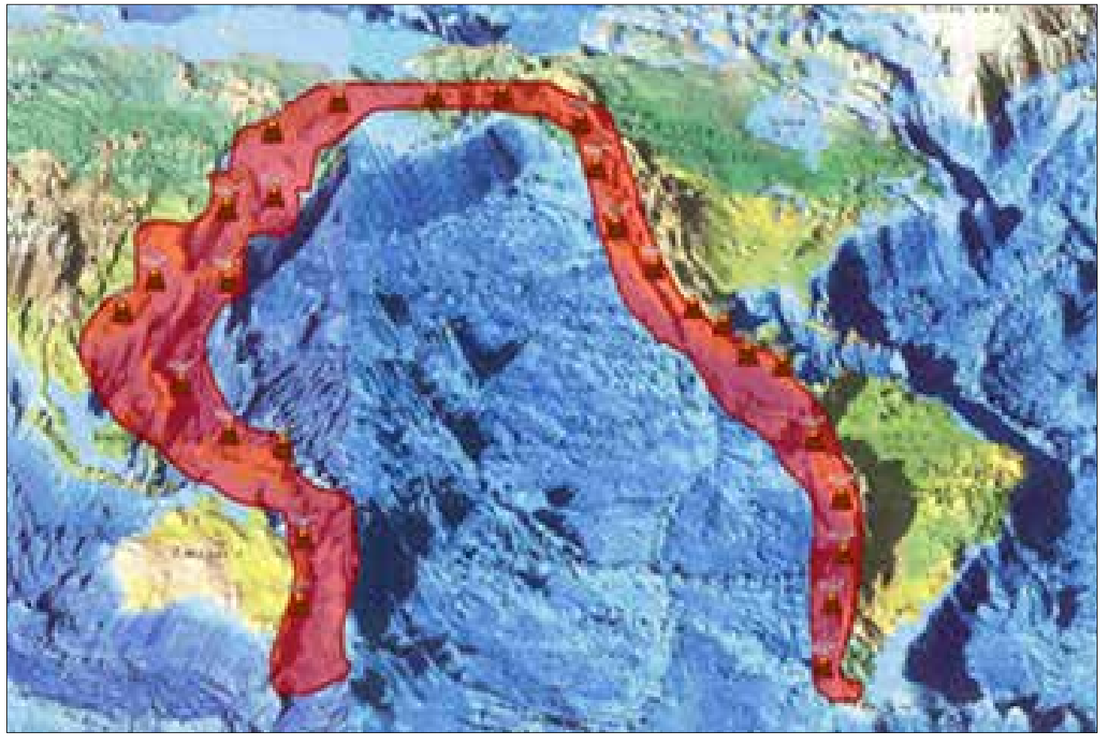
Escalas de análisis para los diferentes fenómenos a analizar.

Para cada proceso es necesario establecer los mecanismos de observación y registro del fenómeno y demostrar con documentos la presencia del mismo.

El documento se elaboró para analizar la amenaza, vulnerabilidad y riesgo que presuponen los diferentes fenómenos naturales y antrópicos que afectan a la población y sus bienes en el municipio de Centro. Por lo que en este acápite se detallan los alcances y metodología empleados en el análisis.

Para cada evento se hace una breve caracterización para definir e identificar el sistema perturbador correspondiente, el nivel y el método de análisis conforme a las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar el Riesgo (SEDATU, 2014).

Para cada proceso es necesario establecer los mecanismos de observación y registro del fenómeno y demostrar con documentos la presencia del mismo. Como parte del método general es necesario establecer parámetros para registrar la vulnerabilidad a través de los indicadores registrados en las Bases, para finalmente expresar el riesgo en función de la relación amenaza-vulnerabilidad.



Cinturón de fuego del Pacífico
Fotografía del dominio público en internet

Fenómenos de corte geológico

Los riesgos geológicos comprenden aquellos procesos y fenómenos relacionados con los materiales de la corteza terrestre, su dinámica y los sistemas con los que se relacionan en la superficie del planeta, tanto de origen natural como en el que interviene el ser humano.

Por su ubicación, México está continuamente expuesto a peligros relacionados con actividad sísmica, vulcanismo y fallamientos tectónicos asociados. De igual forma, presenta áreas propensas a tsunamis o maremotos en sus zonas costeras.

Como parte de la afectación que el ser humano origina al entorno geológico por la extracción excesiva de aguas subterráneas, son comunes los daños ocasionados a obras de infraestructura urbana, casas habitación, e infraestructura industrial, por la aparición de fracturas y fallas producto de hundimientos diferenciales del terreno, principalmente en valles aluviales o lacustres.

Flujo de lava. Fotografía tomada de Internet.

Tsunami, Japón 2011. Fotografía tomada de Internet.

Al combinarse los factores geológicos con los atmosféricos o gravitacionales, se genera una ecuación que da como resultado fenómenos de peligros asociados, como los deslizamientos de laderas (lentos y rápidos), lahares, flujos de lodo, inundaciones, entre otros, que se han experimentado en diversos estados del país. Dentro de los fenómenos considerados en las bases para la estandarización se considerarán los siguientes:

- Vulcanismo
- Sismos
- Tsunamis o Maremotos
- Deslizamientos
- Flujos
- Derrumbes
- Hundimientos
- Subsidencia
- Fallas y Fracturas

Los métodos desarrollados para este tipo de estudios consideran un esquema de escalamiento progresivo en el cual el grado de detalle del estudio del fenómeno perturbador se incrementa con base a la profundidad de análisis, información disponible, experiencia del personal que los desarrolla y de los recursos económicos disponibles.

Vulcanismo

Para el desarrollo de este tema es necesario situar al municipio en relación al contexto geológico de México a través de investigación bibliográfica. Para tal fin se espera ubicar a la localidad en la cartografía geológica de la República Mexicana a fin de determinar su cercanía a campos volcánicos considerados activos y peligrosos. De ser posible, conseguir la historia eruptiva del volcán para determinar el número de erupciones que ha presentado, la cantidad de material expulsado, las características y distribución de sus depósitos. El objetivo es determinar el potencial de una onda expansiva y su alcance. En caso de no existir el mapa de peligros volcánicos del volcán o campo volcánico de interés, será necesario realizar una investigación bibliográfica de la historia eruptiva del volcán.

Sismos

Este fenómeno se evaluará con la metodología del nivel I de los términos de referencia. En estos se señala la necesidad de determinar la frecuencia con que se presentan los sismos y la aceleración máxima del suelo en el área de interés. Para ello se ubicó al municipio en el contexto de los mapas disponibles de regionalización sísmica al tiempo que se desarrolló un mapa de epicentros con la magnitud y profundidad de los sismos identificados en la región.

La vulnerabilidad para este fenómeno se evaluó desde el punto de vista físico como la resistencia que tiene la vivienda y en general las edificaciones a estos fenómenos; y desde el punto de vista social como la capacidad de respuesta y preparación de la sociedad ante este tipo de fenómenos.

Tsunamis

Los tsunamis son fenómenos geológicos derivados del asentamiento de las diferentes capas de la corteza terrestre. Estos se evaluaron en función de la ubicación de la zona de estudio con respecto a la costa y a su ubicación con respecto a los mapas de peligro por Tsunami o Maremoto existentes.

La vulnerabilidad de la población ante este fenómeno se evaluó como el conocimiento y grado de preparación del ciudadano promedio ante este tipo de fenómenos.

Deslizamientos

Se elaboró un análisis cartográfico multi-criterio que considera las características naturales del territorio a partir de los siguientes temas: Edafología, Geología, Geomorfología, Uso Actual de Suelo y Vegetación y Precipitación Media Anual.

La vulnerabilidad se determinó mediante recorridos de campo en los cuales se buscó identificar rasgos geográficos característicos como escarpes, grietas, afloramiento de rocas y pendientes elevadas.

También se identificó la distancia de las poblaciones en relación a las zonas de amenaza y el conocimiento de las mismas sobre este tipo de fenómeno y sus consecuencias.

Flujo

De acuerdo al nivel I de la metodología fue necesario recabar la información histórica con respecto a este fenómeno. Para complementar la información se realizó un análisis geográfico y recorridos de campo que permitieron conocer las características del territorio y levantar información geológico–geomorfológica.

Hundimientos

Se realizó trabajo de levantamiento en campo de los diversos hundimientos reportados para identificar sus causas y los daños para registrarlos en el mapa correspondiente. La metodología se fortaleció con la aplicación de cuestionarios aplicados a la población para el registro de evidencia histórica.

Para la vulnerabilidad se identificaron los procesos de inclinación o hundimiento de obras y postes, evidencias de manto freático superficial y elasticidad del suelo. La vulnerabilidad social se relacionó con la información que posee la población con respecto a la presencia del proceso perturbador, el origen, actividad y eventos detonadores de movimientos.

Fallas y fracturas

Se elaboró un mapa de fallas y fracturas con información del Servicio Geológico Mexicano y de la Carta Geológica del INEGI.

Fenómenos Hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos son aquellos eventos atmosféricos que por su elevado potencial energético, frecuencia, intensidad y aleatoriedad representan una amenaza para el ser humano y el medio ambiente (Strahler). En México, los peligros hidrometeorológicos son abundantes y frecuentes, ya que el país se encuentra situado en una zona de convergencia de eventos atmosféricos tales como tormentas tropicales, huracanes, ondas del Este, monzón, masas de aire frío y caliente, corrientes en chorro, El Niño (la oscilación del sur), entre otros.

Además de la manifestación de estos fenómenos, se generan otros como sequías, heladas, temperaturas máximas, nevadas, vientos fuertes, etcétera. Todos estos eventos fueron estudiados, analizados y cartografiados, en función de su frecuencia y efectos, considerando diversas escalas para conocer y comprender su dinámica espacial, en especial los relativos al cambio climático, tanto negativos como positivos.

Tal como se ha señalado anteriormente, los fenómenos hidrometeorológicos suelen ser los eventos de mayor impacto en la ocurrencia de desastres intensivos. Un estudio realizado por el CENAPRED, revela que entre los años 2000 y 2012, sumaron 22,971.2 millones de pesos en eventos documentados con daños y pérdidas en el sector vivienda. Los mayores montos fueron en 2010, 2007 y 2005 a consecuencia de los remanentes de los huracanes Karl y Matthew en Veracruz (2010), seguido de las inundaciones en Tabasco (2007) y el huracán Stan en Chiapas (2005). Tan sólo los recursos desembolsados del 2009 al 2012 por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), ascendieron a 1,445.7 millones de pesos con respecto a lo anterior.

Es importante señalar lo que se considera como inundación. Esta es flujo o invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o bien por la acumulación

Deslizamiento de ladera. Fotografía tomada de Internet.

Tipo	Fenómeno	Nivel	Escala de trabajo
Geológico	Vulcanismo	1	1:250,000
	Sismos	1	1:250,000
Hidrometeorológico	Ondas Cálidas y Gélidas	1	1:50,000
	Sequías	1	1:50,000
	Ciclones tropicales	1	1:50,000
	Tornados	1	1:250,000
	Lluvias extremas	1	1:20,000
	Inundaciones pluviales y fluviales	2	1:20,000
	Vientos	1	1:50,000
Antrópico	Contaminación	1	1:50,000
	Explosión	1	1:50,000
	Incendios Forestales	1	1:50,000

Cuadro 2.2. Tipos de fenómenos perturbadores a analizar, nivel metodológico deseado y escala de trabajo

Granizo.
Fotografía tomada de Internet.

de estos en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia de drenaje pluvial, tanto natural como artificial (Baró et al., 2007). En general, la magnitud de una inundación, provocada por eventos de origen hidrometeorológico depende de: la intensidad de la lluvia, su distribución en el espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como de las características del suelo y del drenaje natural y artificial de las cuencas (Bremer y Lara, 2001). Como estas inundaciones se producen frecuentemente en las zonas llanas, donde se dan los mayores asentamientos humanos, fácilmente se puede deducir que las mismas provocan importantes daños humanos y socioeconómicos, además de los de naturaleza ambiental.

A continuación se presenta la clasificación de niveles de estudio para llevar a cabo la definición de la cartografía mínima relacionada con la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos, en todos deben realizarse las consideraciones necesarias en relación a los efectos estimados del cambio climático.

Ondas cálidas y gélidas
(Temperaturas máximas y mínimas extremas)

Las ondas cálidas y gélidas se evaluaron mediante los registros de datos climatológicos de tres décadas de temperaturas máximas y mínimas extremas mensuales, de cada una de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio. Para tal fin se construyó una base de datos climatológicos con los valores de temperaturas máximas estacionales y otra para las mínimas. Con los valores obtenidos se trazaron isolíneas a través de una interpolación, utilizando sistemas de información geográfica.

Los rangos para las isotermas se establecieron en función de los lineamientos establecidos en las bases para la estandarización.

Sequías

Para la evaluación de las sequías fue necesario obtener los datos de precipitación diaria, determinar los índices de aridez y calcular las anomalías de la precipitación acumulada mensual para visualizar las diferencias entre la precipitación promedio y la mínima calculada.

Granizadas

Se evaluaron los daños y las afectaciones a las actividades económicas, población, vivienda e infraestructura, producto de las granizadas registradas en el municipio. Se consultó el informe: mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos elaborado por el CENAPRED (Jiménez, et al., 2012). Se elaboró una base de datos climatológicos con los valores del número de días con granizo.

Ciclones tropicales

Se investigaron las trayectorias de los eventos históricos y se cartografiaron para conocer la perspectiva de la entidad ante estos fenómenos. Para su clasificación se utilizó la escala de huracanes Saffir-Simpson.

Por otra parte, se recopiló la información meteorológica disponible al respecto en las estaciones del municipio y sus orillas y se consultaron los mapas disponibles en el CENAPRED para el tema de ciclones tropicales.

Con todos los datos recabados y analizados se llevó a cabo la caracterizaron de los huracanes históricamente.

Tormentas Eléctricas

Se realizó una búsqueda de los registros históricos de tormentas eléctricas en el municipio, ya que con ellos debe calcularse el valor medio de tormentas para un periodo medio anual. Con los valores que se obtienen se elaboran isolíneas con las diversas escalas de intensidad.

Se elabora una base de datos climatológicos con los valores del número de días con tormentas eléctricas al mes y con ellos se trazan isolíneas utilizando sistemas de información geográfica. Se establecen los rangos para las isolíneas de acuerdo a la distribución del sistema.

Lluvias extremas

Se obtuvieron los registros históricos de precipitación máxima para calcular los valores promedio de las precipitaciones máximas por mes y por estación.

Se elaboró una base de datos climatológica con los valores de precipitación máxima mensual trazando isolíneas con los valores obtenidos. Este proceso se realizó mediante interpolación de datos utilizando sistemas de información geográfica. Con este proceso se elaboraron los mapas correspondientes de precipitación máxima mensual.

En un segundo nivel de análisis para este fenómeno se realizó un ajuste de la distribución de probabilidad para valores extremos que permitió calcular escenarios probabilísticos de precipitaciones extremas para periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

Inundaciones

Para el tema de las inundaciones se elaboró la cartografía correspondiente. Para la validación de la misma se realizó una encuesta entre la población del municipio, con la finalidad de conocer viviendas afectadas por inundaciones en estas áreas; se recabaron los datos de daños disponible y se realizaron recorridos de campo en las áreas afectadas.

No fue posible obtener imágenes de satélite de los eventos, ya que las condiciones climatológicas presentes en el momento no eran adecuadas debido principalmente al grado de nubosidad. Con toda la información se elaboró el mapa correspondiente.

Para elaborar el mapa de topografía se realizó un proceso de interpolación de un modelo digital con curvas cada 5 m.

De las variables colectadas de precipitación máxima y caudal se obtuvieron los periodos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100 y 200 años.

Se solicitó a la CONAGUA la información disponible para la determinación del tiempo base para los hidrogramas y con ello se obtuvo el gasto promedio para el tiempo de duración de la inundación. A estos datos se les realizó el ajuste correspondiente de probabilidades de escurrimiento asociados a 2, 5, 20,50 y 100 años de periodo de retorno para cada estación hidrométrica.

Se solicitó a la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR) de la CONAGUA los hidrogramas a simular, resultantes de la operación de las obras de control para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años.

Fenómenos de origen antrópico
Fenómenos ligados a la industria petrolera

Se recabará la información disponible de la infraestructura petrolera distribuida en el territorio municipal. Con esta información se identificarán las estructuras civiles que se encuentren en el área designada como derecho de paso para determinar su grado de amenaza.

La vulnerabilidad se evaluará a partir del conocimiento de la población asentada a un lado de estas instalaciones con respecto a las características del peligro asociado, así como de las acciones a seguir en caso de una emergencia.

De igual forma se identificarán otras estructuras que contienen material inflamable y/o explosivo como son centros de acopio de gasolina y gas para distribución o carburación, expendios de gasolina minoristas, almacenes de productos químicos y fábricas.

Comisión Federal de Electricidad

Se identificaron y cartografiaron los derechos de paso correspondiente a las líneas de alta tensión para distribución de energía eléctrica. Igualmente se geo localizaran las estaciones y subestaciones de energía eléctrica en el municipio.

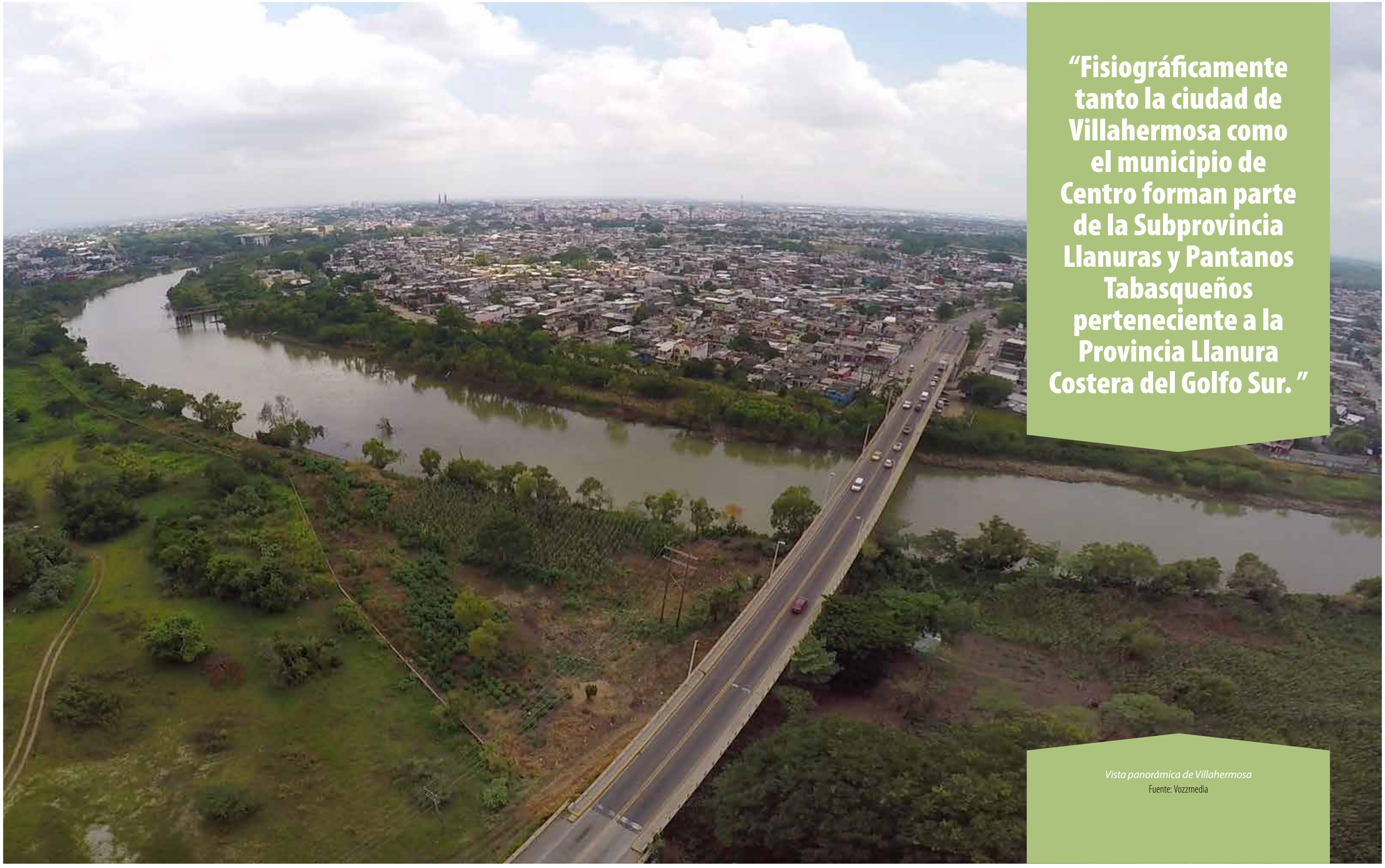
Tormenta eléctrica.
Fotografía tomada de Internet.

ATLAS DE RIESGOS PARA EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO • 2015 •

CAPÍTULO

3

CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO



“Fisiográficamente tanto la ciudad de Villahermosa como el municipio de Centro forman parte de la Subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños perteneciente a la Provincia Llanura Costera del Golfo Sur.”

Vista panorámica de Villahermosa
Fuente: Vozzmedia

3.1
Generalidades

El Centro cuenta con 640,359 habitantes, lo cual representa el 28.6% de la población de la entidad.

El territorio tabasqueño cuenta con una extensión geográfica de 24,737.8 km2, mismo que representa el 1.3% de la superficie del país, ocupando el lugar número 24 en extensión territorial a nivel nacional (INEGI, 2012). En él se asientan los 17 municipios que integran su división política, siendo la ciudad de Villahermosa la capital del mismo. Esta última se encuentra enclavada en el municipio de Centro, del cual es cabecera municipal.

Dentro de la Región Grijalva, el Centro forma parte junto con los municipios de Nacajuca y Jalpa de Méndez de la Subregión Centro, una de las cinco en que se encuentra dividido el Estado (INEGI, 2001).

El Centro se encuentra ubicado aproximadamente a 904 km al sureste de la capital del país; en las coordenadas geográficas 18°12′ y 17°45′ latitud norte, 92°42′ y 93°00′ de longitud oeste; colinda al norte con los municipios de Centla y Nacajuca, al sur con los municipios de Teapa y Jalapa en el estado de Tabasco y con el de Reforma en el estado de Chiapas; al oeste comparte con los municipios tabasqueños de Cunduacán y Nacajuca y al este con el municipio de Macuspana (Galindo *et al*., 2009).

Fisiográficamente tanto la ciudad de Villahermosa como el municipio de Centro forman parte de la Subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños perteneciente a la Provincia Llanura Costera del Golfo Sur.

El área urbana de la ciudad de Villahermosa ocupa una superficie de 206.54 km^2, mientras que la extensión territorial del Centro es de 1,663.38 km^2, los cuales corresponden al 12.41% respecto del total del Estado, ocupando el 7° lugar en la escala de extensión municipal. De su espacio territorial, 101 km^2 se encuentran ocupados por asentamientos humanos equivalentes al 6% de la superficie total municipal. De acuerdo al INEGI, el sistema de localidades está integrado por 209 localidades. De estas, solo 29 cuentan con una población mayor a 2,500 habitantes, el resto de ellas tiene una población inferior a este número.

El municipio de Centro constituye el foco geográfico del Estado y cuenta con 640,359 habitantes, lo cual representa el 28.6% de la población de la entidad. Su densidad de población general es de 372.8 habitantes por km^2 distribuidos en un sistema integrado por 209 localidades distribuidas en 1,663.38 km^2 (INEGI, 2012). De estas, 29 cuentan con una población superior a los 2,500 habitantes, por lo que de acuerdo a la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática se consideran localidades urbanas. Una de ellas, la Ciudad de Villahermosa capital económica y política del Estado cuenta con 353,577 habitantes por lo que concentra el 60% de la población del Municipio que equivale en términos generales al 16% de la población total del Estado (INEGI, 2010).

La localización del Municipio es un atributo que brinda accesibilidad económica y social al verse favorecido por la cercanía relativa que mantiene con el resto de los municipios del Estado, siendo además para la mayoría de estos, el paso natural cuando se transita hacia el norte o sur del país. Ello hace resaltar la función territorial de Villahermosa ya que por dichas características concentra la estructura vial más importante de Tabasco, puesto que hacia ella confluyen tres de las carreteras federales que vinculan al Estado con toda la mesoregión sur sureste del país.

No obstante, la localización geográfica de la Ciudad es desde el punto de vista hidrológico un rasgo esencial, ya que se asienta en una planicie o isla que está bordeada hacia el oeste y norte por el río Carrizal, al este por el río Grijalva y al sur por el río Mezcalapa, contando además en su interior con lagunas y cuerpos de agua de diferente importancia, pero muy abundantes. Precisamente estas valiosas cualidades paisajísticas resultantes de su ubicación, al conjugarse con las condiciones hidrológicas y urbanas dan como resultado la conflictiva relación agua–ciudad que ha provocado de forma recurrente a lo largo de su historia fuertes problemas de carácter económico y ambiental.

3.2
Fisiografía

El Centro cuenta con 640,359 habitantes, lo cual representa el 28.6% de la población de la entidad.

El estado de Tabasco forma parte de dos provincias fisiográficas: la Llanura Costera del Golfo Sur y la provincia Sierras de Chiapas y Guatemala. La provincia Llanura Costera del Golfo Sur cubre el 94.6% del territorio tabasqueño a través de la Subprovincia fisiográfica denominada Llanuras y Pantanos Tabasqueños (INEGI, 2001). Esta Subprovincia se caracteriza por el predominio de topoformas de llanura y lomeríos bajos con altitudes máximas de 240 metros; contiene también extensas planicies de inundación (Tudela, 1989).

El relieve del estado de Tabasco fue influido por tectonismo de plegamiento dislocación del paquete rocoso de las Sierras de Chiapas y de Guatemala; y el relleno de cuencas marinas y lacustres con aportes de materiales terrestres, transportados por una compleja red de corrientes superficiales en la Llanura Costera. El límite entre ambas provincias es un paquete de calizas competentes plegadas y fracturadas.

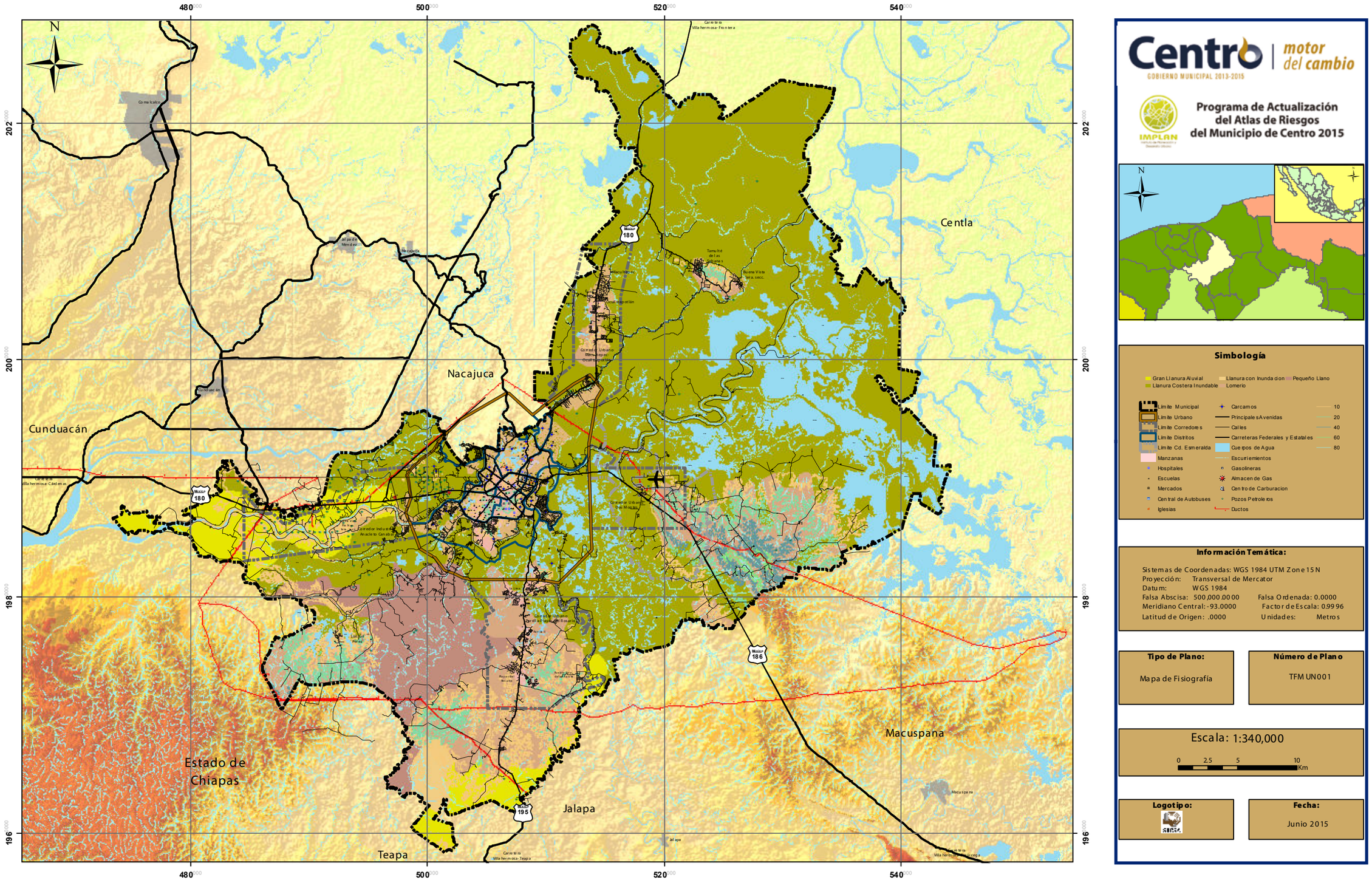
El municipio de Centro pertenece precisamente a la Subprovincia de las Llanuras y Pantanos Tabasqueños dentro de la provincia Llanura Costera del Golfo Sur.

La Llanura Costera del Golfo Sur en esta entidad, está plenamente desarrollada con una red de drenaje de grande a mediana densidad, bien integrada, excepto en algunas porciones al sur y sureste de Villahermosa. Su origen está íntimamente relacionado con la regresión del Atlántico, iniciado desde el Terciario Inferior y debido al relleno gradual de la cuenca Oceánica, donde fueron acumulados grandes volúmenes de materiales rocosos provenientes del continente.

El relieve del Municipio es prácticamente plano con una altitud promedio de 10 msnm. Las zonas con mayor altitud se localizan al sur y sureste del municipio de Centro con relieves no mayores a los 100 msnm. El mapa de fisiografía y el cuadro 3.1 sintetizan las características representativas de cada provincia y subprovincia fisiográfica.

Subprovincia y Topoforma	km²	%
Gran Llanura Aluvial	97.15	5.84
Llanura con Inundación	0.86	0.05
Llanura Costera Inundable	1149.86	69.13
Lomerío	292.88	17.61
Pequeño Llano	122.36	7.35
	1663.14	100%

Cuadro 3.1. Provincias y Subprovincias fisiográficas en el municipio de Centro (INEGI, 1984).



Mapa 3.1. Fisiografía del municipio de Centro.

3.3
Geomorfología

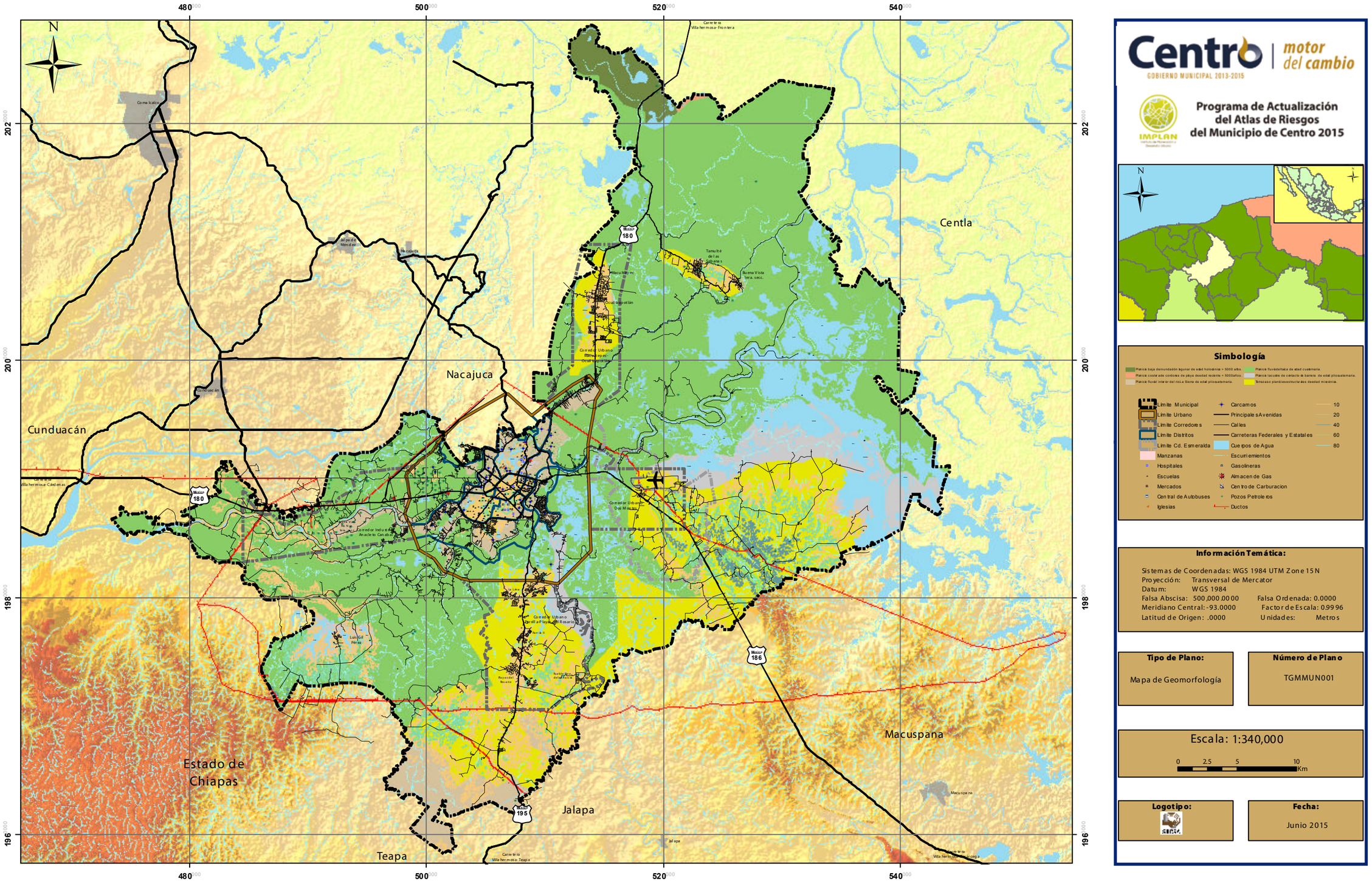
A partir del relieve estatal se tienen amplios valles, resultado de la acumulación de grandes depósitos fluviales en diferentes medios, como el lacustre, palustre y litoral. Este relieve presenta extensas planicies de inundación y lagunas características de la zona.

En el territorio municipal dominan las tierras bajas sujetas a inundación, principalmente Llanuras palustres, las cuales están rodeadas por tierras ligeramente más elevadas como Llanuras aluviales, Terrazas del Pleistoceno y Llanuras de barrera litoral; estos relieves actúan como diques naturales que detienen o dificultan el flujo del agua superficial de las Llanuras palustres. Las Llanuras han sido formadas por procesos acumulativos fluviales, palustres y marinos durante el Cuaternario Reciente, mientras que las Terrazas son remanentes de Paleo llanuras aluviales del Pleistoceno, las cuales han sido erosionadas durante el Holoceno (West et al., 1985).

Esta información concuerda con los datos presentados por el INEGI (1984), mismos que pueden visualizarse en el mapa de unidades geomorfólogicas. El mapa indica que el 65% del territorio del municipio de Centro es una Planicie fluviodeltaica de edad cuaternaria; el 24% de la geomorfología municipal está constituida por Terrazas o Planicies estructurales de edad miocénica; un 7% más está conformado por Planicie lacustre de contacto de barrera de edad pliocuaternaria, y el resto lo integran otros tipos de Planicies que pueden consultarse a detalle en el cuadro 3.2 donde se sintetizan las unidades geomorfológicas presentes en el Municipio.

Unidad Geomorfológica	km²	%
Planicie baja de inundación lagunar de edad holocénica > 5000 años.	31.60	1.90
Planicie costera de cordones de playa de edad reciente < 5000 años.	0.92	0.05
Planicie fluvial interior del río La Sierra de edad pliocuaternaria.	17.80	1.07
Planicie fluviodeltaica de edad cuaternaria.	1081.05	65.00
Planicie lacustre de contacto de barrera de edad pliocuaternaria.	127.24	7.65
Terrazas o planicies estructurales de edad miocénica.	404.50	24.32
	1663.15	100%

Cuadro 3.2. Unidades Geomorfológicas del municipio de Centro (INEGI, 1984).



Mapa 3.2. Geomorfología del municipio de Centro.

3.4
Geología

La geología del estado de Tabasco se originó por eventos estratigráficos y estructurales del Mesozoico y Cenozoico. Dichos eventos formaron la base petrológica del Estado. Los depósitos de materiales rocosos provenientes del continente aparecen en los bordes de contacto con la provincia Sierras de Chiapas y Guatemala. Son de alternancia rítmica de capas clásticas (lutitas-areniscas), las cuales afloran en la porción sur-central del Estado y sobreyacen concordantemente sobre rocas carbonatadas del Cretácico Superior y marcan el cambio de un ambiente marino de plataforma a un ambiente litoral. En esta provincia que ocupa la mayor parte de Tabasco, destacan los fenómenos relacionados con depósitos fluviales, lacustres, palustres y litorales.

En Tabasco, las rocas más antiguas que afloran son del Mesozoico (Cretácico Superior), por su constitución litológica indican la existencia de una plataforma donde las aguas someras y tranquilas propiciaron el depósito de sedimentos carbonatados biogenéticos. El rejuvenecimiento continuo de la plataforma costera ha permitido la erosión subsecuente de los depósitos marinos terciarios, que actualmente tienen poca elevación sobre el área.

Los depósitos del Cuaternario son los más extensos en la Llanura Costera del Golfo, entre ellos destacan los palustres, los aluviales, los litorales y los lacustres. Todos estos se manifiestan como testigos del desarrollo de los ambientes actuales, desde el Plioceno hasta el presente.

Debido a la presencia de rocas sedimentarias jóvenes, el estado de Tabasco no cuenta con una tradición minera. Sin embargo, la industria de la construcción aprovecha algunos de los bancos calcáreos para explotar la caliza y producir cal hidratada, que se utiliza en grandes cantidades para la construcción de los principales centros de población de esta entidad, así como de los estados vecinos.

Por otro lado, la extracción de hidrocarburos tiene una gran importancia económica en la región, ya que para los estados de Tabasco, Chiapas y Campeche encontramos grandes campos petroleros. Las perforaciones fluctúan desde 2 700 hasta 5 500 m de profundidad y se han realizado en campos productores de aceite crudo, gas y condensados. La mayor producción proviene de rocas dolomitizadas del Jurásico y Cretácico dentro del talud del gran banco calcáreo. Respecto a las estructuras litológicas, el Municipio se asienta predominantemente sobre areniscas y rocas sedimentarias provenientes de la era Cenozoica (INEGI, 1984).

Por otra parte, las fallas y fracturas más cercanas se encuentran aproximadamente a 50 km en el municipio de Teapa, al sur del estado de Tabasco, donde inician las estribaciones montañosas que caracterizan al estado de Chiapas.

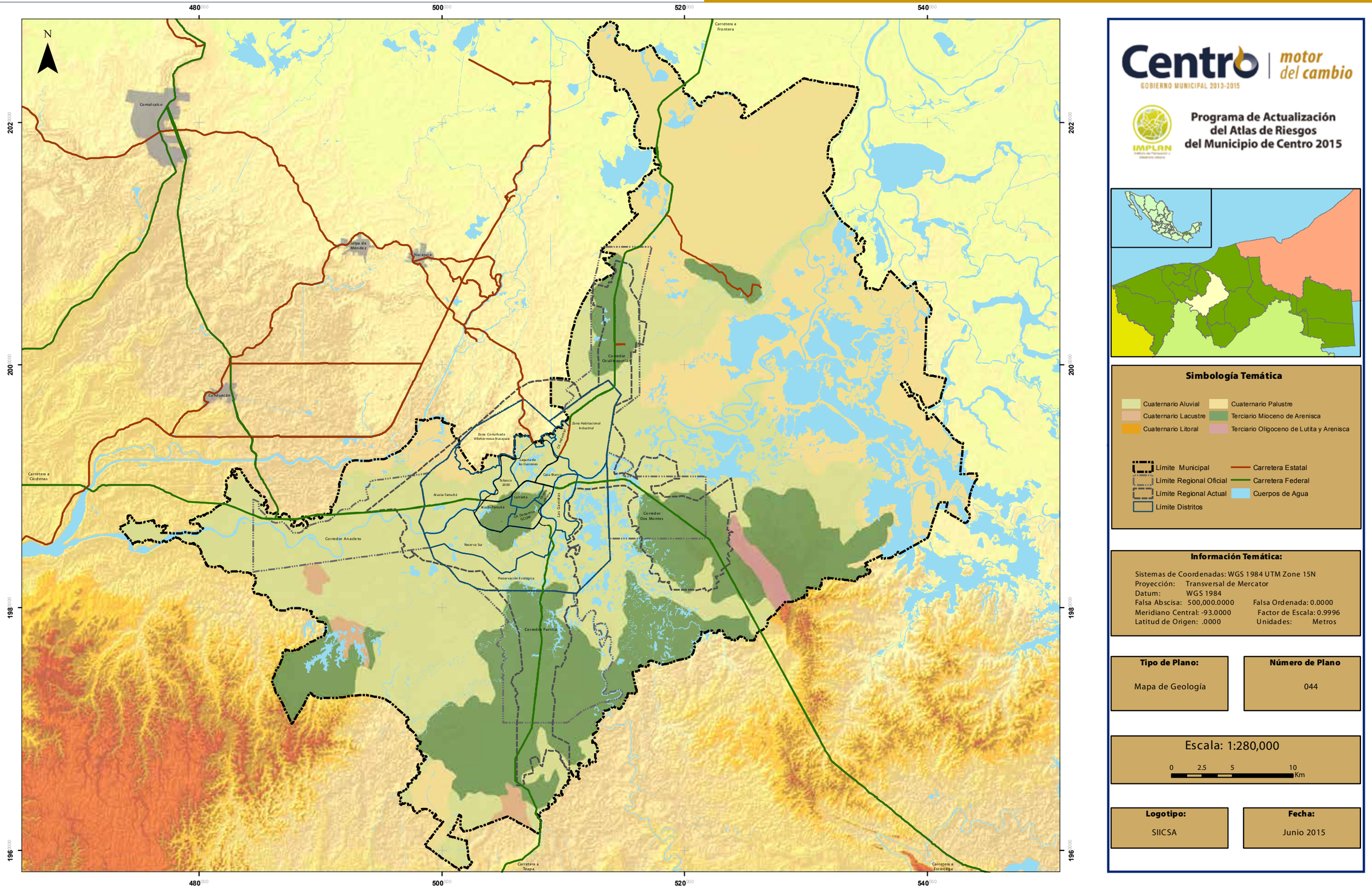
De acuerdo con el INEGI (2001), los suelos formados en el Cuaternario Aluvial son los que se encuentra en mayor proporción en el municipio de Centro y corresponden al 43% de territorio municipal. En segundo término se ubican aquellos que tienen su origen en el Cuaternario Palustre con un total de 526 km^2, constituyendo el 31.6% del suelo del Municipio y con 131.66 km^2 menos que el anterior, se haya la Arenisca perteneciente al Terciario Mioceno. Los 394.39 km^2 de este tipo de suelo constituyen el 23.71% del territorio de Centro.

En el cuadro 3.3 pueden apreciarse a detalle las unidades geológicas presentes en el Municipio, así como su extensión territorial.

El mapa de unidades geológicas, así como el cuadro 3.3 sintetizan las características representativas de cada unidad geológica.

Geología	km^2	%
Cuaternario Aluvial	716.81	43.09
Cuaternario Lacustre	13.23	0.79
Cuaternario Litoral	0.12	0.007
Cuaternario Palustre	526.05	31.63
Terciario Mioceno de Arenisca	394.39	23.71
Terciario Oligoceno de Lutita y Arenisca	12.528	0.75
	1663.14	100%

Cuadro 3.3. Estructuras Geológicas en el municipio de Centro.



Centro | motor del cambio
GOBIERNO MUNICIPAL 2013-2015

IMPLAN

Programa de Actualización del Atlas de Riesgos del Municipio de Centro 2015

Simbología Temática

- Cuaternario Aluvial
- Cuaternario Lacustre
- Cuaternario Litoral
- Cuaternario Palustre
- Terciario Mioceno de Arenisca
- Terciario Oligoceno de Lutita y Arenisca
- Límite Municipal
- Límite Regional Oficial
- Límite Regional Actual
- Límite Distritos
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua

Información Temática:

Sistemas de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 15N
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984
Falsa Abscisa: 500,000.0000 Falsa Ordenada: 0.0000
Meridiano Central: -93.0000 Factor de Escala: 0.9996
Latitud de Origen: .0000 Unidades: Metros

Tipo de Plano: Mapa de Geología

Número de Plano 044

Escala: 1:280,000

0 2.5 5 10 Km

Logotipo: SIICSA

Fecha: Junio 2015

Mapa 3.3. Geología del municipio de Centro.

3.5
Edafología

El tipo de suelo más abundante para el estado de Tabasco es el Gleysol (INEGI, 2001), y el área de estudio no queda exenta de esta cifra, pues los suelos en que se asienta el municipio de Centro son de textura arcillosa: principalmente Gleysoles y en menor proporción se encuentran Vertisoles, Luvisoles y Acrisoles. Otros suelos como los Fluvisoles, Solonchaks, Histosoles, Cambisoles y Lixisoles también se encuentran representados aunque en un porcentaje mucho menor del territorio, tal como puede consultarse en el cuadro 3.4.

Edafología	km²	%
Acrisoles plínticos	207.60	12.48
Fluvisoles Eutricos	105.18	6.32
Fluvisoles gleyi - Eutricos	95.76	5.75
Gleysoles Eutricos + Gleysoles mólicos + Histosoles fíbricos	328.76	19.76
Gleysoles mólicos	375.53	22.57
Luvisoles crómicos	257.89	15.50
Vertisoles Eutricos	264.19	15.88
Otros	28.23	0.01
	1663.14	100%

Cuadro 3.4. Unidades Edafológicas del municipio de Centro (Palma *et. al.*, 2007)..

Gleysoles

Los suelos de tipo Gleysol son suelos de lento drenaje con propensión a inundaciones. Son suelos formados sobre materiales no consolidados (excluyendo materiales de texturas gruesas y depósitos aluviales que tengan propiedades flúvicas), que presentan propiedades gléyicas (saturación con agua durante ciertos períodos o en todo el año y que manifiestan procesos evidentes de reducción asociados a la segregación del hierro, las cuales se detectan en el perfil por la presencia de colores azulosos o verdosos dominantes, o como moteado asociado a colores rojizos, amarillentos u ocres) a menos de 50 cm de profundidad. Localmente se les denomina “pantanos”, “planadas”, “barriales”, “bajiales”, “bajos” o “popalerias”.

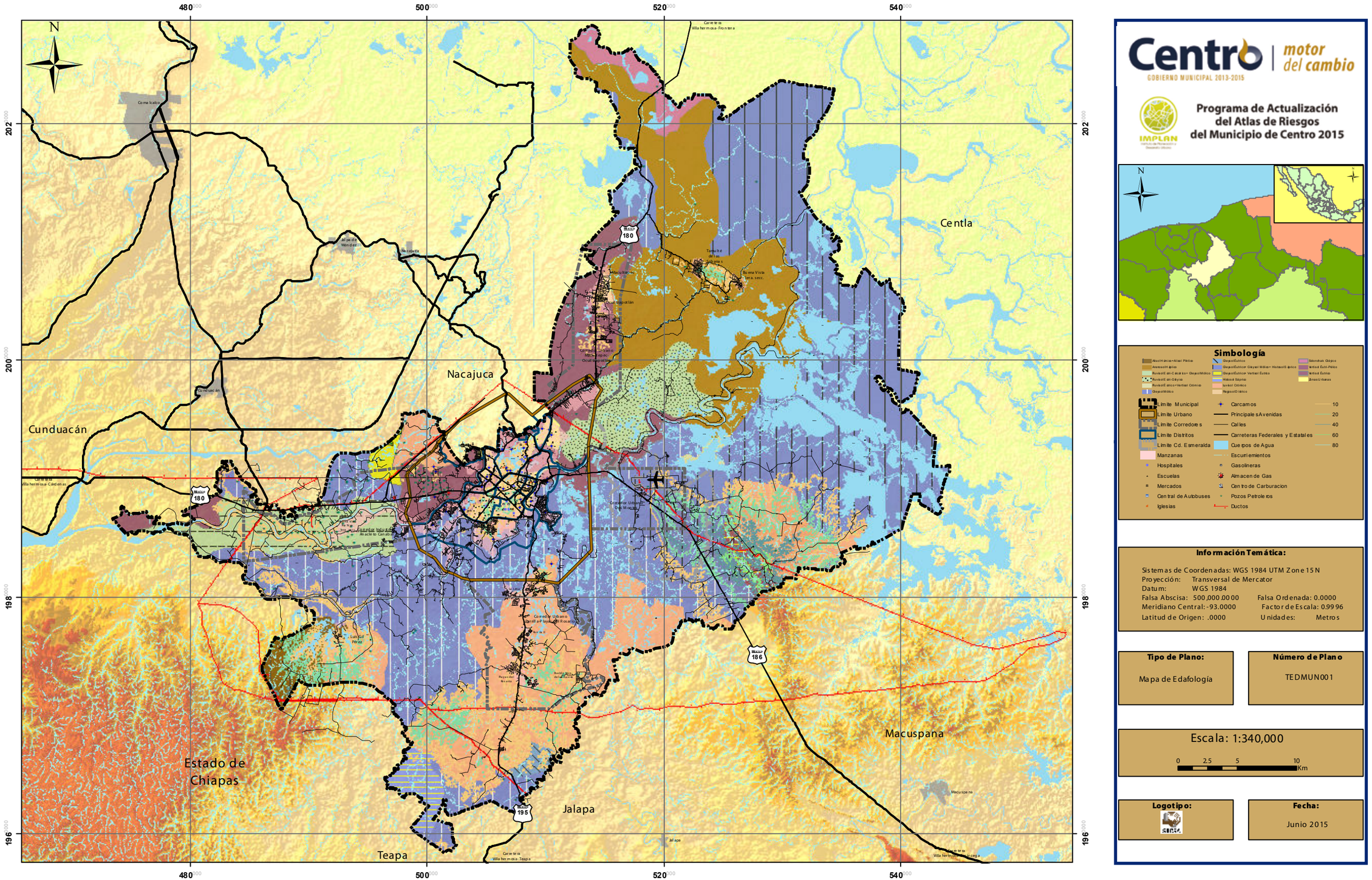
Los Gleysoles no presentan otros horizontes de diagnóstico que un A, un H hístico, un B cámbico, un cálcico o un horizonte gypsico; no tienen las características de diagnóstico de un Vertisol o un Arenosol, ni propiedades sálicas, ni plintita a menos de 125 cm de profundidad. Esta unidad, es de las menos estudiadas debido al poco interés agronómico que presentan (Zavala *et al.*, 1999).

Fisiográficamente, este suelo se ubica en llanuras aluviales muy bajas con pendientes planas a ligeramente cóncavas inferiores al 0.5%, en transición con llanuras palustres. El material parental de estos suelos son sedimentos aluviales recientes transportados por ríos y arroyos, así como materiales orgánicos palustres.

En este caso los gleysoles se localizan a lo largo de los cauces del río Carrizal, La Sierra, Pichucalco y Nacajuca; también en la zona de lagunas localizada al este del municipio de Centro. Hacia el norte y este del Municipio, el suelo también es tipo Gleysol eutrico, cuya característica es presentar un horizonte superficial de un espesor promedio de 18 cm con bajo contenido (menos de 1%) de materia orgánica. Su fertilidad para el uso agrícola varía de moderada a alta. La limitante más severa para su uso y manejo es el nivel freático superficial, ya que se encuentra aproximadamente a 50 cm, además de que presenta escaso drenaje interno.

Los Gleysoles éutricos presentan una tasa de saturación de bases igual o superior al 50%, al menos entre los 20 y 50 cm de profundidad; sin más horizontes de diagnóstico que un A ócrico o un B cámbico; no tienen características ándicas dentro de los 200 cm de profundidad.

La textura de los Gleysoles éutricos varia con la profundidad, de migajón-arenoso a migajón arcillo-arenoso. El pH disminuye de fuertemente ácido a neutro. El contenido de materia orgánica disminuye de extremada-



Mapa 3.4. Edafología del municipio de Centro.

mente mediano a pobre, de igual forma que el contenido de nitrógeno. El contenido de bases intercambiables se incrementa de bajo a medio en calcio, el magnesio permanece alto y el potasio es muy bajo. El contenido de sodio intercambiable no llega a causar toxicidad a las plantas. La capacidad de intercambio catiónico efectiva se incrementa de media a alta. En cuanto a la conductividad eléctrica, los efectos de la salinidad son casi nulos. El carbono orgánico es muy bajo (Zavala *et al.*, 1999).

Esta subunidad se clasifica como V/D3D2C1, por presentar un manto freático elevado la mayor parte del año, inundaciones frecuentes y un régimen de humedad ácuico; por su capacidad de fertilidad, se clasifican como Lghk, es decir, son suelos con textura franca con problemas de gleyzación, ácidos y bajos en reservas de potasio.

Acrisoles

Los Acrisoles son suelos profundos que presentan un horizonte A muy oscuro y fuertemente húmico, seguidamente aparece un horizonte de transición con colores oscuros sobre rojo amarillento fuertemente intemperizado. Presentan un horizonte B con acumulación iluvial de arcilla, fuertemente ácido, altas cantidades de hierro y aluminio en forma de sesquióxidos, alta fijación de fósforo, derivan de roca arenisca y lutitas, se localizan en las zonas de lomeríos y en las áreas de llanura aluvial.

Estos suelos de manera general tienen drenaje interno moderadamente drenado, desarrollado, profundo o moderadamente profundo de 50 a 100 cm. Las fuertes precipitaciones mayores a 2500 mm provocan el lavado y pérdidas de nutrientes, por lo que se encuentran muy bajos contenidos nutrimentales para plantas y alta fijación de fósforo por hierro y aluminio.

En algunos casos pueden ser ricos en materia orgánica en los primeros horizontes, permitiendo el desarrollo de vegetación de selva y popal-tular. Esta acumulación de materia orgánica es ocasionada por la acidez y su posición topográfica. Se sitúan en lomeríos cuyas pendientes son variables, son moderadamente drenados, con una permeabilidad interna que varía de rápida a moderada, lo cual provoca que estos suelos sean propensos a la erosión hídrica (Palma y Triano, 2006; Zavala *et al.* 2006).

Los acrisoles los encontramos en la parte norte del municipio de Centro, a lo largo del cauce del río Medellín, también se puede encontrar al oeste y noreste de la ciudad de Villahermosa, en la Terraza o Planicie estructural de la Ciudad.

La textura arcillosa del suelo en ambos tipos, sumados a las condiciones hidrológicas y la baja altitud han contribuido a la conformación de un sistema de tipo pantanoso en el que la vegetación que prevalece es tular, popal y carrizal.

Vertisoles

Al igual que los suelos anteriores, son transportados por los ríos caudalosos y son formados por depósitos aluviales de textura fina y de residuos de origen lacustre y palustre. Los suelos Vertisoles pueden encontrarse a lo largo del río Carrizal y González, entre los límites municipales entre Centro y Nacajuca.

Presentan normalmente horizonte A y C, diferenciados por el grado de agregación, sus características están determinadas por la gran cantidad de arcillas expandibles que contienen, por lo que son suelos pesados para el manejo agrícola; son anegados en épocas de lluvia y en las épocas de seca son duros y con profundas grietas. Nutrimentalmente son ricos y con un pH que fluctúa de ligeramente ácido a neutro, por lo que sus factores de demérito están ligados a sus características físicas más que a su fertilidad (Palma y Triano, 2006).

Luvisoles

En el estado de Tabasco, los Luvisoles son suelos rojizos característicos de lomeríos del Pleistoceno y del Terciario. Presentan pH que varía, de ligera a fuertemente ácido, y tienen un horizonte B árgico, enriquecido por arcilla aluvial de colores rojizos o grisáceos con moteados amarillentos y rojizos, colores pardos oscuros y colores amarillentos característicos de la Terraza o Planicie estructural de Macuspana localizada al este de Villahermosa y al norte, este y oeste de la ciudad de Macuspana. Son desarrollados y presentan una base de saturación mayor de 35%, que está caracterizado por un mayor contenido de arcilla que el horizonte superficial y además posee una moderada proporción de nutrientes.

El relieve de estas terrazas es de lomeríos ligeramente inclinados con valles proluviales entre las lomas. Estos suelos están exentos de inundaciones y su uso más recurrente es de pastizales para la ganadería de bovinos y acahuales.

En el municipio de Centro, los Luvisoles se localizan en la zona sur y este. El aeropuerto de Villahermosa y las ciudades de Macuspana, Teapa y Tenosique, están creciendo sobre estos suelos (Zavala et al., 2006).

Fluvisoles

Se encuentran distribuidos casi en todo el Estado en forma paralela a los cauces de los ríos y arroyos. Presentan buena permeabilidad, son profundos, de texturas medias o medias sobre gruesas, ricos en nutrimentos y materia orgánica, considerados como los mejores suelos del Estado. Sin embargo, algunos se ubican en "vegas de río" que son inundables temporalmente en la época de lluvias y por lo tanto presentan fenómenos de gleyzación, pero con buenos contenidos nutrimentales (Palma y Triano, 2006).

Son suelos que tienen material flúvico que comienza dentro de los 25 cm desde la superficie y continúa hasta una profundidad de por lo menos 50 cm. No tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte hístico, mólico, ócrico, takírico, úmbrico, yérmico, sálico o sulfúrico. El material flúvico se deriva de la acumulación de sedimentos fluviales en las planicies adyacentes a los cauces de los ríos mediante inundaciones recurrentes.

De esta manera, los suelos formados a partir de la deposición de los ríos caudalosos en forma de aluviones en el municipio de Centro se ubican en las llanuras aluviales altas y a lo largo de los cauces de los ríos Viejo Mezcalapa y Grijalva (Zavala *et al.*, 2006).

Histosoles

Los Histosoles son diferentes a los demás suelos por sus características y propiedades, ya que son los únicos suelos orgánicos. Presentan contenidos nutrimentales extremadamente altos (Palma y Triano, 2006).

En el municipio de Centro, este tipo de suelo se encuentra en una proporción inferior al 0.5% tal como puede observarse en el mapa de edafología y el cuadro 3.4.

Los Histosoles se distribuyen en las partes bajas del Estado, encontrándose en algunos casos asociado a las subunidades Gleysoles éutricos y Gleysoles mólicos, por lo que pueden ocupar una mayor superficie.

3.6
Hidrología, Cuencas y Subcuencas

El territorio del estado de Tabasco está conformado en 35% por Llanos fluviales del Reciente y casi 34% por Terrazas fluviales del Pleistoceno (West *et al.*, 1985), de los cuales una parte importante son áreas de inundación (Osorio, 2005).

El sistema hidrológico con que cuenta el Estado es de alta complejidad, cuya cuenca está considerada por sus 130,000 km^2 y un escurrimiento medio anual de 100,000 millones de m^3 entre las siete más caudalosas del planeta, en la que destacan los ríos Grijalva y Usumacinta (Tudela, 1989:114).

El Estado pertenece a la región hidrológica 30 Grijalva-Usumacinta, forma parte de la Región Hidrológica Administrativa XI, Frontera Sur; esta última abarca los estados de Tabasco, Chiapas, tres municipios de Oaxaca y uno de Campeche. Por su amplitud se subdivide a su vez en ocho subregiones (Programa Hidráulico Regional, 2003: 15) y está ubicada dentro de las subcuencas Norte del Chilapa, río Carrizal, río Grijalva, río Viejo Mezcalapa, río de la Sierra y río Samaria (Ortiz *et al.*, 1994).

La Región Hidrológica 30 Grijalva-Usumacinta se divide en las cuencas: a) Río Usumacinta, c) Laguna de Términos y d) Río Grijalva-Villahermosa. La cuenca Grijalva-Villahermosa, se subdivide a su vez en 18 subcuencas, entre las cuales la ciudad de Villahermosa forma parte de las subcuencas: A) Río Grijalva, C) Río Mezcalapa y W) Río Carrizal. El volumen de los escurrimientos de la cuenca del Río Grijalva-Villahermosa en el Estado es de 10,586.60 mm^3 anuales (INEGI, 2001).

Tabasco presenta tres complejos sistemas hidrográficos: el fluvial, lacustre y litoral. Estos complejos son el resultado de la acción integrada de factores climáticos, topográficos y marinos que a través del tiempo se han manifestado sobre el medio geográfico-natural. Su estudio permite entender parte del desarrollo morfológico que ha ocurrido sobre la superficie terrestre de la entidad. West *et al.* (1985), afirman que el sistema fluvial a través de sus poderosos procesos, ha determinado el origen de la mayor parte de las formas del terreno en el estado de Tabasco.

Sistema Fluvial

El sistema fluvial de Tabasco forma parte de las cuencas media y baja de los ríos más caudalosos de la República Mexicana (Grijalva y Usumacinta), los cuales drenan cerca del 30% de los recursos hídricos del país. Este sistema se encuentra claramente definido en las tierras altas de Chiapas y Guatemala, en donde se originan; pero al entrar a los llanos aluviales de Tabasco los cursos principales tienden a bifurcarse, unirse y/o desbordarse y en la mayoría de los casos han modificado su rumbo. Esta característica tan particular de los ríos de la entidad hace que la planicie aluvial año con año esté sufriendo un proceso de sedimentación acelerado, debido a la recepción de materiales transportados de las partes altas de los lomeríos y sierras, a las partes bajas de la planicie, conformándose en esta última un patrón de drenaje 'meándrico', típico de Tabasco (Larios y Hernández, 1987).

El río Grijalva presenta, antes de llegar al mar, diversas bifurcaciones de sus escurrimientos en canales, esto ha dado lugar a la formación de marismas y zonas palustres como las que se encuentran localizadas al norte de la ciudad de Villahermosa, donde son abundantes los pantanos y cuerpos de agua de fondos someros interconectados por canales (INEGI, 2001).

El curso y caudal del río Grijalva históricamente se ha caracterizado por su gran dinamismo, lo que ha generado la formación de "rompidos" o divagaciones que han afectado el sistema ecológico de la región. Los rompidos se generan por las intensas lluvias y la saturación de agua del suelo en combinación con las grandes avenidas provenientes de la cuenca alta. Las propias condiciones hidrológicas del municipio de Centro y de la ciudad de Villahermosa se alteraron sustancialmente

desde el rompido de 1675 cuando se cegó el cauce del río Mezcalapa desviando las aguas hacia el brazo que pasaba por la antigua San Juan Bautista (Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Villahermosa y Centros Metropolitanos del Municipio de Centro, Tabasco 2008-2030, 2009).

La formación de rompidos por la inestabilidad que caracteriza la parte baja del sistema Grijalva-Mezcalapa, ha sido recurrente a lo largo de la historia de Tabasco, afectándose particularmente a la ciudad de Villahermosa por sus peculiares condiciones, urbanas, topográficas e hidrológicas. Entre las reseñas más representativas hechas por Tudela, se encuentra la de 1675 conocida como "rompido de Nueva Zelandia", la de 1881 denominada "rompido de Manga de Clavo" que orientó las aguas del río Mezcalapa por el río Carrizal o González, en perjuicio del río Viejo; en 1940 el "rompido de la Pigua" que provocó que las aguas del río Medellín volvieran a unirse al Grijalva; en 1932 el "rompido de Samaria" que cegó el río Carrizal y condujo las aguas del Mezcalapa hacia la zona denominada "Olla de la Chontalpa" considerada como la zona más productiva del Estado. En 1940 se formó el "rompido del Cañas" que revirtió la desviación de aguas que había generado el "rompido de Samaria" y las regresó al río Medellín. En 1952 se formó el "rompido del Veladero" y en 1955 el denominado "Boca de Zavala" generado por el desbordamiento del río Carrizal (Tudela; 1989: 116).

Tanto el sistema Grijalva como el Usumacinta comparten una desembocadura común a través de la barra de Frontera, ubicado en la porción noreste del litoral tabasqueño, en el Golfo de México. El primero drena al suroeste de Tabasco, y tiene como tributarios los ríos Pichucalco, Teapa y Macuspana y ha sido el sistema fluvial más dinámico y el responsable de la mayor parte de la inundación de los llanos aluviales en la planicie de la Chontalpa, debido a que su red tributaria ha sufrido cambios en el curso de la historia. El más importante de estos virajes fluviales ocurrió a principios del siglo cuando el rumbo original sur-norte del río Mezcalapa cambió hacia el este, a la altura de Huimanguillo, dejando un cauce abandonado denominado en la actualidad "río Seco" (Larios y Hernández, 1987).

El sistema Usumacinta drena la zona oriental de Tabasco, y sus tributarios son los ríos Palizada, San Pedro y San Pablo. La mayor parte de su volumen se dirige hacia el noreste para luego unirse al Grijalva en el sitio denominado 'Tres Brazos'. Este sistema ha sido relativamente más estable que el Grijalva, evidenciándose tal afirmación por el hecho de que la acción del Grijalva ha conformado un patrón geomorfológico de terrazas y planicies semi-inundables, en tanto que el Usumacinta ha generado solamente bajos inundados en la mayor parte de su área de influencia (Larios y Hernández, 1987).

Sistema Lacustre

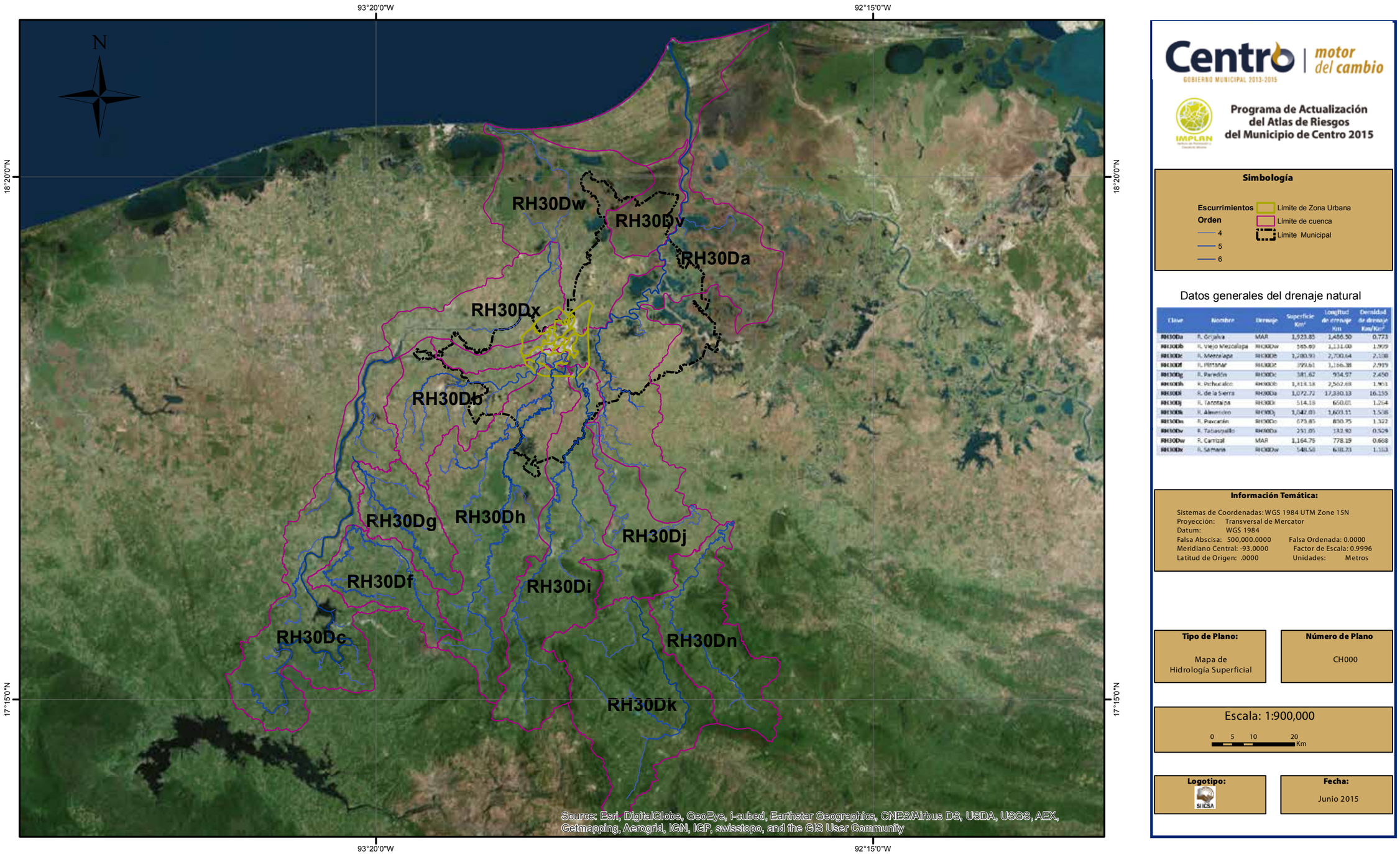
Son depósitos estancados de agua en forma de pantanos y lagos sin propiedades de diagnóstico de salinidad, en donde se conforma un ambiente netamente acuático. Particularmente en Tabasco existen los siguientes tipos: 1) Pantanos entre diques o "barales" entre Terrazas aluviales de las áreas bajas del Usumacinta y Grijalva; y 2) Lagos al margen de Terrazas del Pleistoceno, configurados en forma irregular a lo largo de los puntos de contacto entre las formaciones aluviales recientes y los sedimentos antiguos del Pleistoceno (Larios y Hernández, 1987).

El sistema lacustre para el municipio de Centro está conformado por un conjunto de lagunas. Hacia el noroeste, pasando el libramiento carretero Arco Noroeste y casi paralelo a este, corren los ríos Guayabal y Guatope, cuyos alrededores se encuentran salpicados por un conjunto de pequeños cuerpos de agua.

Al sur de la mancha urbana se encuentra una mayor densidad de cuerpos de agua. Al suroeste en vecindad con el fraccionamiento La Mandarina se encuentra la laguna El Chape y en colindancia con las colonias Benito Juárez y Santa Elena la laguna Covadonga. Al sureste, en la zona de Preservación Ecológica Parrilla, acompaña el sinuoso recorrido del río Pichucalco en sus dos márgenes, una densa trama de pequeños cuerpos de agua. En la zona de confluencia del río Mezcalapa con el río Pichucalco y con el Grijalva se encuentra la laguna Santa Julia; pasando el río Grijalva se localiza otra densa trama de cuerpos de agua entre los que destaca la laguna Santa Rosa localizada fuera de los límites de la zona de Reserva Ecológica Parrilla y a la altura de la segunda sección del asentamiento Parrilla (INEGI, 2001).

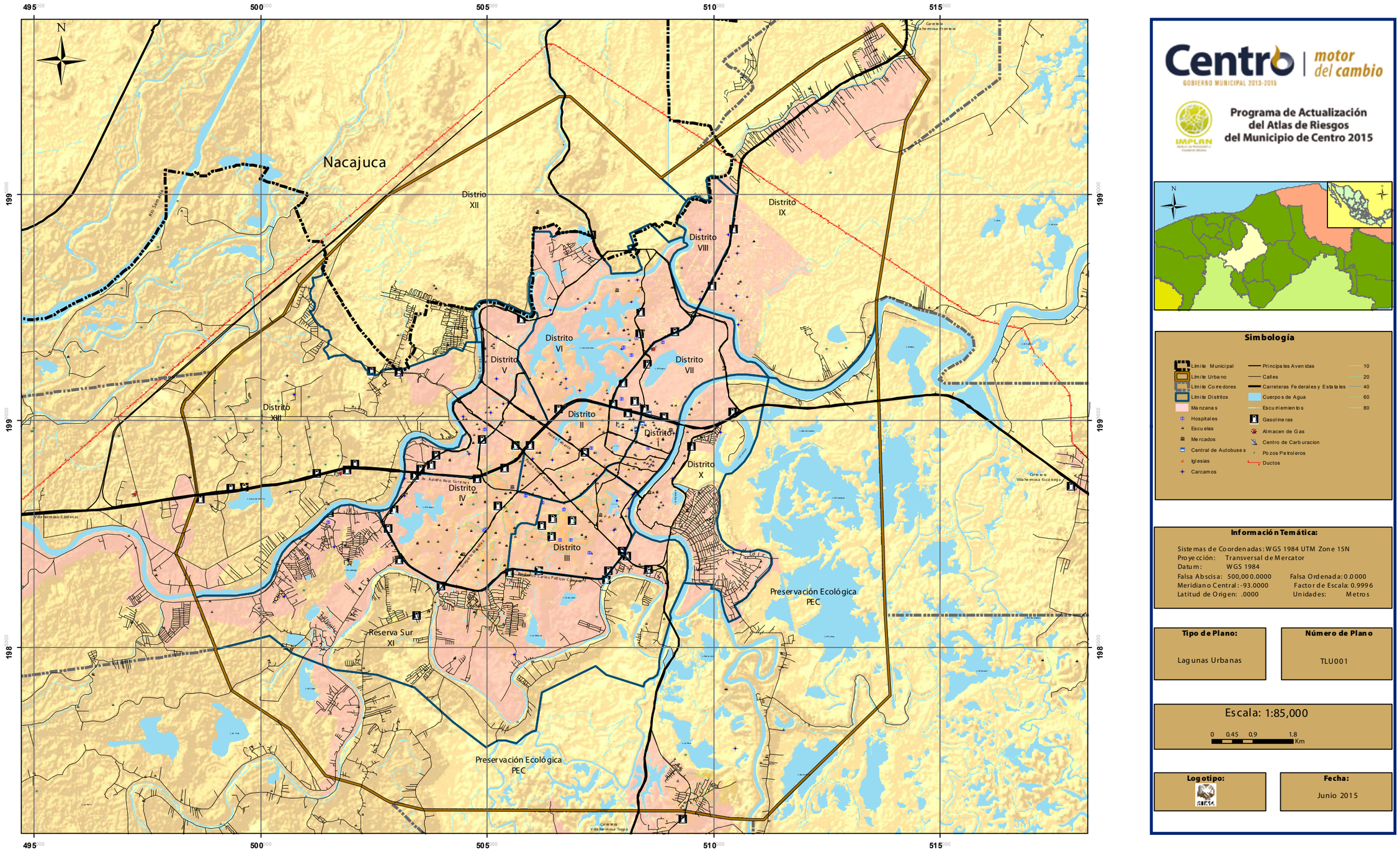
Hacia el norte de la laguna Santa Rosa y a la altura de la primera sección de Gaviotas del Sur se localiza la laguna Cuy, cuya porción sur queda fuera del límite del Área de Preservación Ecológica Oriente; no obstante, la mayor parte de ella queda al interior de dicha área de preservación.

Al noroeste de la laguna Cuy y en vecindad a la colonia La Manga III se encuentra la laguna El Camarón cuya sección oeste queda fuera del área de preservación Ecológica Oriente. Al norte de la laguna del Cuy y junto a la Carretera Federal 180 Circuito del Golfo que conduce al Aeropuerto de la ciudad de Villahermosa, se localiza una pequeña laguna denominada Barro Amarillo.



Clave	Nombre	Drenaje	Superficie Km²	Longitud de drenaje Km	Densidad de drenaje Km/Km²
RH30Da	R. Grijalva	MAR	1,923.85	1,486.50	0.773
RH30Db	R. Viejo Mezcalapa	RH30Dw	565.69	1,131.00	1.999
RH30Dc	R. Mezcalapa	RH30Db	1,280.93	2,700.64	2.108
RH30Df	R. Pirtanar	RH30Dc	399.61	1,166.38	2.919
RH30Dg	R. Paredón	RH30Dc	381.62	934.97	2.450
RH30Dh	R. Pichucalco	RH30Db	1,414.18	2,562.68	1.901
RH30Di	R. de la Sierra	RH30Da	1,072.72	17,330.13	16.155
RH30Dj	R. Tacotalpa	RH30Di	514.18	650.01	1.264
RH30Dk	R. Almendro	RH30Dj	1,042.03	1,603.11	1.538
RH30Dn	R. Pixcatán	RH30Dn	673.85	890.75	1.322
RH30Dv	R. Tabasquillo	RH30Da	251.05	132.92	0.529
RH30Dw	R. Carrizal	MAR	1,164.75	778.19	0.668
RH30Dx	R. Samaria	RH30Dw	548.56	638.23	1.163

Mapa 3.5. Hidrología superficial del municipio de Centro.



Mapa 3.6. Lagunas urbanas del municipio de Centro.

Respecto al sistema lacustre existente al interior del área urbana, la Dirección de Ecología de la Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas (antes SCAOP) tiene identificadas 13 lagunas, algunas de las cuales son intermitentes contando con espejo de agua sólo durante la temporada de lluvias y en algunos meses del estiaje. La intermitencia se encuentra determinada por el régimen pluviométrico y los índices de evaporación y filtración. Este conjunto lacustre cumple una importante función como vasos reguladores (Actualización del Programa de Desarrollo Urbano de la Cabecera Municipal; 1992:11).

Al norte de la Ciudad destaca la laguna de las Ilusiones por su amplia extensión, y al este se encuentra la laguna del Negro. Hacia el suroeste, en el Distrito IV se encuentra la laguna El Espejo, hacia el sur entre el río Mezcalapa y el Periférico Carlos Pellicer Cámara se encuentra la laguna de La Aduana. En el Distrito III, se localiza la laguna La Pólvora y a la misma altura pero en dirección al este, en la colonia Gaviotas Norte se ubica la Laguna Encantada (Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Villahermosa y Centros Metropolitanos del Municipio de Centro, Tabasco 2008-2030, 2008).

Evolución de los escurrimientos superficiales

La dinámica hidrológica de la región, así como la dinámica de la cuenca Grijalva - Villahermosa, ha tenido sobre el medio ambiente importantes alteraciones de carácter natural y de carácter antrópico. Entre estas últimas, la combinación del proceso histórico de deforestación ocurrida en el Estado, las obras de infraestructura hidrológica y los trazos carreteros, han incidido en la generación de alteraciones importantes en los ecosistemas de la región y en la propia configuración del subsistema hidrológico, con lo cual se ha acentuado la vulnerabilidad de los asentamientos de la región, del municipio de Centro y específicamente de la ciudad de Villahermosa. La historia de las inundaciones de 1927, 1932, 1944, 1952, 1955, 1959,1963, 1969, 1973,1980 (Tudela; 1989:118) y las más recientes ocurridas en 1999, 2007 y 2011 así lo demuestran.

El municipio de Centro y particularmente Villahermosa se encuentran sujetos a constantes inundaciones debido a las condiciones que presenta el medio natural en el que se asientan. Así, el elevado régimen de lluvias, la topografía del lugar con escasas pendientes, la baja y moderada permeabilidad de los suelos y la impermeabilidad de los estratos rocosos han ayudado a la generalización de las condiciones de inundación de la Ciudad, según se hicieron patentes en el desbordamiento de los ríos Grijalva, Carrizal, Usumacinta, Samaria y la Sierra, ocurridos en 1999 como consecuencia de las altas precipitaciones que afectaron la región Sur-Sureste del país y el norte de Guatemala, afectando además del municipio de Centro, a 15 municipios más.

En Villahermosa el desbordamiento del río Grijalva afectó las zonas habitacionales situadas sobre su margen derecha: Gaviotas Norte y Sur y La Manga I, II y III. En tanto que el Carrizal afectó una mayor área urbana: fraccionamientos Carrizal, Espejo I y II, Campestre y gran parte de la zona Tabasco 2000 (Crónica de la Ciudad de Villahermosa).

Adicional al impacto de la acción combinada de todos los factores naturales señalados en párrafos anteriores, el proceso de expansión acelerada que desde los ochentas ha tenido la capital del Estado, agrava la situación (Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Villahermosa y Centros Metropolitanos del Municipio de Centro, Tabasco 2008-2030, 2009).

No obstante, si bien es cierto que la ciudad de Villahermosa se proyecta como un foco financiero importante en el sureste mexicano, también lo es que enfrenta serios problemas por la presencia de tres tendencias territoriales que crean condiciones de posibilidad para la emergencia de la vulnerabilidad. La primera tendencia es la construcción de infraestructura hidráulica que comprende un amplio sistema de bordos y puentes para la protección de la Ciudad a raíz de los desastres ocurridos en las inundaciones de 1999, 2007 y 2011. Estas obras, diseñadas para el control de los ríos, no sólo han modificado el espacio de la fase periurbana, sino también las formas de acceso a los recursos y las relaciones intralocales (Marín, 2013).

En efecto, en los últimos años la cantidad de bordos de protección contra inundaciones ha crecido en forma importante no solo en extensión sino también en altura, lo que ha limitado el espacio natural que tienen los cuerpos de agua para su desbordamiento.

A pesar de la intención con que fueron construidos estos bordos, actualmente se sufre un efecto no previsto de los mismos, y es que debido a la presencia de las referidas construcciones, el escurrimiento natural de las aguas pluviales hacia los cuerpos de agua superficiales ya no puede llevarse a cabo, debido precisamente a la presencia de los bordos que actualmente constituyen también una barrera para el paso natural del agua, encajonándola y limitando la escorrentía habitual hacia

Laguna de las Ilusiones. Fotografía Galindo, *et al,* 2013.

sus cauces naturales, provocando frecuentemente que las áreas que se encuentran detrás de los bordos de contención (generalmente asentamientos humanos) se inunden por encharcamientos.

Este fenómeno ha permitido el anegamiento y retención de agua en muchas zonas, lo que colateralmente ha generado cambios en cuanto a los tiempos de exposición siendo ahora más prolongados y en consecuencia se ocasionan mayores daños a los bienes de la población (Galindo *et al.*, 2015).

De esta forma, las acciones que se han realizado para evitar las inundaciones en el territorio debido al desbordamiento de ríos en época de lluvias cuando se tienen las grandes avenidas de agua, irónicamente se han convertido parcialmente, en responsables de las actuales inundaciones por anegación.

Una estrategia implementada como respuesta a la inundación del 2007 fue la construcción de la compuerta del Macayo, misma que desvía una gran parte de los escurrimientos del sistema Mezcalapa hacia el río Samaria. Cabe señalar que la construcción de esta compuerta ya se encontraba dentro de los planes del PICI (Proyecto Integral de Control de Inundaciones) aunque la obra no se había iniciado. Es hasta el año 2008 cuando el PICI cambia de nombre pasando a ser Programa Hídrico Integral de Tabasco (PHIT) que toma impulso y se inicia entonces con las obras que ya se tenían planeadas para la entidad, comenzando con el mantenimiento de los bordos de contención que ya existían, construyendo nuevos bordos, así como ventanas de alivio y desde luego se da inicio a la construcción de la compuerta el Macayo.

Otra importante obra de infraestructura que se realizó para dar seguridad a la ciudad de Villahermosa es la construcción de dos escotaduras en la margen derecha del Río de la Sierra, que desvían un importante caudal de este hacia la zona de humedales del oriente de la Ciudad. Este caudal se deriva en parte, al mismo río en la zona de los Zapotes y otra parte hacia las áreas de humedales por la zona de los Aztlanes. Una segunda tendencia son las exploraciones llevadas a cabo por PEMEX al occidente del río Pichucalco, que se une con el río de la Sierra a la altura de la población La Majahua, para desembocar juntos en el río Grijalva. La trayectoria de ambos ríos antes de su desembocadura en el Grijalva se encuentra rodeada por un vasto sistema lagunar interconectado.

La tercera tendencia la constituyen los planes de desarrollo de viviendas orientados hacia los corredores Villahermosa - Ocuiltzapotlán (carretera a Frontera), Villahermosa - Dos Montes (carretera a Macuspana) y Villahermosa - Parrilla (carretera a Teapa). Sin embargo, en estas zonas existe un complejo sistema de cuerpos lagunares que sirve para regular los volúmenes de agua procedentes del río de la Sierra y del río Grijalva, muchos de los cuales se han modificado no sólo en tamaño, sino que también han mostrado una reducción en su profundidad de hasta 50 centímetros, alterando los niveles topográficos y de escurrimientos (Marín *et al.*, 2012).

3.7
Clima

El clima es uno de los componentes del medio natural que presenta mayor estabilidad, puesto que las variaciones a gran escala requieren por lo general de períodos largos de tiempo para manifestarse. Sin embargo, la histórica depredación del medio ambiente ocurrida en Tabasco ha generado alteraciones a escala micro-climática que los habitantes resienten como intensificación del calor y prolongación de la época de seca (Tudela, 1989: 354).

De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973), el clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Am (f) prevalece en todo el municipio de Centro, excepto en su parte más meridional. El 94.26% del territorio municipal cuenta con clima Am (f) y solo en la parte sur, se encuentra en una pequeña área de forma triangular donde se registra un clima cálido húmedo con lluvias todo el año Af (m). Esta pequeña sección solo constituye el 5.75% del área municipal.

De acuerdo con datos de la estación meteorológica de Villahermosa (27-022) el Municipio presenta una temperatura media anual de 27.5°C, siendo el período comprendido entre abril-septiembre el más cálido del año con temperaturas promedio de 28°C.

Dentro de este periodo se destaca el mes de mayo, como el más cálido, con una temperatura promedio de 30°C, alcanzando una máxima promedio mensual de 35.4 °C y una máxima diaria de 43.5 °C. El período más frío corresponde a los meses de octubre a marzo en los que la temperatura promedio es de 25.9°C, siendo enero el mes más frío con 24.1°C. La temperatura mínima extrema registrada es del orden de los 11°C (INEGI, 2006; PO, 2009).

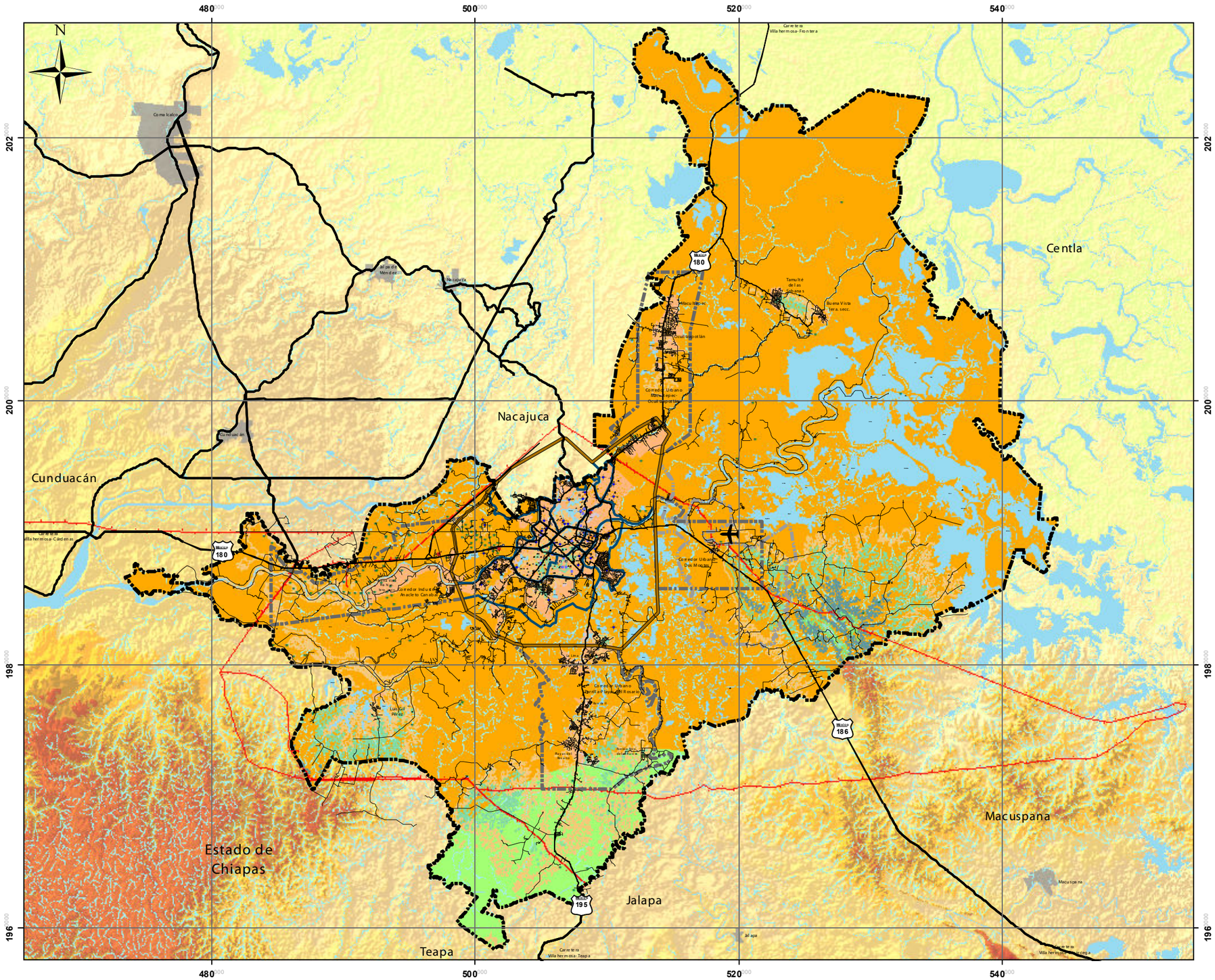
Respecto al régimen de lluvias, se caracteriza por presentar elevados niveles de precipitación, siendo el promedio total anual de 2 200 mm, situación determinada por el paso de masas de aire tropical provenientes del Mar Caribe, el Golfo de México y el Océano Pacífico. El período de mayor régimen pluvial va de junio a noviembre con una precipitación media mensual de 238.8 mm, siendo septiembre el mes más lluvioso con una valor promedio de 323.8 mm; en tanto que los meses más secos son marzo y abril con una precipitación promedio mensual de 37.6 mm, ocurriendo la mínima incidencia en abril, con un valor promedio de 34.4 mm (SMN, 2015).

La precipitación anual se registra con un promedio de 1 992 mm con valores máximo promedio para los meses de agosto, septiembre y octubre de más de 600 mm. La precipitación máxima registrada para un periodo de 24 horas es de 254 mm. Las mayores velocidades del viento se concentran en los meses de octubre y noviembre, llegando a alcanzar hasta los 30 km/h. Por el contrario, las menores velocidades se hacen presentes hacia los meses de noviembre y diciembre, siendo de 18 km/h en promedio.

Tipos de Clima	km²	%
Af-(m) Cálido húmedo con abundantes lluvias todo el año	119.74	7.2
Am-(f) Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano	1541.73	92.7
	1663.14	100%

Cuadro 3.5. Tipos de clima para el municipio de Centro. (Inegi, 1994).

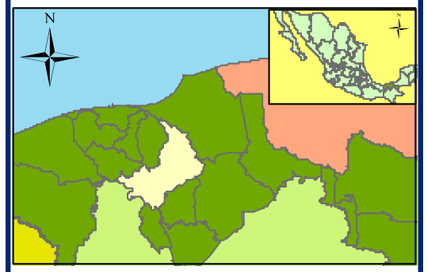
Tormenta en la Ciudad de Villahermosa. Fotografía de Grupo Presente Multimedios.



Centro | motor del cambio
GOBIERNO MUNICIPAL 2013-2015

IMPLAN

Programa de Actualización del Atlas de Riesgos del Municipio de Centro 2015



Simbología

- Cálido Húmedo con Abundantes Lluvias todo el Año
- Cálido Húmedo con Abundantes Lluvias en Verano
- Límite Municipal
- Límite Urbano
- Límite Corredores
- Límite Distritos
- Límite Cd. Esmeralda
- Manzanas
- Hospitales
- Escuelas
- Mercados
- Central de Autobuses
- Iglesias
- Carcamos
- Principales Avenidas
- Calles
- Carreteras Federales y Estatales
- Cuerpos de Agua
- Escurrimientos
- Gasolineras
- Almacen de Gas
- Centro de Carburacion
- Pozos Petroleros
- Ductos
- 10
- 20
- 40
- 60
- 80

Información Temática:

Sistemas de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 15 N
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984
Falsa Abscisa: 500,000.0000 Falsa Ordenada: 0.0000
Meridiano Central: -93.0000 Factor de Escala: 0.9996
Latitud de Origen: .0000 Unidades: Metros

Tipo de Plano:
Mapa de Climas

Número de Plano
TCLMUN001

Escala: 1:340,000
0 2.5 5 10 Km

Logotipo:

Fecha:
Junio 2015

Mapa 3.7. Clima del municipio de Centro.

3.8
Uso de Suelo y Vegetación

El uso del suelo se define como el proceso de producción de bienes materiales para la alimentación, producción de instrumentos de trabajo y todos aquellos objetos que permitan asegurar al ser humano su supervivencia, el que ocurre cuando éste se manipula físicamente (INEGI, 1989; Richters, 1995). Es una expresión clave que hace referencia a las intervenciones humanas en la naturaleza, se puede referir a un asentamiento urbano o a su zonificación prevista dentro de un plan de desarrollo urbano y sus reservas territoriales, así como a zonas habitacionales e industriales, centros de producción acuícola, complejos turísticos, muelles y puertos, campos agrícolas, potreros, áreas naturales protegidas y otros (Medellín, 2002).

En lo concerniente a la vegetación, en el estado de Tabasco esta sufrió un drástico deterioro entre 1940 y 1996. El área ocupada por las selvas y acahuales disminuyó un 72.3% pasando del 49.1% en 1940 al 13.6% en 1996.

Las selvas en condiciones de escasa perturbación llegaron a ocupar el 58% de la entidad. Desde su estado original (poco antes de la conquista española) hasta 1986, la selva registró una disminución del 94% de su área, y continuó disminuyendo de tal manera que, en 1996, sólo ocupaba el 3% del estado de Tabasco. La tasa de deforestación fue de –1.3% en el período 1940- 1986, y –3.17% entre 1986 y 1996, indicando que, aunque la superficie actual de selvas y acahuales es reducida, el ritmo de destrucción se ha acelerado (Palma y Triano, 2006).

El uso de la tierra que desplazó a la vegetación fue el pastizal; mientras que el primero, en el período 1940-1970, perdió 714,667 hectáreas, el segundo se expandió 849 291 ha. Los índices de deforestación de la selva en la última década han sido superiores a los mostrados en el resto de México, Centro América, América Latina y la zona tropical mundial (Toledo, 1990; Barrera, 1992; Richters, 1995; IRM, 1992).

Respecto a otros tipos de vegetación, en el periodo 1940-1996, la sabana mantuvo su área, y los acahuales perdieron superficie en los últimos 10 años.

Los manglares y la vegetación hidrófila registraron tasas anuales de deforestación de –0.18 y –0.1%. Actualmente, estas comunidades vegetales son las más importantes en Tabasco, ocupando el 29.2% de su territorio. Pero también han sufrido la presión del uso pecuario, transformándose lentamente en pastizales tolerantes a la salinidad y exceso de agua. Otra actividad que ha contribuido a la pérdida de manglar es la extracción selectiva de madera para carbón, cercas y construcción de casas (Palma y Triano, 2006).

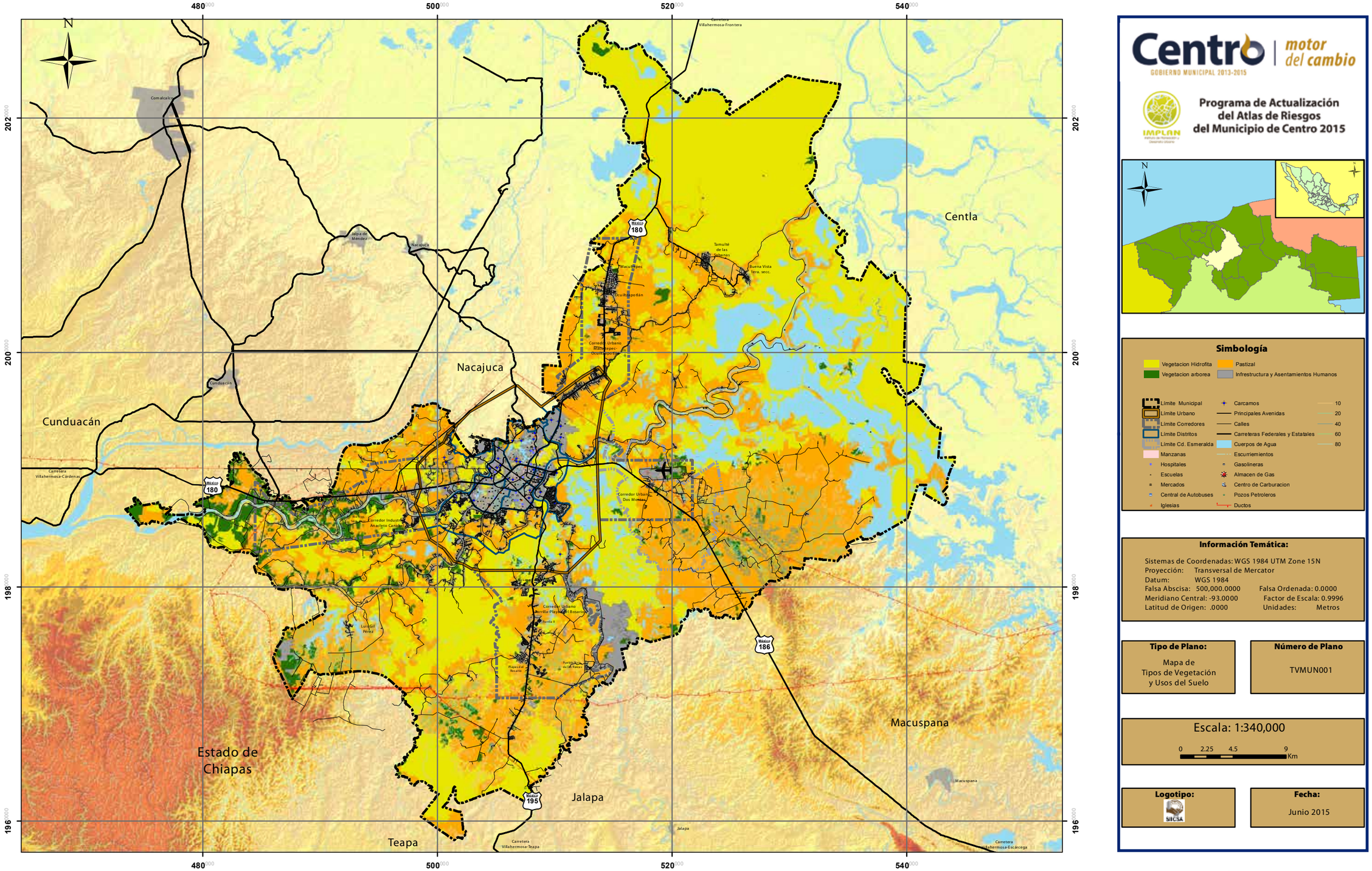
En las últimas décadas los usos urbano e industrial, principalmente la industria petrolera, han incrementado su superficie (0.5%) en el estado de Tabasco. La distribución de los usos del suelo varía con base en las condiciones fisiográficas de la entidad. En 1986, el INEGI reportó que las llanuras y pantanos tabasqueños (tierras ubicadas entre 0 y 50 msnm, que representan el 94.3% del Estado), registraron el 97.2% de la agricultura, el 94.9% de los pastizales, el 66.7 de las selvas, el 87.9% de los acahuales, el 99.6% de la sabana, y el 100% de manglares y comunidades hidrófilas de Tabasco. Las subprovincias fisiográficas Sierra Madre de Chiapas y Sierra Baja del Petén, apenas representan el 5.1% de los pastizales, y el 33.3% de las selvas y acahuales de la entidad.

En este sentido, es importante señalar que el territorio perteneciente al municipio de Centro no ha estado exento de esta problemática, ya que también ha experimentado una intensa deforestación debido a diversas actividades antropogénicas. Los causales antrópicos que se destacan por su magnitud son: establecimiento de desarrollos urbanos y suburbanos, asentamientos humanos dispersos; actividades de agricultura y ganadería; drenado y relleno de áreas inundables; descarga de contaminantes y aporte de sedimentos provenientes de los desarrollos urbanos y suburbanos y actividades desarrolladas por Petróleos Mexicanos.

El progreso de estas actividades a lo largo del tiempo, ha conducido a la desaparición de gran parte de su cobertura vegetal, quedando las formaciones vegetales reducidas a pequeños fragmentos, muchos de ellos con un elevado nivel de aislamiento. Así, la vegetación primaria terrestre del municipio esta reducida a muy escasos manchones y árboles aislados (Galindo *et al.*, 2009). Otro de los ecosistemas susceptibles al deterioro por factores antrópicos en esta región son las zonas inundables o humedales, que años atrás eran abundantes y con un destacado valor en riqueza de flora y fauna (Flores y Gerez, 1988). No obstante, se debe destacar que la vegetación riparia también ha sido fuertemente dañada e incluso en muchos casos prácticamente eliminada. Lo que en consecuencia ha favorecido el desborde marginal de ríos y asolvamiento de cauces.

En la reconstrucción de la distribución geográfica de los principales tipos de vegetación primaria en Tabasco aportada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, el área circundante a la ciudad de Villahermosa se caracterizaba por la presencia de selva mediana subcaducifolia y agrupaciones de hidrófitas; pasando este primer anillo en dirección a la parte norte y este, el territorio Tabasqueño tenía predominantemente selva baja subperennifolia y dunas costeras; en tanto que también pasando el primer anillo circundante a la ciudad de Villahermosa, pero hacia la parte sur y oeste existía selva alta perennifolia y selva alta subperennifolia (Tudela, La modernización forzada del trópico. El caso de Tabasco; 1989:368).

En las postrimerías de los años ochenta se observa una drástica alteración de la vegetación en el territorio aledaño a la ciudad de Villahermosa. En la carta estatal de vegetación y uso actual, para 1986, en el primer anillo de influencia de la ciudad de Villahermosa solo existen algunos manchones de manglar, popal-tular y ha desaparecido completamente la selva, habiéndose sustituido por pastizal halófilo, uso ganadero y pastizal inducido con uso pecuario así como pastizal cultivado secundario. Este último tipo de vegetación también se extiende hacia la parte sur y oeste, pasando el área de influencia inmediata, en detrimento de la biomasa vegetal. En la parte norte y este, allende el primer anillo mencionado, también desparece la vegetación silvícola original y el área se encuentra ocupada por manglar, popal-tular (Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Villahermosa y Centros Metropolitanos del Municipio de Centro, Tabasco 2008-2030, 2008).



Mapa 3.8. Vegetación y tipos de uso del suelo del municipio de Centro.

Uso de suelo

El principal uso del suelo en el estado de Tabasco es la ganadería bovina extensiva. Esto se aprecia claramente al observar que los pastizales y la vegetación natural de sabana ocupan el 42.38% de la superficie estatal (Palma y Triano, 2006). Por su parte, la agricultura de temporal y la permanente ocupan el 11.1%. Asimismo, la vegetación de selva alta perturbada y los acahuales en regeneración representan en la entidad el 10.97% de la superficie total. Al respecto es importante señalar que los acahuales o vegetación secundaria es una superficie variable que refleja los cambios en la economía y tendencias de uso del suelo al disminuir y aumentar con el paso del tiempo.

En este sentido cabe señalar que en los últimos años, muchos pastizales se han acahualado como parte del abandono del campo y la baja en las actividades pecuarias. Por otra parte, la vegetación hidrófila y los manglares ocupan el 29.17% de la superficie del Estado en las zonas de humedales o bajiales. Los cuerpos de agua ocupan el 5.88% y la zona urbana ha ido creciendo, ocupando actualmente más de 12,000 ha.

En lo que respecta al Municipio, se elaboró el mapa de uso actual del suelo a partir de un proceso de análisis de percepción remota de imágenes Landsat 8 del 2014 descargadas de la fuente oficial. Con ellas se elaboró el mapa correspondiente. De acuerdo con el mapa de vegetación y uso del suelo elaborado para este trabajo, el suelo del municipio de Centro se encuentra distribuido en los siguientes usos:

La infraestructura municipal, así como los asentamientos humanos se encuentran establecidos en un espacio geográfico dentro del municipio que corresponde únicamente al 6.24% de su territorio. El 12.32% del total del suelo de este municipio que equivalen a 204.95 km^2 se encuentran cubiertos por diversos cuerpos de agua; la vegetación arbórea ocupa únicamente el 3.97% del total del suelo, lo cual confirma lo señalado por Galindo y colaboradores (2009), cuando mencionan que las formaciones vegetales se encuentran reducidas a pequeños fragmentos en el municipio, muchos de ellos con un elevado nivel de aislamiento. Así, la vegetación primaria terrestre del municipio esta reducida a muy escasos manchones y árboles aislados.

Los pastizales son los que se encuentran en mayor proporción en el Centro, al cubrir una extensión de 646.45 km^2 (38.86%). Esta información concuerda con lo presentado por Zavala *et al.* (2006); Galindo *et al.* (2009) y Palomeque (2010), quienes indican que la mayor extensión del municipio está dedicada principalmente a las actividades agropecuarias, destacando el pastizal cultivado e inducido como el que mayor área ocupa y que se destina principalmente para la ganadería de bovinos, seguido muy de lejos por la agricultura.

Zavala *et al.* (2006) apuntan que en el Municipio los pastos que sobresalen por su importancia como fuente de alimento para el ganado son: el estrella africana (52.0%), remolino (41.7%) y alicia (41.7%). Otros pastos que se cultivan aunque en menor proporción son: el chontalpo (13.4%), egipto (8.5%), humidícola (8.5%), grama amarga, bermuda, cabezón, zacate dulce, zacate de agua y alemán.

La vegetación hidrófila como puede verse en el cuadro 3.6 tienen también una presencia muy importante en el espacio municipal, al ocupar el 38.50% del área geográfica total. Sin embargo, es relevante señalar que aunque sigue siendo importante la presencia de este tipo de vegetación, sus poblaciones se han visto disminuidas principalmente por el establecimiento de asentamientos humanos, carreteras, centros comerciales, bordos de contención, entre otros, que han implicado el relleno de algunos cuerpos de agua y zonas de amortiguamiento donde esta vegetación tiene presencia. No obstante que el paisaje del Municipio ha sido transformado fuertemente, las áreas con vegetación aún continúan teniendo una buena presencia, ya que en suma representan más del 80% del territorio total municipal; el uso del suelo empleado para la parte urbana solo de la ciudad de Villahermosa abarca el 6.24%; mientras que los diversos cuerpos de agua que forman parte del típico paisaje tabasqueño constituyen el 12.32%.

Uso actual	km^2	%
Patizal	921,049.9	37.21
Sabana	28,000.0	5.17
Agricultura de temporal	64,937.5	2.62
Agricultura permanente	209,906.2	8.48
Selva alta perennifolia	74,406.3	3.01
Acahuales	196,937.4	7.96
Vegetación hidrófila	656,031.2	26.51
Manglares	65,812.5	2.66
Cuerpos de agua	145,434.3	5.88
Zona urbana	12,593.7	0.50
	1663.16	100%

Cuadro 3.6. Tipos de vegetación en el estado de Tabasco.

Uso actual	km^2	%
Cuerpos de Agua	204.95	12.32
Infraestructura y Asentamientos Humanos	103.82	6.24
Pastizal	646.45	38.86
Vegetación arbórea	66.04	3.97
Vegetación Hidrófila	640.42	38.61
	1663.16	100%

Cuadro 3.7. Usos del suelo en el municipio de Centro.

Vegetación

El mapa de vegetación y uso del suelo, muestra que en términos generales, el territorio municipal se encuentra cubierto por comunidades vegetales naturales e inducidas (Miranda y Hernández, 1963; Miranda 1958) reductos de selva media a baja perennifolia, vegetación hidrófila, pastizales y acahuales.

La mayor proporción de vegetación presente en el Municipio corresponde al pastizal, tanto cultivado como inducido. Este básicamente se encuentra dominado por la presencia de gramíneas cultivadas para la ganadería de bovinos con árboles esparcidos utilizados para sombra; entre estos pastos destaca la presencia del pasto estrella africana (52.0%), remolino (41.7%) y alicia (41.7%). Otros pastos que se cultivan aunque en menor proporción son: el chontalpo (13.4%), Egipto (8.5%), humidícola (8.5%), grama amarga, bermuda, cabezón, zacate dulce, zacate de agua y alemán (Echinochloa polystachya) (Zavala *et al.*, 2006), con presencia de árboles esparcidos utilizados para sombra. El pastizal se establece en espacios amplios y continuos, y representa el uso del suelo de mayor extensión (38.86%).

La vegetación arbórea cubre únicamente el 3.97% del territorio ocupado por el municipio de Centro, dentro del cual se incluyen los acahuales y la vegetación riparia.

Los acahuales son vegetación secundaria nativa que surge de manera espontánea en terrenos preferentemente forestales que estuvieron bajo manejo agrícola o pecuario en zonas tropicales y sirven de refugio para la fauna (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2005). Con el abandono de estas actividades productivas, los suelos inician un proceso natural de regeneración de su vegetación y se convierten en acahuales (Sarukhán, 1964).

La composición florística de un acahual varía de acuerdo con las etapas del proceso de regeneración. Cuando recién se abandona el terreno, se establecen plantas pioneras que inician el proceso de sucesión ecológica. En la siguiente fase prosperan las de crecimiento rápido y madera suave. Con el paso del tiempo, estas comunidades pueden llegar a ser estructural y florísticamente muy semejantes a los bosques originales, aunque en ocasiones llegan a conformar una vegetación totalmente diferente (Romero, 2000).

Los acahuales albergan especies arbóreas y arbustivas cuyas alturas varían entre 21 m (especies arbóreas) y 2 m (especies arbustivas). Algunas de las especies presentes en los acahuales del municipio de Centro son: cabeza de loro (*Pithecellobium lacelatum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), palo mulato (*Bursera simaruba*), cedro (*Cedrela odorata*), lecherillo (T*abernaemontana alba*), jolotzin (*Heliocarpus donnell*), guarumo (*Cecropia obtussifolia*), huesillo (*Faramea occidentalis*), pich (*Enterolobium cyclocarpum*), cesniche (*Lippia myriocephala*), pochote (*Cochlospermum vitifolium*), ceiba (*Ceiba pentandra*), cornezuelo (*Acacia cornígera*), cuajilote (*Parmentiera aculeata*), entre otros.

La vegetación riparia consiste de una asociación vegetal de varios árboles, arbustos y herbáceas que se localizan en las orillas del lecho menor de los ríos. La altura máxima que llegan a alcanzar estos árboles es de 15 m y tienen cierta restricción a las orillas de los ríos y arroyos, donde están sujetos a una constante fluctuación del nivel del agua (Zavala *et al.*, 2009).

Dadas las características de pendiente y los diferentes tipos de sustrato que depositan las corrientes fluviales de los ríos de la Sierra, del Viejo Mezcalapa y del Carrizal en las orillas del cauce, en el Municipio se localizan varias asociaciones de vegetación. Esta vegetación se localiza siempre en franjas estrechas en transición con la llanura aluvial alta de inundación. La anchura de estas franjas varía de 5 a 10 m conformando áreas compactas en la orilla del río. Las especies sobresalientes en la vegetación riparia del Municipio son: sauce (*Salix humboldtiana*), macuilis (*Tabebuia rosea*), *Hampea nutricia*, tinto (*Haematoxylum campechianum*), majahua (*Guazuma ulmifolia*), *Pithecellobium dulce* y pasto amargo (*Digitaria horizontalis)*.

Los reductos de selva media a baja perennifolia de amate (*Ficus sp.*) y guatope (*Inga sp.*) en asociación con sauce (*Salix chilensis*) y apompo (*Pachira aquatica*), se localizan a orilla de los ríos y lagunas de agua dulce.

Las comunidades de hidrófilas que ocupan el 38.5% del suelo del municipio, son reconocidas como vegetación acuática y subacuática por Rzedowsky (1981); Miranda y Hernández (1963) las dividen en tular, popal y carrizal; West *et al.* (1986) identifican dos comunidades: popalería y plantas acuáticas y flotantes. Según Novelo y Ramos (2005), la vegetación acuática del Estado se encuentra constituida por 1,028 registros de los cuales pertenecen a 116 familias, 340 géneros y 664 especies de plantas vasculares, de las cuales 10 especies están sujetas a protección especial, cuatro de ellas son manglares.

En el municipio, las asociaciones de comunidades hidrófitas más comunes que podemos encontrar son las de Typha spp., Scirpus spp. y Cyperus spp.; los popales, tulares y carrizales se encuentran bien representados; el manglar no es muy frecuente encontrarlo en el municipio, únicamente existen pequeñas comunidades en la porción norte del territorio hacia las colindancias con los municipios de Centla y Macuspana (Barba-Macias *et al.*, 2006).

Los popales y tulares se encuentran bien representados en el área de estudio. Una gran proporción de este tipo de vegetación se distribuye al norte y al este del municipio de Centro y en menor proporción al este de Villahermosa y a lo largo de del río Viejo Mezcalapa. También se localizan en pequeñas áreas distribuidas a lo largo de todo el Municipio.

Desde el punto de vista económico los tulares son de interés, ya que las plantas de Thypha y de Scirpus se emplean como materia prima para el tejido de petates y otros utensilios domésticos en el vecino municipio de Nacajuca. En muchos sitios se conservan por constituir el hábitat natural de numerosas especies de la avifauna de interés cinegético.

El impacto del hombre en este hábitat es de gran importancia debido a diversas actividades como desecación de cuerpos de agua para la transformación en zonas agrícolas, zonas comerciales y de asentamientos humanos, depósitos artificiales de agua, canales de riego, obras ingenieriles, exploración petrolera, entre otras.

3.9 Áreas Naturales Protegidas

En una extensión territorial de 24,747 kilómetros cuadrados, que representan el 1.3% del territorio nacional, el Estado de Tabasco alberga el 23% promedio de la biodiversidad nacional de vertebrados y el 53% de los humedales de agua dulce de la nación. Ante la amplia biodiversidad de Tabasco y por la necesidad de preservarla, en 1986 fue creado el Sistema de Áreas Naturales Protegidas del estado de Tabasco (SANPET). Este sistema comprende 11 áreas decretadas, de las cuales 10 son de carácter estatal y una de carácter federal (López, 2013).

Yumká

El Centro de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza Yumká se localiza en el municipio de Centro, geográficamente se encuentra entre las coordenadas 17º59′ 30′′ y 18º 00′ 40″ de latitud norte y 92º 48′ 10″ y 92º 48′ 50″ de longitud oeste, situándose aproximadamente a 16 km al este de la ciudad de Villahermosa, (carretera Villahermosa-Escárcega), tomando la desviación que conduce hacia el Aeropuerto Internacional C.P.A Carlos Alberto Rovirosa Pérez (Hernández, 1998).

De acuerdo con el decreto publicado en el Periódico Oficial de la Federación (1987), el Yumká cuenta con una superficie de 1,713.79 ha y pertenece a la categoría de Reserva Ecológica. Su fecha de decreto como Área Natural Protegida es el 19 de diciembre de 1987 (PO, 1987).

La estructura del bosque tropical del Yumká muestra en su dosel arbóreo a 37 especies que pertenecen, entre otras, a las familias de plantas mejor representadas en este nivel como las Meliáceas, Leguminosas y Arecaceaes.

Corresponde a una selva media subperennifolia de Corozo (*Sheelea liebmannii*), Guano Yucateco (*Sabal mexicana*) y Huapaque (*Dialium guianenses)*, que alcanzan una altura que fluctúa entre 25 y 30 m. En el estrato arbóreo y arbustivo se registran 37 especies; se encuentran coexistiendo con los dominantes, el ramón (*Brosimum alicastrum*), palo mulato (*Bursera simaruba*), cedro (*Cedrela odorata*), jobo (*Spondias mombin)*, cajón de venado (*Tabernaemontana chrysocarpa*), chichón (*Guarea chichon*), cascarillo (*Guarea glabra)* y huesillo (*Faramea occidentales*). El *Hirtella racemosa, Cynometra retusa, Acrocomia mexicana, Cymbopetalum penduliflorum, Nectandra Glabrescens, Prychoctria oerstediana* y de manera rara, *Brosium terrabunum*.

En el estrato herbáceo se distinguen *Heliconia latispatha, Piper ssp., Pithecoctetenium echinatum, Syngonium, Podophyllum, Begonia nelumbiifolia, Archirantes indical* y el helecho (*Adiuantum tetraphyllum*).

En las partes encharcadas, predominan en el estrato arbustivo *Bactris balanoidea* y *Bactris trichophulla*. La vegetación acuática o hidrófila se encuentra distribuida hacia la zona de la laguna en donde predomina el Jacinto (*Eichornia crassipes*) o Lirio acuático (*Eichornia azurera*) (Núñez, 2009).

Laguna de las Ilusiones

La Laguna de Las Ilusiones, ícono de la ciudad de Villahermosa y del estado de Tabasco, fue decretada como Reserva Ecológica el 8 de febrero de 1995. Se encuentra ubicada en la parte norte de la Ciudad en las coordenadas geográficas 18° 00′ de latitud norte y los 92° 56′, longitud oeste, y su extensión es de 259.27 ha que incluyen su zona federal. Esta Reserva es una laguna urbana que cuenta con especies nativas y en peligro de extinción (SERNAPAM, 2013). Presenta una profundidad promedio de 2 metros y en algunas de sus partes llega a tener hasta 4 metros de profundidad. Sin embargo, durante la época de lluvias, la profundidad de la laguna suele llegar hasta los 6 metros.

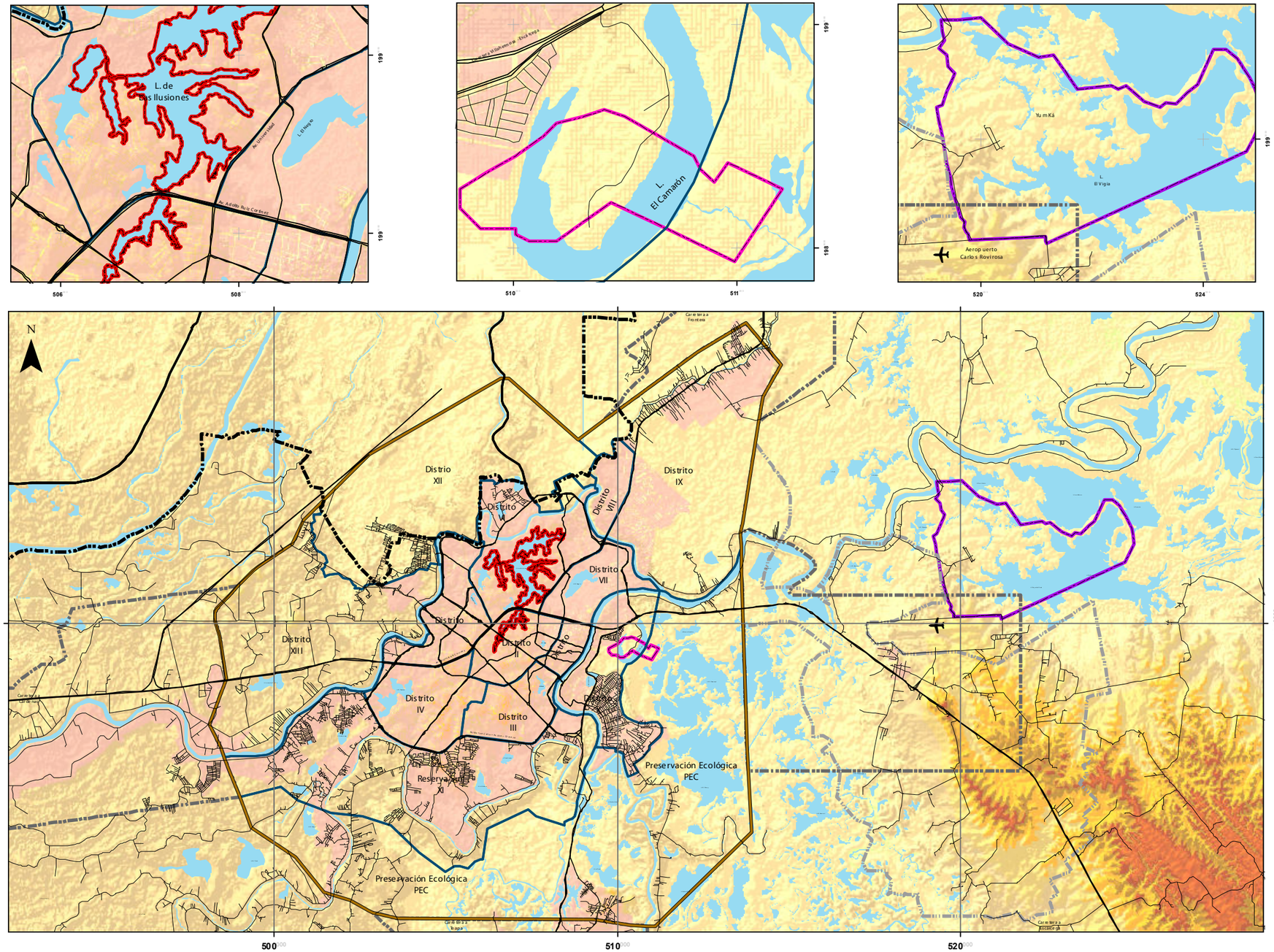
El nombre de laguna de "Las Ilusiones" fue acuñado a este cuerpo de agua por el entonces gobernador del estado Tomás Garrido Canabal en 1929, cuando ordenó la construcción de un parque en su margen norte, con la finalidad de albergar las ferias estatales.

Dicha reserva juega un papel significativo en el aspecto ecológico de la ciudad de Villahermosa, proporcionando bienes y servicios ambientales para la sociedad, como es contribución en el ciclo hidrológico al servir como receptor de aguas pluviales y la regulación del microclima de la Ciudad.

En el cuadro 3.7 Áreas Naturales Protegidas por Decreto, se encuentran todas las áreas del municipio de Centro que forman parte del SANPET hasta la publicación del presente documento.

Categoría y nombre del área	Municipio	Ha	Fecha Decreto	Características
Centro de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza | YUMKÁ	Centro	1713.79	19/Dic/87	Selva mediana perennifolia, laguna.
Parque Ecológico Laguna El Camarón.	Centro	70	5/jun/93	Laguna de zona inundable, vegetación hidrófita.
Reserva Ecológica Laguna Las Ilusiones.	Centro	259.27	8/Feb/95	Laguna urbana con especies nativas y en peligro de extinción.

Cuadro 3.8. Áreas Naturales Protegidas del municipio de Centro.

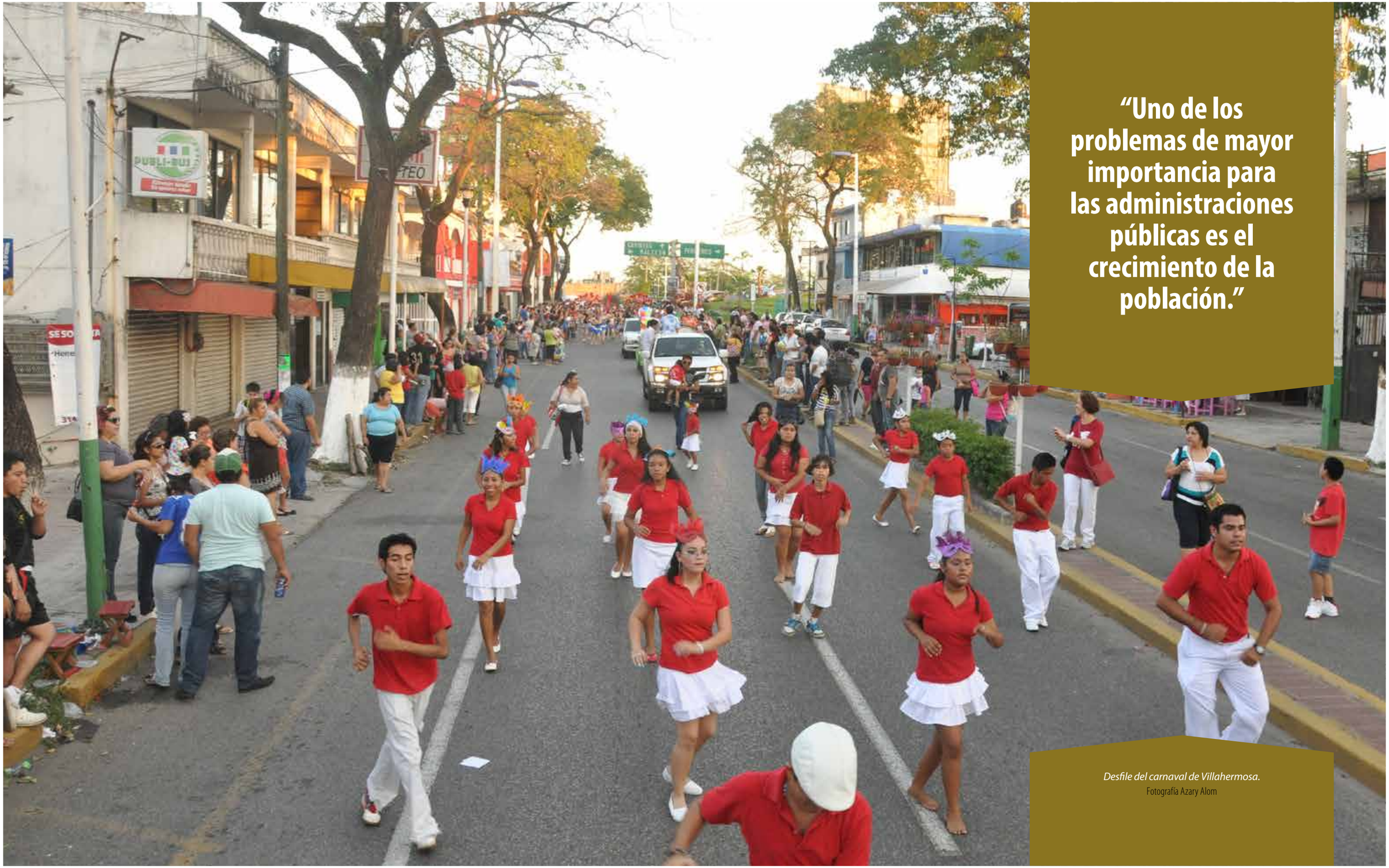

L. de Las Ilusiones
L. El Mayo
L. El Camarón
Yumká
L. El Vigía
Aeropuerto Carlos Rovirosa
N
Distrito XII
Distrito IX
Distrito VI
Distrito VIII
Distrito VII
Distrito I
Distrito II
Distrito III
Distrito IV
Distrito XIII
Distrito XI
Preservación Ecológica PEC
Preservación Ecológica PEC
Carretera Frontera
Carretera Villahermosa - Frontera
Carretera Villahermosa - Cárdenas
Carretera Villahermosa - Comalcalco
Carretera Villahermosa - Macuspana
Carretera Villahermosa - Tenosique
Carretera Villahermosa - Reforma
Carretera Villahermosa - Jonuta
Carretera Villahermosa - Emiliano Zapata
Carretera Villahermosa - Tapijulapa
Carretera Villahermosa - Teapa
Carretera Villahermosa - Tacotalpa
Carretera Villahermosa - Huimanguillo
Carretera Villahermosa - Cunduacán
Carretera Villahermosa - Jalpa de Méndez
Carretera Villahermosa - Nacajuca
Carretera Villahermosa - Paraíso
Carretera Villahermosa - Comalcalco
Carretera Villahermosa - Cárdenas

ATLAS DE RIESGOS PARA EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO • 2015 •

CAPÍTULO

CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS

4



“Uno de los problemas de mayor importancia para las administraciones públicas es el crecimiento de la población.”

Desfile del carnaval de Villahermosa.
Fotografía Azary Alom

4.1

Densidad y Distribución de la Población

Más del 55% de la población se encuentra establecida en la ciudad de Villahermosa (353,577 mil habitantes). Y poco más del 27% de la población municipal se reparte en 28 localidades.

La población del Municipio de Centro de acuerdo al XII Censo de Población y Vivienda del INEGI (2010) es de 646,689 habitantes, lo cual representa el 28.6 por ciento de la población en el Estado. La densidad media de población es de 386 habitantes por km^2. Los habitantes se encuentran distribuidos en 211 localidades, aunque debe señalarse que más del 55% de ellos se encuentran establecidos en la ciudad de Villahermosa (353,577 mil habitantes). Además un 27% adicional de la población municipal se encuentra repartido en 28 localidades que cuentan con más de 2,500 habitantes, por lo que el 82% de la poblaciòn en el municipio se considera urbana conforme a la clasificación del INEGI (figura 4.1.).

Entre las localidades urbanas del Municipio además de la ciudad de Villahermosa se destacan por el número de habitantes: Playas del Rosario (Subteniente García) donde residen un poco más de 21 mil personas, Parrilla que alberga a más de 20 mil habitantes y Ocuiltzapotlán que se encuentra ocupada por una cantidad que rebasa los 18 mil individuos. En conjunto los habitantes de estas tres localidades representan poco más del 9% del total municipal con un promedio de 20 mil habitantes cada una (figura 4.1).

En un segundo escalón de importancia en cuanto a cantidad de habitantes se refiere, se encuentran Tamulté de las Sabanas junto con Medellín y Madero 2da sección con casi 18 mil habitantes en conjunto. Otras como Río Viejo 1ra sección, Macultepec, Luis Gil Pérez, Guapinol, Buena Vista, Río Nuevo 2da y 1ra sección, La Lima, Medellín y Pigua, Ixtacomitán y Anacleto Canabal 2da sección cuentan todas ellas con más de 5 mil habitantes.

Con un número inferior a 5 mil individuos por cada localidad, pero con más de 2,500 habitantes cada una se encuentran las siguientes localidades urbanas: rancherías Anacleto Canabal 3ra sección, Acachapan y Colmena 1ra sección, Emiliano Zapata, Constitución, Lázaro Cárdenas 2da sección, Boquerón 4ta sección, González 1ra sección, Boquerón 1ra sección, Buena Vista 1ra sección, Anacleto Canabal 1ra sección, Buena Vista Río Nuevo 3ra sección y Fraccionamiento Ocuiltzapotlán II.

El 17 por ciento restante que equivale a 113 mil habitantes del total de la población, se encuentran residiendo en localidades consideradas rurales, ya que cada una de ellas tiene menos de 2,500 habitantes. Poco más del 50 por ciento de este grupo de habitantes (64 mil) se localizan en 43 localidades que se encuentran entre el rango de 1 mil y 2 mil 499 habitantes (Mapa 4.1.)

El grupo que le sigue en cuanto a número de individuos por localidad, está conformado por poco más de 31 mil habitantes pertenecientes al municipio de Centro y se encuentran establecidos en 44 localidades que tienen entre 500 y mil habitantes cada una. Otros más de 16 mil habitantes se distribuyen en 67 localidades con un rango de 50 y 1000 habitantes por localidad. Finalmente, existen otras 28 localidades que tienen menos de 50 habitantes (INEGI, 2010).

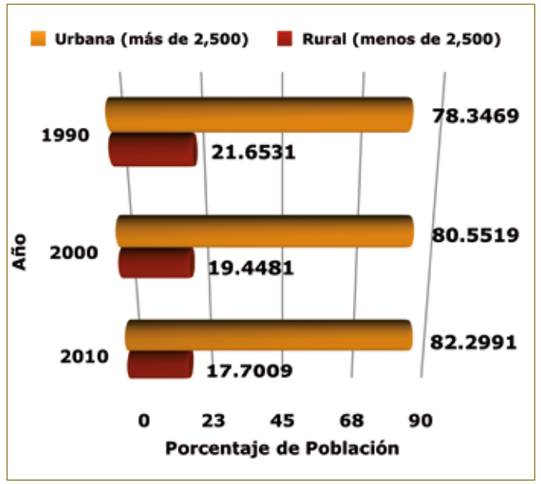
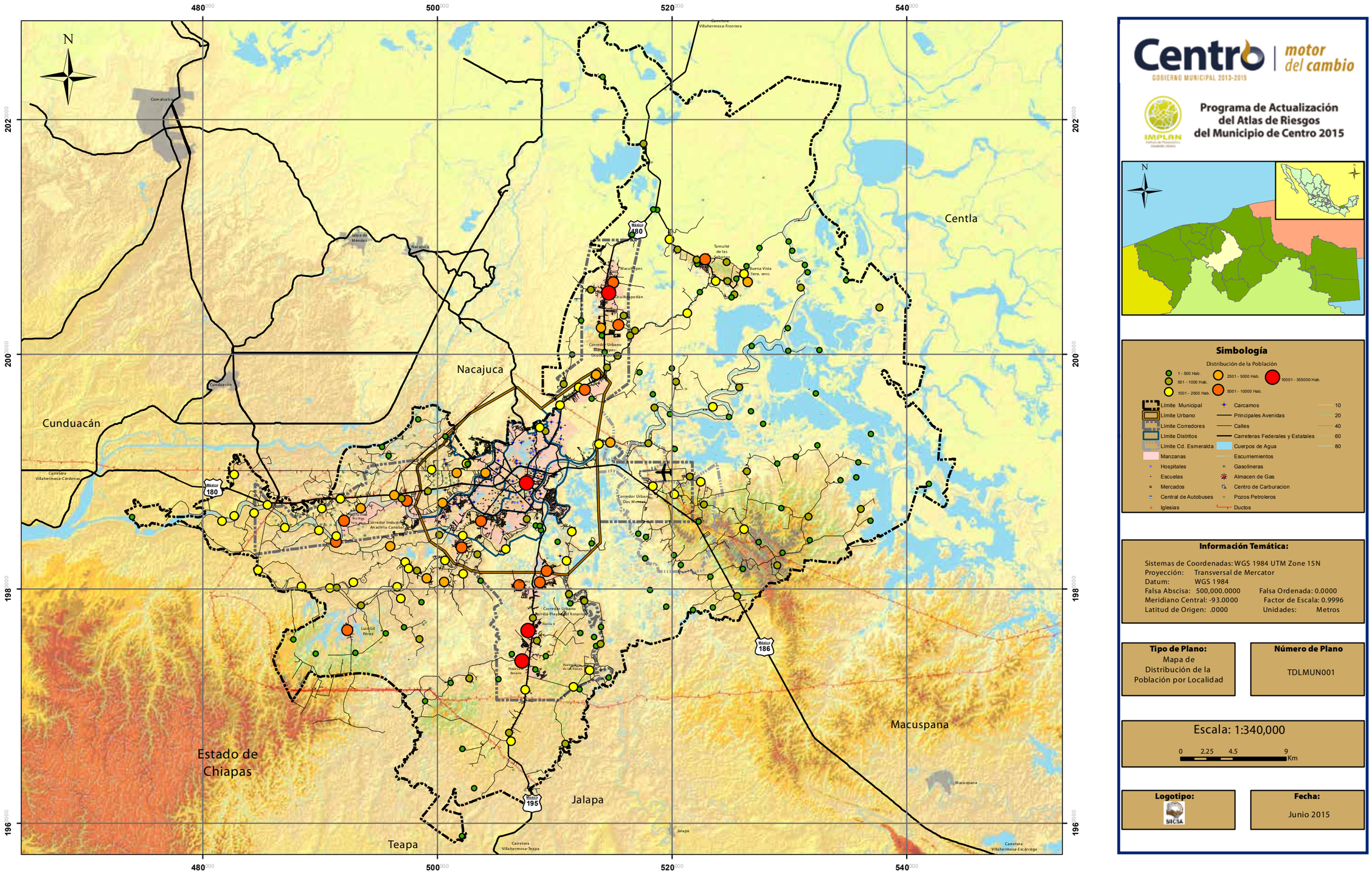
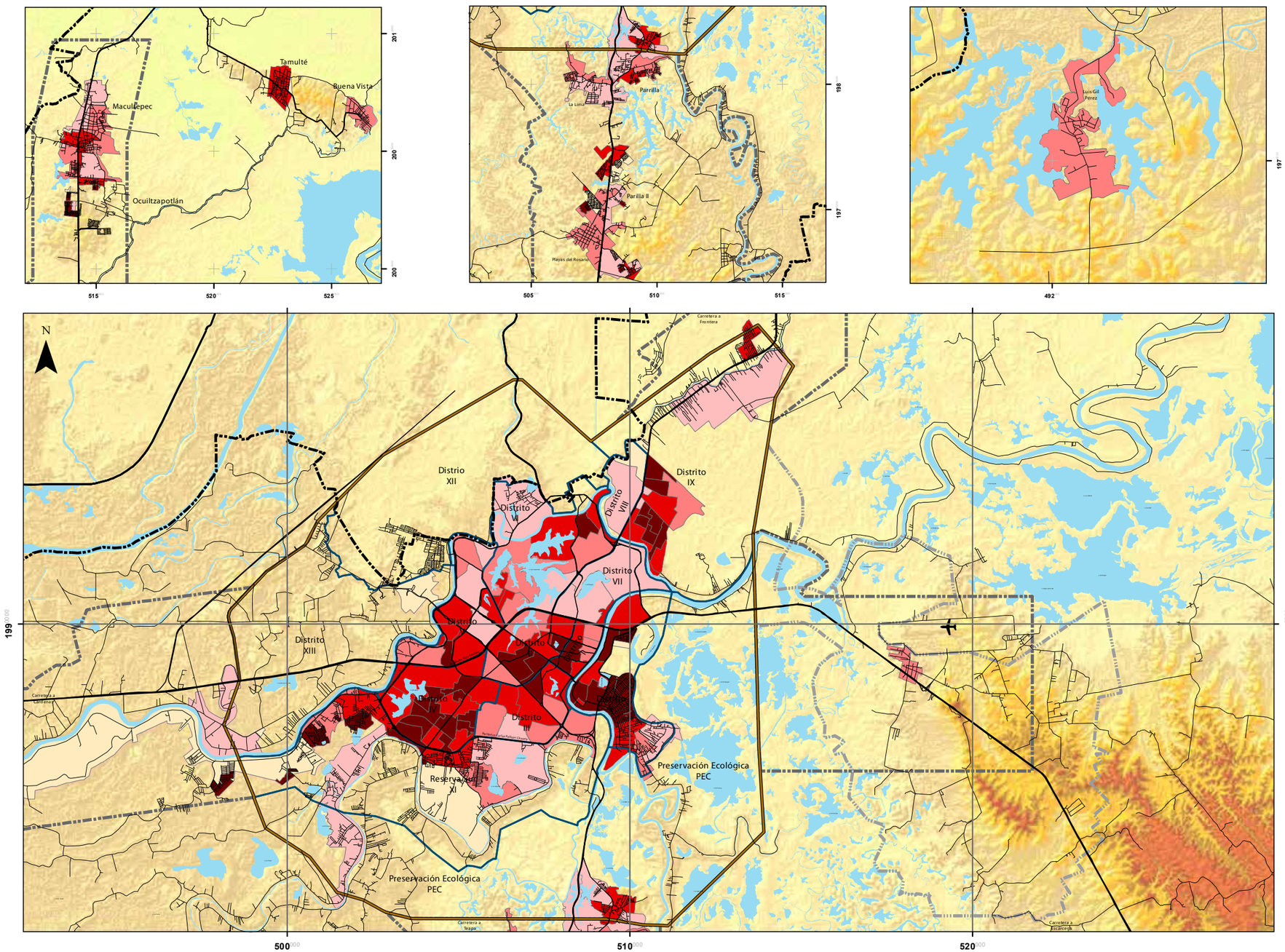


Figura 4.1. Distribución porcentual de la población por tipo de localidad, 1990, 2000 y 2010.
Fuente: Elaborado por el autor a partir del INEGI, 2010.



Mapa 4.1. Distribución de la población por localidad para el municipio de Centro.



Centro | motor del cambio
GOBIERNO MUNICIPAL 2013-2015

IMPLAN

Programa de Actualización del Atlas de Riesgos del Municipio de Centro 2015

Densidad Poblacional

- Muy Baja (0 a 1000 Hab/km2)
- Baja (1001 a 2500 Hab/Km2)
- Media (2501 a 5000 Hab/Km2)
- Alta (5001 a 10000 Hab/Km2)
- Muy Alta (Más de 10001 Hab/km2)

Simbología

- Principales Avenidas
- Calles
- Carreteras Federales y Estatales
- Límite Municipal
- Límite Urbano
- Límite Corredores
- Límite Distritos
- Límite Cd. Esmeralda
- Cuerpos de Agua
- Manzanas

Información Temática:

Sistemas de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 15N
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984
Falsa Abscisa: 500,000.0000 Falsa Ordenada: 0.0000
Meridiano Central: -93.0000 Factor de Escala: 0.9996
Latitud de Origen: .0000 Unidades: Metros

Tipo de Plano: Densidad Poblacional por Ageb

Número de Plano DAMUN001

Escala: 1:130,000
0 0.5 1 2 Km

Logotipo: SICSA

Fecha: Junio 2015

Mapa 4.2. Densidad de población en el municipio de Centro por Ageb.

Grupos de edad	Total	Hombres	Mujeres
Total	2 252 641	1 106 390	1 146 251
0-4	228 922	117 250	111 672
5-9	228 424	116 630	11 794
10-14	227 358	115 425	111 933
15-19	222 154	109 502	112 652
20-24	208 632	100 202	108 430
25-29	193 732	90 925	102 807
30-34	180 738	84 623	96 115
35-39	162 639	77 296	85 343
40-44	141 403	68 448	72 955
45-49	118 130	50 006	60 123
50-54	96 633	47 796	48 837
55-59	73 998	36 704	37 294
60-64	53 657	26 504	27 153
65-69	40 029	19 620	20 401
70-74	30 335	14 897	15 438
75-79	21 587	10 722	10 864
80-84	13 091	6 513	6 578
85 y más	11 181	5 318	5 863
Edad mediana	**24.3**	**23.7**	**24.8**

Cuadro 4.1.- Población estimada por sexo y grupos quinquenales de edad al 2010 para el estado de Tabasco.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del Consejo Nacional de Población, 2014.

Densidad de Población.

En cuanto a la densidad de población se puede apreciar en el mapa correspondiente (Mapa 4.2.) que la mayor densidad se encuentra en algunas de las ageb's que conforman los distritos I y II; el distrito IV y el X. Estas áreas que contienen densidades con más de 10 mil habitantes por km^2.

Estructura por edad de la Población.

La población de Tabasco en 2010 ascendió a 2,252.641 habitantes, de los cuales el 50.9 por ciento eran hombres y 49.1 por ciento mujeres. Respecto del total nacional de 114, 255. 555 personas, este volumen representa el 2.0 por ciento. La mayor parte de la población se encuentra en edades jóvenes, ya que el cincuenta por ciento se acumula entre cero y 24.3 años de edad (cuadro 4.1). Por una parte, el grupo correspondiente a los menores de un año es el mayoritario de la pirámide poblacional y presenta pocas variaciones hasta los quince años de edad, lo cual indica que los nacimientos en la entidad han presentado pocos cambios en los últimos quinquenios. Este volumen de niños está vinculado al número de mujeres en edad fértil (15 a 49 años), que en 2010 significó un 55.7 por ciento del total de mujeres.

Por otra parte, el grupo de edad de 15 a 64 años concentra el 64.4 por ciento de la población estatal, que implica un considerable potencial de crecimiento demográfico. Finalmente, el grupo de 65 años y más, muestra ya los efectos de la mayor esperanza de vida y el impacto de la transición demográfica en su conjunto, representando el 5.2 por ciento de la población estatal. Esto significa que cinco de cada cien habitantes del Estado tienen al menos 65 años de edad.

La estructura de la población por edad y sexo, es resultado de la interacción de los tres componentes de la dinámica demográfica: fecundidad, mortalidad y migración. Gráficamente se representa por la pirámide de población, la cual muestra la proporción de hombres y mujeres en cada grupo de edad.

El Municipio cuenta con 640,359 habitantes según los datos obtenidos en el XII Censo de Población y Vivienda 2010, lo cual representa el 28.6 por ciento de la población en la entidad.

La pirámide de población 2010, presenta una base relativamente angosta, con una cúspide no tan afilada. La amplitud de la base indica que la población infantil del Municipio ha venido disminuyendo, lo que muestra que el mayor número de individuos que forman parte de la población se concentra en los jóvenes y adultos. La población está compuesta por 48.7 por ciento de individuos de género masculino y 51.3 por ciento de personas de género femenino (figura 4.2).

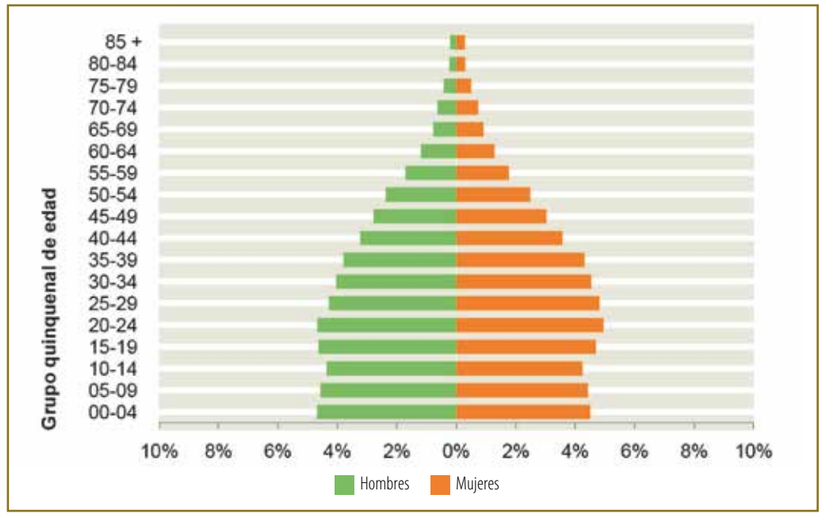


Figura 4.2. Pirámide de población 2010 para el municipio de Centro.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del Consejo Nacional de Población, 2014.

Dinámica Demográfica Proyectada al año 2030

En Tabasco se prevé que la población continúe aumentando en las próximas décadas. Para 2020 se espera alcanzar un volumen de 2,498.558 personas con una tasa de crecimiento de 0.87 por ciento anual y en 2030 llegará a 2,687.426 habitantes con un ritmo de crecimiento menor, 0.60 por ciento anual (cuadro 4.2).

Se puede apreciar que la estructura por edad aún mostrará una distribución piramidal con base amplia, pero irá acumulando una mayor proporción de población en edades adultas y avanzadas. Este comportamiento estará asociado a que el descenso de nacimientos será significativo, pasando de 47,177 nacimientos en 2010 a 44,876 en 2020 y a 42,305 en 2030.

La entidad tendrá una reducción de la natalidad y consecuentemente de la población joven futura, siendo que las personas menores de 15 años pasarán de 30.4 por ciento en 2010 a 26.2 en 2020 y a 23.3 en 2030. Asimismo, la entidad contará con un porcentaje importante de personas en edad productiva (15 a 64 años) que durante el periodo seguirá en aumento, pasará de 64.4 por ciento en 2010 a 67.0 en 2020 y a 67.2 en 2030.

Por último, a consecuencia de la disminución de la mortalidad, traducida en una mayor esperanza de vida para la población de la entidad, se espera que el grupo de 65 y más años de edad, en los próximos dos decenios comience a tener mayor peso relativo. Para 2020 se prevé que represente el 6.7 por ciento del total y en 2030 el 9.5 por ciento.

En lo que respecta al crecimiento de la población del municipio de Centro, se espera que esta siga una tendencia positiva, alcanzando un volumen de 724,709 individuos para el año 2020. Lo anterior representa obtener una tasa de crecimiento de 1.24 por ciento anual. Para el año 2030, el número de habitantes ascenderá a 770,760 que equivale a tener un ritmo de crecimiento menor de 0.61 por ciento.

En la Figura 4.3. puede apreciarse que aunque la población que se encuentra en edad laboral se incrementa, los grupos etarios con población juvenil comienzan a tener una ligera disminución, misma que va acentuándose y alcanza su máximo declive hacia el año 2025. La población infantil, alcanzará su máximo crecimiento para el año 2020, a partir de donde iniciará un marcado descenso en los nacimientos. Para el caso de los adultos jóvenes, su grupo comenzará a declinar para el año 2023.

Esta transformación en la estructura por edad es muy importante, porque muestra que el Estado y el Municipio, transitan por una etapa donde el volumen de la población en edades laborales alcanza su mayor peso relativo con relación a la población en edades dependientes. Aunque el grupo de adultos mayores tiene una tendencia al crecimiento (figuras 4.3. y 4.4.).

En cuanto a la distribución del incremento esperado en la población, este se presentará en las localidades que mayor articulación tengan con la ciudad. En el cudro 4.3, se puede apreciar la proyección de la población para las principales localidades del municipio en los próximos años.

Cabe señalar que esta proyección será actualizada en el corto plazo con los resultados del conteo de población que realiza el INEGI en 2015.

Sin embargo, se aprecia con claridad que el crecimiento de la ciudad se espera en la zona de Playas del Rosario, Ocuiltzapotlán, Parrilla, Medellín y Madero y por supuesto en la zona urbana de la ciudad de Villahemosa. Este crecimiento supone la necesidad de planeación del desarrollo urbano para estas áreas con la finalidad de dotar a la población de equipamiento y servicios, pero fundamentalmente de seguridad ante los fenómenos analizados en este documento.

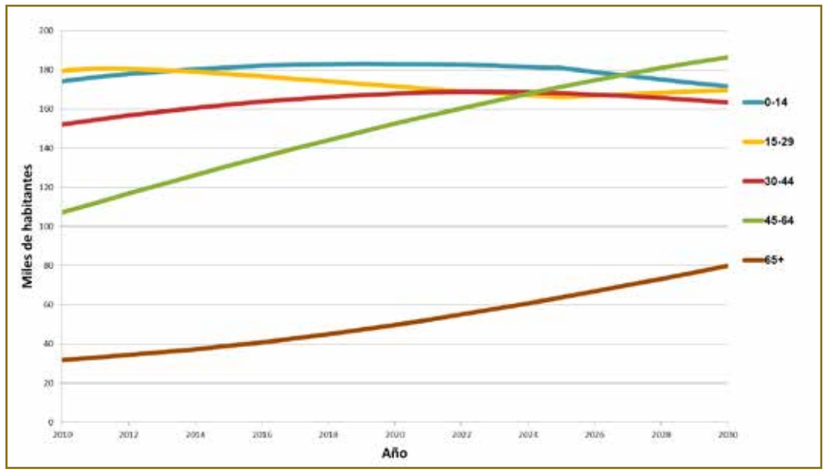


Figura 4.3. Proyección de la población del municipio de Centro por grupos etarios, 2010-2030.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del CONEVAL

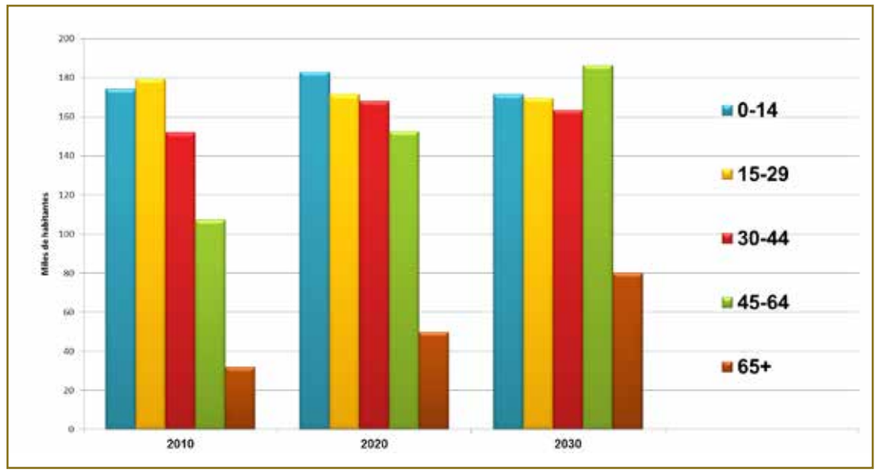


Figura 4.4. Cohortes poblacionales del municipio de Centro para 2010, 2020 y 2030.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del CONEVAL

Sexo	Edad	2010	2015	2020	2025	2030
Ambos	0-14	174 166	181 281	182 956	181 029	171 501
	15-29	179 456	177 937	171 573	166 235	169 616
	30-44	152 000	162 259	167 938	168 034	163 355
	45-64	107 245	130 886	152 498	171 315	186 395
	65+	31 813	39 020	49 745	63 812	79 893
Hombres	0-14	88 887	92 815	93 834	92 856	87 978
	15-29	86 452	88 015	86 139	84 238	86 236
	30-44	71 625	75 752	78 749	79 999	79 295
	45-64	51 897	62 318	71 331	78 892	85 117
	65+	14 444	17 701	22 651	29 015	36 018
Mujeres	0-14	85 279	88 467	89 122	88 173	83 523
	15-29	93 004	89 922	85 433	81 997	83 380
	30-44	80 375	86 507	89 189	88 036	84 060
	45-64	55 348	68 568	81 167	92 423	101 277
	65+	17 369	21 319	27 094	34 797	43 875

Cuadro 4.2.- Estimación de la población al 2015 y Proyecciones de crecimiento al 2030 para el municipio de Centro por sexo y grupo etáreo (CONAPO, 2015)

Nombre de la localidad	2010	2015	2020	2025	2030
Villahermosa	355,963	348,595	329,033	302,249	271,131
Playas del Rosario	22,041	29,136	37,123	46,031	55,738
Ocuiltzapotlán	18,436	22,010	25,326	28,362	31,016
Parrilla II	11,041	14,595	18,596	23,059	27,921
Parrilla	9,729	9,528	8,993	8,261	7,411
Tamulté de las Sabanas	8,884	9,605	10,010	10,152	10,055
Medellín y Madero 2da. Sección	7,878	10,414	13,268	16,452	19,922
Río Viejo 1ra. Sección	6,771	8,271	9,737	11,156	12,481
Macultepec	6,529	6,394	6,035	5,544	4,973
Luis Gil Pérez	6,124	6,372	6,390	6,236	5,943
Guapinol	5,807	6,285	6,556	6,656	6,598
Buena Vista Río Nuevo 2da. Sección	5,779	7,639	9,733	12,069	14,614
La Lima	5,676	6,143	6,408	6,506	6,450
Buena Vista Río Nuevo 1ra. Sección	5,665	6,851	7,987	9,060	10,038
Medellín y Pigua 3ra. Sección	5,557	6,503	7,336	8,052	8,632
Ixtacomitán 1ra. Sección	5,278	6,157	6,921	7,573	8,091
Anacleto Canabal 2da. Sección	5,188	6,858	8,738	10,834	13,119
Fraccionamiento Ocuiltzapotlán Dos	4,707	6,222	7,927	9,829	11,902
Buena Vista Río Nuevo 3ra. Sección	4,260	5,014	5,689	6,281	6,772
Anacleto Canabal 1ra. Sección	3,929	5,194	6,618	8,206	9,937
Buena Vista 1ra. Sección	3,025	2,963	2,796	2,569	2,304
Boquerón 1ra. Sección	2,983	3,271	3,457	3,556	3,572
González 1ra. Sección	2,942	3,889	4,955	6,144	7,439
Boquerón 4ta. Sección	2,919	3,858	4,916	6,095	7,381
Lázaro Cárdenas 2da. Sección	2,774	3,251	3,672	4,037	4,334
Constitución	2,739	2,825	2,807	2,715	2,565
Emiliano Zapata	2,651	3,504	4,465	5,536	6,703
Acachapan y Colmena 1ra. Sección	2,637	2,932	3,144	3,279	3,341
Anacleto Canabal 3ra. Sección	2,606	3,446	4,390	5,443	6,591
Ixtacomitán 2da. Sección	2,258	2,985	3,803	4,716	5,711

Cuadro 4.3.- Estimación de la población 2015 y Proyección de crecimiento al 2030 para las principales localidades del municipio de Centro (CONAPO, 2015)

Razón de Dependencia por Edad

La razón de dependencia por edad es la relación entre la población dependiente (menores de 15 y mayores de 64 años) con respecto a la personas en edades económicamente productivas (de 15 a 64 años). También es posible analizar por separado la razón de dependencia infantil y la de vejez. En el Municipio se observa que la dependencia infantil disminuye, mientras que el crecimiento de la población de adultos mayores crece, lo que hace que la razón de dependencia-vejez se incremente.

En forma convencional, se considera que los individuos menores de 15 años y mayores de 64 no tienen capacidad de realizar actividades productivas. En consecuencia, la razón de dependencia es un indicador que muestra la carga económica que tienen en promedio quienes están en edad productiva. En Tabasco hay 55 dependientes por cada 100 personas.

En la entidad, este indicador es diferente para cada municipio. Jalapa, Nacajuca y Centro presentan los valores más bajos con 53, 52 y 47 dependientes, respectivamente. Es decir, que en el municipio de Centro por cada 100 personas en edad productiva (15 a 64 años) hay 47 en edad de dependencia (menores de 15 años o mayores de 64 años).

Estos comportamientos se encuentran directamente asociados al incremento sustancial en la proporción de habitantes con edades adultas avanzadas. Ya que por una parte, se tiene a la población de adultos con edades entre 45 y 65 años, que de acuerdo a los datos presentados por el CONAPO (2010) denota un crecimiento exponencial que se mantiene desde el 2010 hasta el 2030 (figura 4.3), y por otra el grupo etario de más de 65 años, mismo que mantiene un ritmo de crecimiento muy importante (figuras 4.3 y 4.4).

Debe destacarse la valía de esta información, sobre todo en los procesos de planificación, ya que las demandas de los grupos de adultos mayores son mucho más amplias y tienen características distintas de los otros grupos etarios. En este sentido, es importante destacar que el envejecimiento poblacional es una realidad que se hace presente en la entidad y por ende en el Municipio.

La edad mediana es un indicador que muestra el proceso de envejecimiento de la población; al revisar el comportamiento de este en la entidad, se observa un crecimiento importante, ya que para el censo de 1990 la edad mediana era de 21 años y para 2010 era de 25 años de edad. A nivel municipal, la mayor edad mediana la tienen los municipios de Emiliano Zapata, Jalapa y el Centro, con un valor de 27. Esto quiere decir que la mitad de la población en el municipio de Centro tiene 27 años o menos.

El descenso en los niveles de natalidad, el aumento en la esperanza de vida y la pérdida de preponderancia de los grupos jóvenes, son indicadores de este proceso paulatino e inevitable. Sin embargo, es importante destacar que en el corto y mediano plazo este cambio viene acompañado por un lado, del incremento de enfermedades transmisibles, crónicas y múltiples afectaciones que inciden en las probabilidades de sufrir limitaciones en la capacidad funcional para la realización de actividades vitales en la sociedad; por otro lado, de un crecimiento en la demanda de servicios y trabajo de determinados grupos de la población, principalmente impulsado por la entrada de un significativo contingente de adolescentes y jóvenes a las edades típicamente productivas.

Tal situación implica un reto demográfico importante para el diseño de planes y programas de gobierno que procuren no sólo la satisfacción de necesidades y la atención al rezago social de determinados grupos poblacionales, sino también de una inversión en capital humano y oportunidades de empleo que permitan a la población soportar la carga que implica el incremento progresivo de los grupos en edad adulta mayor y en retiro de la actividad económica.

Mortalidad

El comportamiento de este indicador en Tabasco ha mostrado un descenso en el periodo de 1990 a 2010, al pasar de 31.1 a 12.7 defunciones de menores de un año por cada mil nacimientos. Se espera que la mortalidad infantil disminuya a 9.6 en 2020 y a 8.2 en 2030; diferenciando entre hombres y mujeres, la mortalidad infantil pasará de 14.0 y 11.4 en 2010 a 10.6 y 8.6 defunciones en 2020 y a 9.0 y 7.3 defunciones de menores de un año por cada mil nacidos vivos en 2030, respectivamente (figura 4.5).

Ello demuestra el avance que la entidad ha tenido en cuanto a la salud general de la población, en especial, en la reducción de la mortalidad en los primeros años de vida, principalmente atribuible a los avances médicos y a la ampliación de la cobertura de los servicios de salud. Por su parte, la esperanza de vida al nacimiento, durante el mismo periodo, ha cambiado de 71.2 a 74.0 años promedio. Es decir, aproximadamente una ganancia de 2.8 años de vida promedio adicionales.

Respecto a la brecha en la esperanza de vida entre hombres y mujeres, se observó una disminución al pasar de 7.4 en 1990 a 5.9 años en 2010. Los hombres y mujeres de la entidad cuentan en 2010 con una esperanza de vida de 71.1 y 77.0 años al nacimiento, respectivamente.

Asimismo, se prevé que la esperanza de vida de la población total sea de 75.5 años en 2020 y de 76.7 en

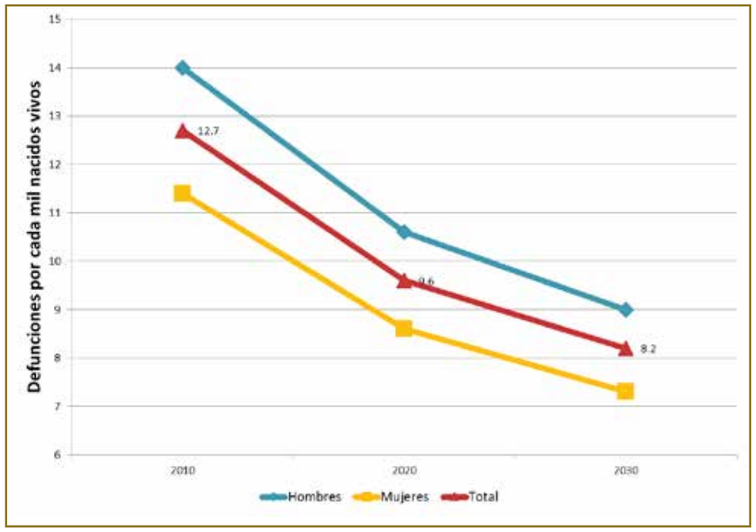


Figura 4.5. Tasa de mortalidad infantil total y por sexo, 1990-2030 para el estado de Tabasco.
Fuente: Estimaciones del Consejo Nacional de Población.

2030; las mujeres alcanzarán 78.2 años en 2020 y 79.3 en 2030, mientras que los hombres 72.9 años en 2020 y 74.3 años en 2030. Durante el periodo de la proyección se espera que la brecha entre hombres y mujeres disminuya de 5.9 a 5.0 años (figura 4.6.). Las tendencias en la mortalidad general, mortalidad infantil y la esperanza de vida al nacimiento entre el periodo de 1990 a 2010, permiten establecer que la mortalidad de los niños continuará con la tendencia al descenso y que la brecha entre hombres y mujeres seguirá reduciéndose. En 2013, Tabasco ocupó el lugar 23º en términos de esperanza de vida y para el 2030 se prevé que llegue al lugar 24º a nivel nacional.

Por su parte, la esperanza de vida al nacimiento, durante el mismo periodo, ha cambiado de 71.2 a 74.0 años promedio, es decir, aproximadamente una ganancia de 2.8 años de vida promedio adicionales. Respecto a la brecha en la esperanza de vida entre hombres y mujeres, se observó una disminución al pasar de 7.4 en 1990 a 5.9 años en 2010. Los hombres y mujeres de la entidad cuentan en 2010 con una esperanza de vida de 71.1 y 77.0 años al nacimiento, respectivamente (figura 4.6.).

Escolaridad y Grado Promedio de Escolaridad

La educación constituye uno de los motores del desarrollo de cualquier país, y por ello la educación temprana es un objetivo relativamente reciente del sector educativo. En Tabasco, la información censal de 2010 muestra que 95.3% de la población de 6 a 14 años asiste a la escuela. Para el Municipio este dato presenta una similitud con el Estado en sus porcentajes, debido a que 96.4 por ciento de la población en este grupo de edad asiste a la escuela.

La asistencia escolar de la población joven en el Estado en los últimos 20 años se ha incrementado al pasar de 30.5% en 1990 a 42.4% en 2010. De acuerdo con el INEGI (2010), en el municipio de Centro cuarenta y ocho de cada cien habitantes de entre 15 a 24 años de edad asisten a la escuela. La asistencia escolar por cada grupo de edad para el Municipio se muestra en la figura 4.7.

Como puede distinguirse claramente, el mayor porcentaje de asistencia escolar para el Municipio se encuentra en el grupo de 6 a 11 años de edad, donde de cada cien personas que habitan en el Municipio, 97 de ellas asisten a la escuela.

Respecto a la población de 15 años y más que no tiene completa la educación básica en el municipio de Centro hasta el año 2010, puede consultarse el Cuadro 4.2 donde se encuentra esta información por tamaño de la localidad. Es importante señalar que para la elaboración de este indicador, los autores seleccionan 15 localidades: por estrato se incluyen las cinco localidades con el mayor número de personas o viviendas, según sea el caso, que presentan el rezago que mide el indicador. Este criterio de selección lo aplican siempre y cuando se tenga información de 15 o más localidades en el municipio, y cinco o más localidades en cada estrato.

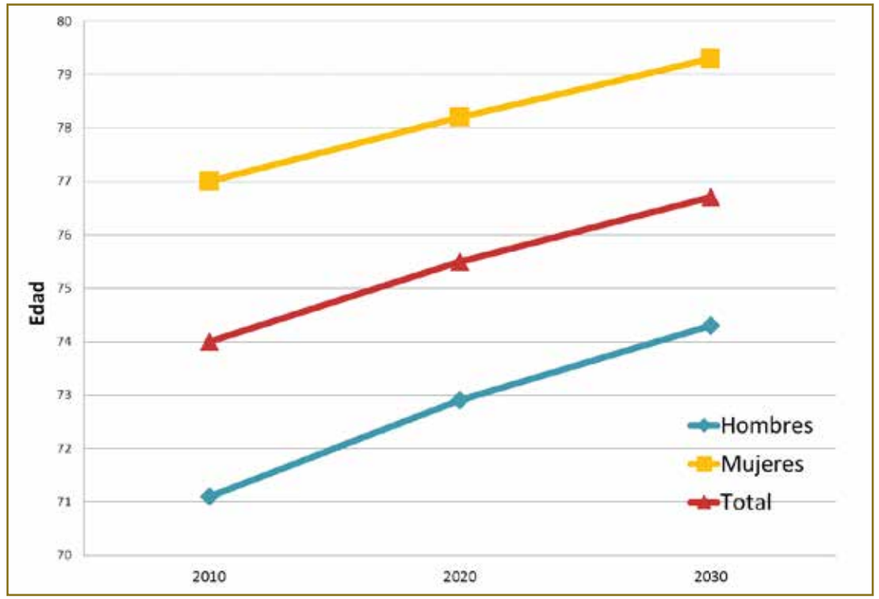


Figura 4.6. Esperanza de vida al nacimiento por sexo, 1990 – 2030 para el estado de Tabasco.
Fuente: Estimaciones del Consejo Nacional de Población.

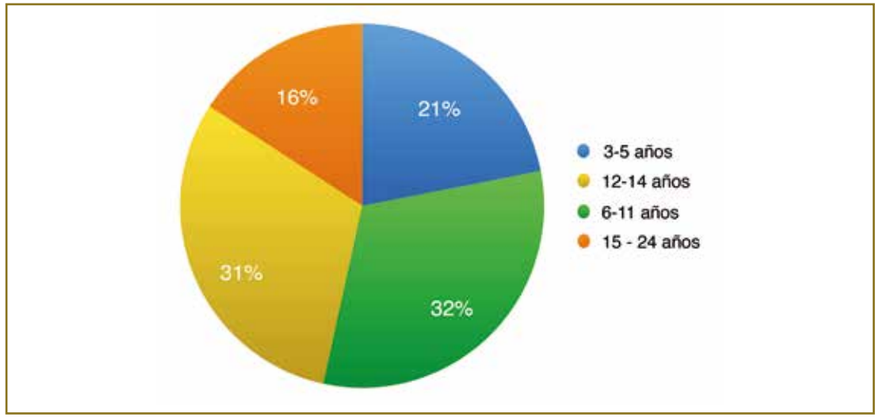


Figura 4.7. Asistencia escolar por grupo de edad, 2010 para el municipio de Centro.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del INEGI, 2010.

Tamaño de la localidad	Población de 15 años y más con Educación Básica Incompleta, 2010	
Menor a 2,500 habitantes	Lázaro Cárdenas 1ra sección	720
	Plátano y Cacao 1ra sección	659
	Corregidora Ortíz 1ra sección	622
	Corregidora Ortíz 3ra sección (San Pedrito)	613
	Guineo 1ra sección	599
Entre 2,500 y 14,999 habitantes	Luis Gil Pérez	1,978
	Parrilla	1,936
	Tamulté de las Sabanas	1,812
	Buena Vista Río Nuevo 1ra sección	1,767
	Anacleto Canabal 2da sección	1,496
	Parrilla	1,392
	Macultepec	1,380
15,000 habitantes o más	Villahermosa	61,555
	Playas del Rosario (Subteniente García)	4,635
	Ocuiltzapotlán	3,136

Cuadro 4.4. Población de 15 años y más con Educación Básica Incompleta, por tamaño de la localidad para el año 2010.
Fuente: SEDESOL y CONEVAL, 2010.

Uno de los indicadores básicos para conocer la situación social de un país y su potencialidad para avanzar hacia mejores condiciones de vida, es el nivel de escolaridad de su población. El grado promedio de escolaridad se refiere al promedio de años aprobados de las personas de 15 y más años dentro del sistema educativo nacional.

En el Estado, el promedio de escolaridad de esta población pasó de 6 años en 1990 a 8.6 en 2010; es decir, actualmente se tiene en promedio prácticamente la educación básica terminada. El promedio de años de escolaridad aprobados en las últimas dos décadas, es mayor para los hombres en relación con las mujeres.

El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el Municipio para el año 2010 fue de 10.1 (figura 4.8) frente al grado promedio de escolaridad de 8.6 en la entidad. En el Sistema Educativo Mexicano (SEM), este grado promedio de escolaridad equivale a alcanzar un nivel de poco más de un año en educación media superior o el primer año de instrucción en una carrera técnica.

Aunque en principio este nivel educativo no es el mejor, el mismo sobrepasa la media nacional en nivel de instrucción que es de 8.6 años y que es el equivalente a la educación Media Básica.

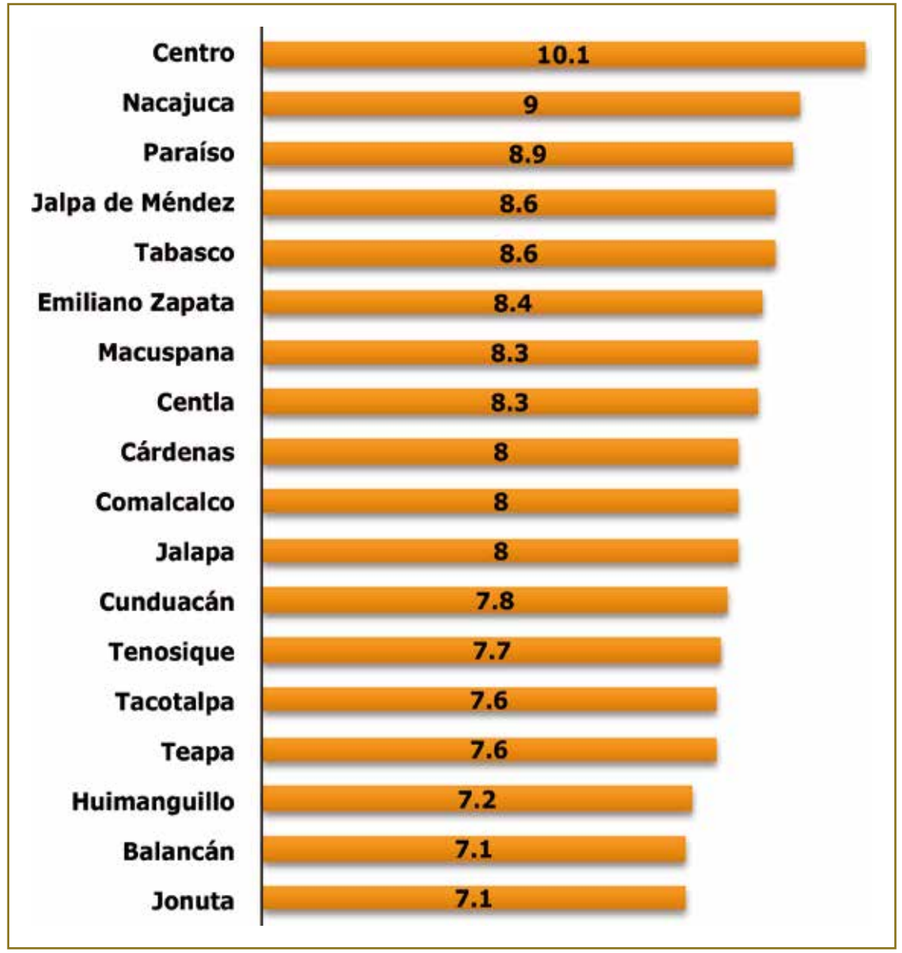


Figura 4.8. Grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más por municipio, 2010.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del INEGI, 2010.

Si se toma la comparación del grado promedio de escolaridad para el municipio de Centro con el promedio nacional, pudiera parecer que el nivel educativo del municipio es alto respecto al país. Desafortunadamente los niveles de instrucción escolar no son una condición homogénea para todo el territorio municipal. Existe un gran número de localidaddes principalmente rurales donde esos promedios para el grado de escolaridad descienden de forma abrupta. Una de estas localidades es Aztlán 2da sección, cuyo promedio de escolaridad cae hasta ubicarse en 2.9 lo cual contrasta fuertemente con el promedio municipal.

Las localidades que se encuentran por arriba del promedio municipal son: Parrilla II, Macultepec, Ixtacomitán 1ra sección, Lagartera 1ra sección, Paso Real de la Victoria, Ocuiltzapotlán, Villa Unión, La Lima, Medellín y Madero 2da sección, Villahermosa, Parrilla, Plutarco Elías Calles, Guapinol, fraccionamiento Ocuiltzapotlán II, Anacleto Canabal 3ra sección y El Rosario y El Quemado. En lo que respecta a la población con grado de escolaridad entre 6 años y menos de 7, que en términos generales equivale a haber realizado la educación básica completa, el Municipio cuenta con 43 localidades ubicadas en su territorio con el referido grado de escolaridad. Algunas de las localidades que se encuentran incluidas en este grupo son: Parrilla 4ta sección (Los Acosta), Santa Catalina (San Marcos), Chiquiguao 1ra sección, La Isla, entre otras.

En lo que se refiere a la educación media básica se encontraron 96 localidades del municipio con 7 o más años de instrucción sin sobrepasar los 9 años. Esto de manera general equivaldría a haber concluido los estudios correspondientes al nivel de secundaria. Entre las localidades que cuentan con la educación media básica realizada se encuentran Anacleto Canabal 2 y 4ta sección, Gaviotas Sur (El Cedral), Buena Vista Río Nuevo 4ta sección, La Manga, La Manga 2da sección (El Jobal), Tumbulushal, Tierra Amarilla 1ra sección, entre otras.

Con grado promedio de escolaridad superior a 9 años pero inferior a 11, se hallaron un total de 33 localidades. Estos datos indican que los habitantes de 33 localidades del municipio de Centro en promedio se pueden encontrar cursando estudios técnicos, de educación media superior o que tienen incompleta esta última. Macultepec, Paso Real de la Victoria, Lagartera 1ra sección, Ixtacomitán 1ra sección y Villahermosa, son algunas de las localidades que se encuentran conformando este grupo.

Finalmente, solo seis localidades en el Municipio rebasan los 11 años de instrucción. Las localidades con el mayor grado de escolaridad del Municipio son: Anacleto Canabal 3ra sección, El Rosario y el Quemado, Fraccionamiento Ocuitzapotlán II, Guapinol, Plutarco Elías Calles (Curahueso) y Parrilla.

En 2010, el municipio contaba con 362 escuelas preescolares (17.6 por ciento del total estatal), 362 primarias (17 por ciento del total) y 130 secundarias (17.5 por ciento). Además, el municipio contaba con 71 bachilleratos (27 por ciento), cinco escuelas de profesional técnico (35.7 por ciento) y 49 escuelas de formación para el trabajo (26.9 por ciento). El municipio también contaba con diez primarias indígenas (9.9 por ciento) (INEGI, 2010). Para ese mismo año, la condición de rezago educativo afectó al 14 por ciento de la población, lo que significa que 90,072 individuos presentaron esta carencia social.

Vivienda

En el año 2010 el Municipio contaba con un total de 173,606 viviendas particulares habitadas. El promedio de habitantes por vivienda excluyendo aquellas sin información de los ocupantes, se encuentra en un estimado de 3.7 personas por hogar. De estas, 3.4 por ciento cuentan con piso de tierra. Es decir, de cada cien viviendas del municipio de Centro, tres tienen piso de tierra.

En cuanto a la disponibilidad de servicios en los hogares, 78.9 por ciento de las viviendas cuentan con agua entubada dentro de la misma, 98.2 por ciento tienen drenaje, 98.1 por ciento de los hogares disfrutan de servicios sanitarios y el 99.4 por ciento tiene electricidad (figura 4.9.).

Por otra parte, en lo que respecta al disfrute de tecnologías de la información y comunicación, el INEGI (2011) señala que 35 de cada cien viviendas pertenecientes al municipio de Centro cuentan con teléfono en la misma, 81.4 por ciento de los hogares tienen teléfono celular, 35 de cada cien viviendas poseen una computadora y el 25 por ciento de estos hogares disfrutan del servicio de internet (figura 4.10.).

El porcentaje de individuos que reportó habitar en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente fue de 16.9%; es decir, un total de 108,471 personas. De igual forma, el porcentaje de personas que señaló habitar en viviendas sin disponibilidad de servicios básicos fue de 8.7%, lo que significa que las condiciones de vivienda no son las adecuadas para 55,752 personas (INEGI, 2010).

Salud y Derechohabiencia

La información que proporciona el censo 2010 en materia de servicios de salud, es indispensable para la planeación y toma de decisiones que permitan mejorar las condiciones de bienestar de la población. La condición de derechohabiencia permite identificar a la población derechohabiente al servicio médico en instituciones de

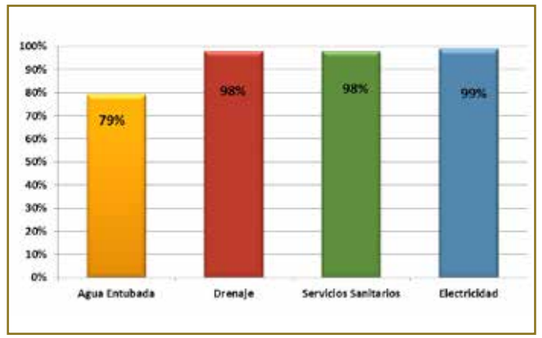


Figura 4.9. Disponibilidad de Servicios dentro de los Hogares en el municipio de Centro, 2010.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del INEGI, 2010.

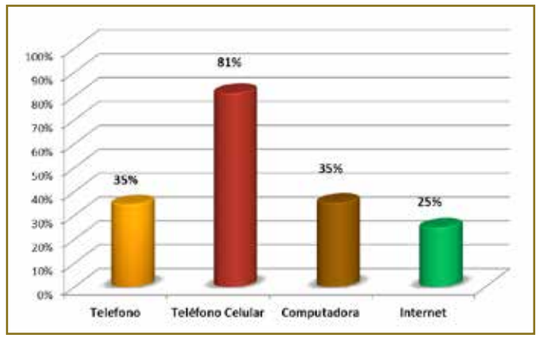


Figura 4.10. Tecnologías de Información y Comunicación dentro de los Hogares en el municipio de Centro, 2010.
Fuente: INEGI. Panorama sociodemográfico de Tabasco. 2011

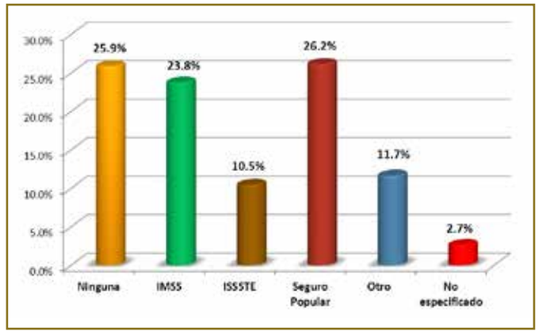


Figura 4.11. Población derechohabiente en el municipio de Centro, 2010.
Fuente: INEGI. Panorama sociodemográfico de Tabasco. 2011

salud pública o privada, así como a la población no derechohabiente o abierta.

En los últimos 10 años, el porcentaje de la población derechohabiente a servicios de salud en el Estado registró un fuerte incremento. Mientras que para el año 2000, el 29.4% de la población era derechohabiente, en 2010 cerca de tres cuartas partes de esa población lo era, lo que representa 1.6 millones de personas. Si bien el Sistema Estatal de Salud ha alcanzado logros importantes, los avances en las coberturas que ofrecen las instituciones dedicadas al cuidado de la salud de los Tabasqueños no han sido uniformes. En la entidad, por municipio, el porcentaje de población derechohabiente de los servicios de salud presenta contrastes.

En el 2010, el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud en el Municipio fue de 26 por ciento, equivalente a 167,040 personas. La carencia por acceso a la seguridad social afectó a 57.3 por ciento de la población; es decir, 369,009 personas se encontraban bajo esta condición. En este sentido, menos de 70 por ciento de la población municipal es derechohabiente de alguna institución (figura 4.11.). Las unidades médicas en el municipio para el 2010 eran 111 (17.2% del total de unidades médicas del estado). El personal médico era de 2,767 personas (52.1% del total de médicos en la entidad) y la razón de médicos por unidad médica era de 24.9, frente a la razón de 8.2 en todo el Estado.

Pobreza

De 2008 a 2010 en el Estado hubo una reducción del porcentaje de la población con las carencias sociales de: rezago educativo, por acceso a los servicios de salud, por acceso a la seguridad social y por acceso a la alimentación. Sin embargo, se registró un aumento en el porcentaje de población con un ingreso inferior a la línea de bienestar. En ese mismo periodo, el porcentaje de la población en situación de pobreza aumentó de 53.8% a 57.2%, y el de pobreza extrema disminuyó de 13.1% a 11%.

En 2010 los municipios con mayor porcentaje de personas en pobreza fueron Jonuta, Balancán, Tacotalpa, Huimanguillo y Tenosique.

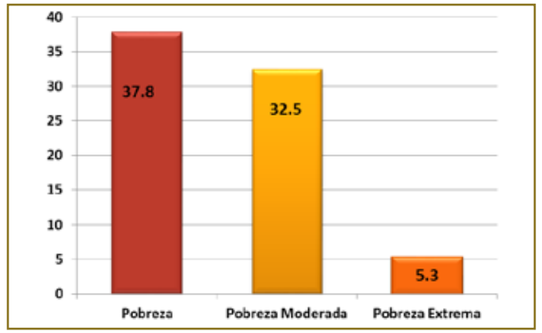


Figura 4.12. Distribución porcentual de la población en situación de pobreza en el municipio de Centro, 2015.

Fuente: Elaborado por el autor a partir del CONEVAL, SEDESOL. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, 2015.

Figura 4.13. Medición Multidimensional de la Pobreza para el municipio de Centro, 2010.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del CONEVAL, SEDESOL. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, 2012.

De 2005 a 2010, un municipio disminuyó su grado de rezago social, uno lo aumentó y quince permanecieron sin cambio. Para el año 2012 el porcentaje de población en situación de pobreza en el Estado fue de 49.7 por ciento, que equivale a 1,149.400 personas en esta condición. Esto representa una disminución en términos porcentuales con respecto a 2010 (57.1 por ciento), así como una disminución en la población de 142,200 personas. En 2012 aumentó la población en pobreza extrema, la cual pasó de 13.6 por ciento (306,900 personas) en 2010 a 14.3 por ciento (330,800 personas) en 2012, es decir, hubo un aumento de 23,900 personas en esta condición. De 2010 a 2012 hubo una reducción tanto en el número de personas como en el porcentaje de población con las carencias sociales de acceso a los servicios de salud, carencia por acceso a la seguridad social, carencia por calidad y espacios en la vivienda y rezago educativo. Cabe destacar el avance en la disminución de la carencia por acceso a los servicios de salud, la cual pasó de 23.9% (540,800 personas) en 2010 a 18.2% (120,300 personas) en 2012; es decir, hubo una disminución de 120,300 personas bajo esta condición. Sin embargo, se registró un aumento tanto en el número de personas, como en el porcentaje de población con carencia por acceso a la alimentación y carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda.

Bajo este contexto, el CONEVAL (2012), indica que para el año 2010, de un total de 17 municipios que conforman al estado de Tabasco, 16 de ellos presentaron más de la mitad de su población en situación de pobreza.

Precisamente, el municipio de Centro es uno de los cinco que concentró el mayor número de personas en esta situación. De hecho, fue el que más personas pobres exhibió, aunque debe considerarse que es el municipio que tiene el mayor número de habitantes en el Estado. La población total reportada por el INEGI como resultado del Censo de Población y Vivienda 2010, para este municipio fue de 640,359 personas. De este universo, el CONEVAL reporta que 37.8 por ciento de los habitantes se ubicaron en situación de pobreza; lo cual significa que 243,206 individuos se encontraban en estas circunstancias. Dentro de este grupo, la pobreza se dividió de la siguiente manera: 32.5 por ciento, es decir 209,381 habitantes presentaban pobreza moderada y 5.3 por ciento (33,824 personas) estaban en pobreza extrema (figura 4.12.).

Los otros municipios con altos porcentajes de pobreza fueron Cárdenas, Comalcalco, Huimanguillo y Macuspana. En estos municipios se concentra el 58.2 por ciento del total de la población en situación de pobreza en el Estado.

El Centro, ocupó el cuarto lugar estatal en cuanto a concentración del mayor número de personas en pobreza extrema con 33,824 personas (5.3 por ciento del total de su población). Asimismo, agrupó el 18.9 por ciento del total de la población en situación de pobreza en el Estado. Estos datos no han cambiado para el año 2015, según reporta el CONEVAL y SEDESOL en su Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, 2015.

Respecto a la vulnerabilidad por carencia social en el Municipio, en 2010 la condición de rezago educativo afectó a 14 por ciento de la población, lo que significa que 90,072 individuos presentaron esta carencia social (figura 4.13.).

En el mismo año, el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud fue de 26 por ciento, equivalente a 167,040 personas. La carencia por acceso a la seguridad social afectó a 57.3 por ciento de la población, es decir 369,009 personas se encontraban bajo esta condición (figura 4.14.).

El porcentaje de individuos que reportó habitar en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente fue de 16.9% (108,471 personas). Asimismo, el porcentaje de personas que reportó habitar en viviendas sin disponibilidad de servicios básicos fue de 8.7, lo que significa que las condiciones de vivienda no son las adecuadas para 55,752 personas.

La incidencia de la carencia por acceso a la alimentación fue de 28.6 por ciento, lo que representa a una población de 184,168 personas del Municipio. Los datos de pobreza se presentaron en párrafos anteriores.

Hacinamiento

El promedio de ocupantes por vivienda, es el resultado de dividir el número de ocupantes entre el total de viviendas particulares habitadas. En la entidad, durante los últimos 20 años, este promedio ha mostrado un descenso gradual que se puede relacionar con la reducción del tamaño medio de las familias y el significativo crecimiento en el número de viviendas. Así, en 1990 el promedio de ocupantes por vivienda fue de 5.2 y en 2000 baja a 4.6; mientras que en 2010 se ubica en 3.9 ocupantes.

El promedio de ocupantes por vivienda es uno de los indicadores con los que se puede medir el nivel de hacinamiento de la población. Su comportamiento a nivel municipal es similar al promedio estatal (3.9%) en tres de ellos: Jalapa, Jonuta y Nacajuca. Por otra parte, cuatro municipios registran un promedio menor al estatal: Balancán, Tenosique, Centro y Emiliano Zapata.

El municipio de Centro tiene un nivel de hacinamiento de 3.7 ocupantes por vivienda. Los niveles de hacinamiento por municipio pueden consultarse en la figura 4.15.

Marginación

El Consejo Nacional de Población, señala que el estado de Tabasco presenta 14 municipios que tienen grado de marginación medio, en tanto que otros 4 ostentan grado bajo y solo un municipio tiene grado de marginación muy bajo.

En cuanto a la distribución porcentual de la población del Estado por grado de marginación para el 2010, el 57.3 por ciento de los habitantes se encuentran con grado de marginación medio y 14.1 por ciento tiene un grado bajo (figura 4.16).

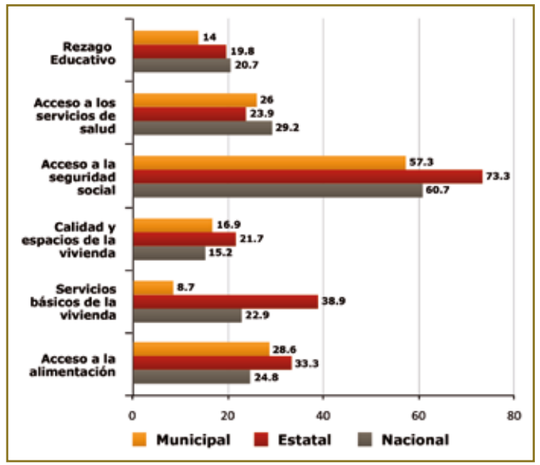


Figura 4.14. Indicadores porcentuales de carencia social, 2010 para el municipio de Centro.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del INEGI, 2010.

De acuerdo con estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010, el municipio de Centro presenta un índice de marginación de -1.48, lo que se traduce en un grado de marginación muy bajo.

Este municipio se encuentra ocupando el lugar número 17 en el contexto estatal en cuanto a marginación se refiere. En cuanto a las localidades, podemos señalar que 7 de ellas se encuentran en alto grado de marginación resaltando una de ellas "Luis gil Pérez" por ser considerara como un centro metropolitano.

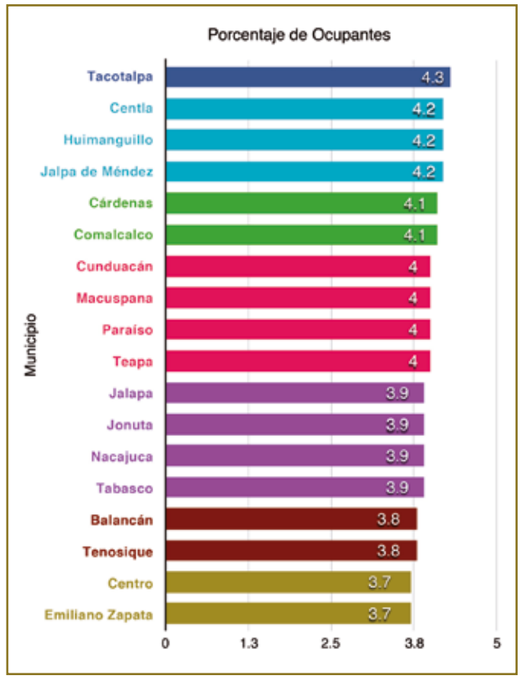


Figura 4.15. Promedio de ocupantes por vivienda particular habitada por municipio.
Fuente: INEGI. Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010. Tabasco.

En alto grado de marginación se encuentran poco más de 65 comunidades. Dentro de este grupo destcan zonas como los Acachapan, Aztlanes y Buena vista entre otras.

Sin embargo, además de señalar cuales son las localidades con mayor grado de marginación lo más importante a destacar en este renglón es que menos del 3.8% de la población se encuentra en un grado alto y muy alto, mientras que el 69.9% se ubica en un grado muy bajo de marginación.

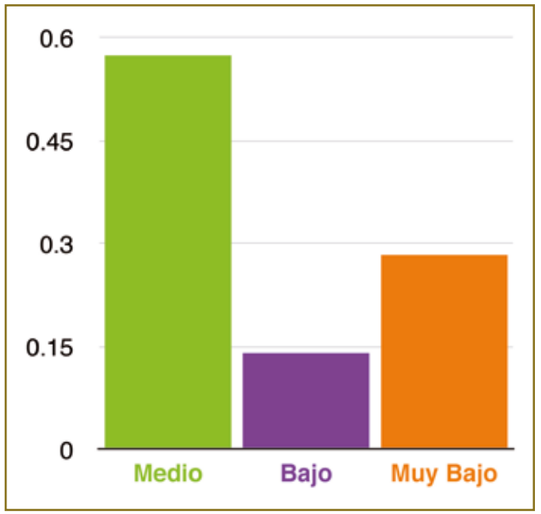


Figura 4.16. Distribución porcentual de la población del estado de Tabasco por Grado de Marginación, 2010.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del CONAPO, 2010.

Grado de Marginación Muy alta	
Localidad	**Población**
La Vuelta 1ra Sección (La Gloria)	155
Aztlán 2da Sección el Cuy	65
Ismate y Chilapilla 2da Sección Jahuactillo	65
La Arena	21
Aztlán 5ta Sección (Don Lorenzo)	13
Luis Gil Pérez (La Villa)	10
Los Patos	45

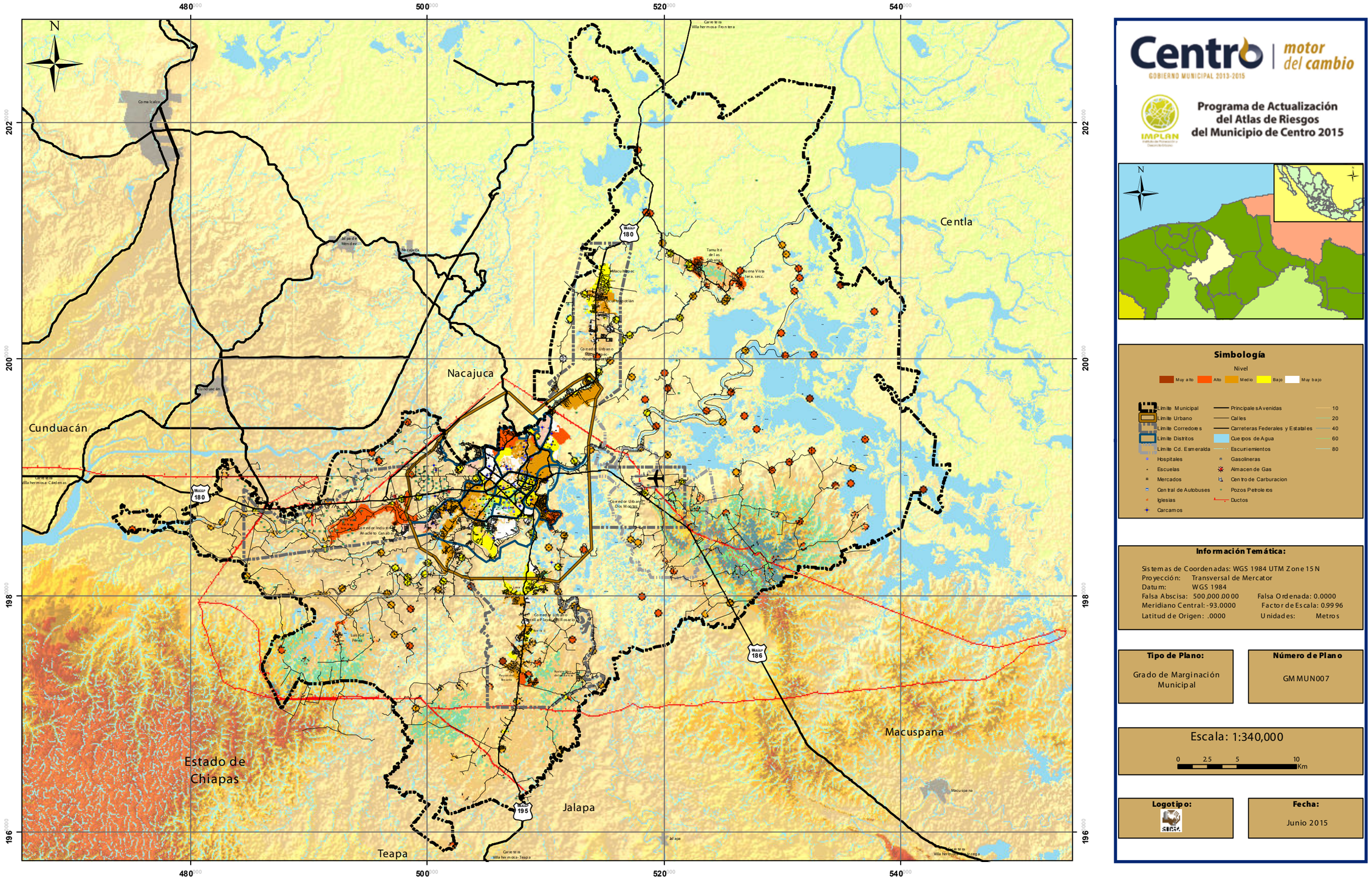
Grado de Marginación Alta	
Localidad	**Población**
Acachapan y Colmena 3ra Sección	1352
Acachapan y Colmena 4ta Sección	711
Acachapan y Colmena 5ta Sección	368
Miraflores 1ra Sección (Arroyo Grande)	346
Aztlán 1ra Sección	640
Barrancas y Amate 3ra Sección	1095
Barrancas y Amate 2da Sección	159
Barrancas y Guanal González	482
Aztlán 3ra Sección (Corcho y Chilapilla)	378
Boquerón 5ta Sección (La Lagartera)	561
Santa Catalina (San Marcos)	202
Corregidora Ortiz 4ta Sección	218
Chacté	169
Aztlán 4ta Sección (Corcho y Chilapilla)	268
Chiquiguao 1ra Sección	473
Chiquiguao 2da Sección (Chiquiguaíto)	227
El Espino	590
Estancia Vieja 2da Sección	346
Gaviotas Sur (El Chiflón)	27
La Isla	272
Ixtacomitán 4ta Sección	278
Ismate y Chilapilla 1ra Sección	553
La Vuelta (La Jagua)	666
Aztlán 3ra Sección (Jahuacte)	183
Lázaro Cárdenas 1ra Sección	1790
Aztlán 1ra Sección (Sector Majahual)	43
Las Matillas 4ta Sección	380
Miraflores 1ra Sección	425
Miraflores 3ra Sección	639
Sabanas Nuevas	158
Coronel Traconis 5ta Sección	13
La Victoria	103
La Cruz del Bajío	731
La Manga	733
La Ceiba	1389
El Zapotal (La Llave)	273
El Bajío	1122
Coronel Traconis (Guerrero 3ra Sección)	115
Ismate y Chilapilla 1ra Sección (San Antonio)	102
Coronel Traconis (San Francisco 4ta Sección)	245
Acachapan y Colmena 2da Sección (El Maluco)	525
Boca de Aztlán 2da Sección	303
Pablo L. Sidar (Guineo)	134
Ismate y Chilapilla 2da Sección	206
Pablo L. Sidar (Miramar)	217
La Palma	20
Plutarco Elías Calles	17
Rovirosa	640
Boca Grande el Espino	40
El Novillo	65
Aztlán 5taSección (Palomillal)	689
Torno Largo Estancia (El Manguito)	118
Lázaro Cárdenas 2da Sección (21 de Marzo)	142
Aztlán 1ra Sección (La Piedad)	62
Coronel Traconis 5ta Sección (San Isidro)	16
Las Matillas 4ta Sección (San Antonio)	106
Jornaleros y Aparceros (Pajaritos)	36
Acachapan y Colmena 2da Sección (La Lima)	22
Dieciséis de Septiembre	335
El Manzano	183
Alvarado Santa Irene 2da Sección (El Taizal)	392
La Francia	18
Buena Vista 2da Sección (Colonia José María)	366
Buena Vista 2da Sección (Colonia Nueva)	186
José Asmitia 3ra Ampliación	37
La Paila	111

Grado de Marginación Media	
Localidad	**Población**
Alvarado Santa Irene 1ra Sección	139
Alvarado Guardacosta	453
Alvarado Jimbal	621
Aztlán 2da Sección (El Corcho)	324
Barrancas y Guanal Tintillo	607
Boquerón 4ta Sección (Laguna Nueva)	2899
Buena Vista 1ra Sección	3005
Buena Vista 2da Sección	2119
Buena Vista 3ra Sección (Boca de Escoba)	156
Buena Vista Río Nuevo 3ra Sección	4231
El Corozal	736
Corregidora Ortiz 2da Sección	1036
Corregidora Ortiz 3ra Sección (San Pedrito)	1880
Corregidora Ortiz 5ta Sección	1572
Estancia	1444
Estancia Vieja 1ra Sección	1032
Estanzuela 1ra Sección	839
Estanzuela 2da Sección	171
González 1ra Sección	2922
González 2da Sección	1993
González 3ra Sección	1260
González 4ta Sección	1120
Guineo 2da Sección	1032
La Huasteca 2da Sección (Alvarado la Raya)	1375
Hueso de Puerco	639
Coronel Traconis 1ra Sección (La Isla)	208
Luis Gil Pérez	6083
Miguel Hidalgo 2da Sección (La Guaira)	578
Miramar	969
Pablo L. Sidar (La Aurora)	253
Plátano y Cacao 4ta Sección	1123
Plátano y Cacao 1ra Sección	1897
Plátano y Cacao 3ra Sección	1484
Río Tinto 1ra Sección	872
Río Tinto 2da Sección	674
Río Tinto 3ra Sección	1085
Torno Largo 2da Sección	554
Torno Largo 3ra Sección (Sabanilla)	530
Tumbulushal	1460
El Zapotal	594
Coronel Traconis 2da Sección (El Zapote)	170
La Manga 2da Sección (El Jobal)	1292
Gaviotas Sur (El Cedral)	1508
Alvarado (Colima)	246
Boca de Guanal	13
Cocoyol (Socialista)	421
Parrilla 4ta Sección (Los Acosta)	222
Parrilla 5ra Sección (El Carmen)	220
Ribera de las Raíces	608
Las Raíces	104
Barrancas y Guanal López Portillo	462
Miraflores 2da Sección	697
Medellín y Pigua 4ta Sección (El Aguacate)	277
Pablo L. Sidar	1251
La Cruz del Bajío (La Soledad)	115
Flores del Trópico	499
Jolochero (Boca de Culebra)	332

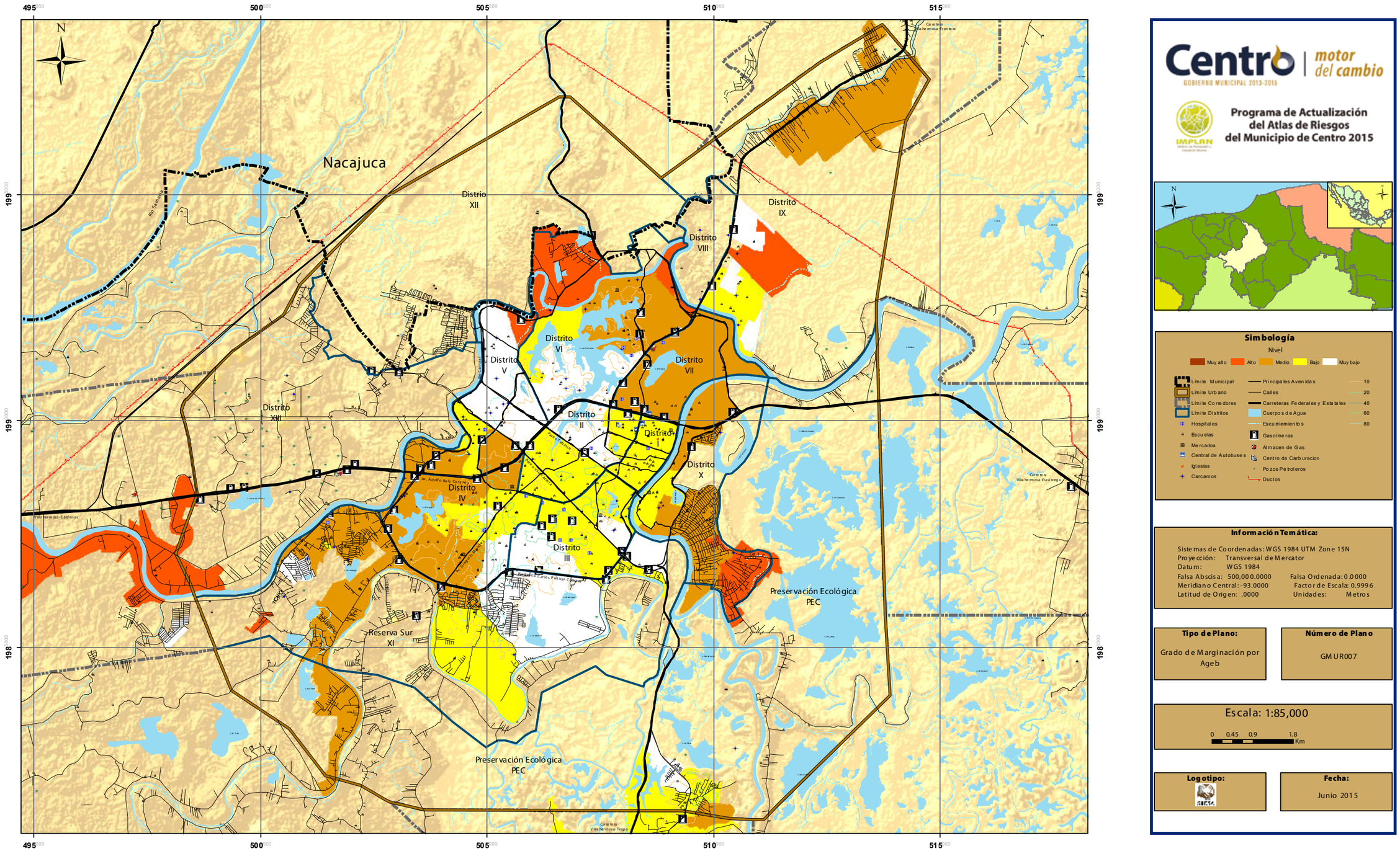
Grado de Marginación Media	
Localidad	**Población**
Miraflores 2da Sección (Zapotillo)	38
Tierra Amarilla 3ra Sección	984
Aztlán 4ta Sección (El Bajío)	268
García	331

Grado de Marginación Baja	
Localidad	**Población**
Acachapan y Colmena 1ra Sección	2619
Acachapan y Colmena 2Da. Sección (La Arena)	996
Anacleto Canabal 1ra Sección	3903
Anacleto Canabal 2da Sección	5153
Anacleto Canabal 4ta Sección	708
Boquerón 1ra Sección (San Pedro)	2963
Boquerón 3ra Sección (El Guanal)	1623
Buena Vista Río Nuevo 1ra Sección	5627
Buena Vista Río Nuevo 2da Sección	5740
Colonia Agraria (La Isla)	1459
Corregidora Ortiz 1ra Sección	2200
Dos Montes	1909
Emiliano Zapata	2633
Guineo 1ra Sección	2025
La Huasteca 1ra Sección	949
Ixtacomitán 3ra Sección	1003
Ixtacomitán 5ta Sección	924
Jolochero 2da Sección	1303
Lázaro Cárdenas 2da Sección	2755
Francisco I. Madero 1ra Sección	886
Medellín y Madero 3ra Sección	877
Medellín y Pigua 1ra Sección	529
Medellín y Pigua 2da Sección	1094
Medellín y Pigua 3ra Sección	5520
Pajonal	830
Paso Real de la Victoria	740
Plátano y Cacao 2da Sección (La Isla)	1987
Pueblo Nuevo de las Raíces	1773
Río Viejo 2da Sección	2138
Río Viejo 3ra Sección	652
Playas del Rosario (Subteniente García)	21893
Tierra Amarilla 1ra Sección	285
Torno Largo 1ra Sección	1276
Tamulté de las Sabanas	8824
Buena Vista Río Nuevo 4ta Sección	1316
La Loma	657
La Palma	1427
Boquerón 2da Sección (El Barquillo)	1339
Medellín y Madero 4ta Sección	774
El Alambrado	904
Constitución	2721
La Providencia (La Majahua)	231
Plutarco Elías Calles (La Majahua)	494
Anacleto Canabal 3ra Sección (Constitución)	1903
Lagartera 2da Sección	757
González 1ra Sección (Punta Brava)	635
Aniceto	169
Los Sauces	1097

Grado de marginación Muy baja	
Localidad	**Población**
Villahermosa	353577
Anacleto Canabal 3ra Sección	2589
Ixtacomitán 1ra Sección	5243
Ixtacomitán 2da Sección	2243
Lagartera 1ra Sección	1914
Medellín y Madero 2da Sección	7825
Parrilla	9664
Guapinol	5768
Río Viejo 1ra Sección	6726
Tierra Amarilla 2da Sección	138
Macultepec	6485
Plutarco Elías Calles (Cura Hueso)	852
La Lima	5638
Ocuiltzapotlán	18312
Fraccionamiento Ocuiltzapotlán Dos	4675
Parrilla II	10967
Villa Unión	311
El Rosario y el Quemado	943



Mapa 4.3. Marginación por localidad del municipio de Centro.



Mapa 4.4. Marginación por Ageb en el municipio de Centro.

Población con Discapacidad

Uno de los grupos más vulnerables de la sociedad es el que presenta algún tipo de discapacidad. El censo 2010 realizado por el INEGI, con base en el cuestionario ampliado, identificó a 132,212 tabasqueños con alguna dificultad física o mental para realizar las actividades de la vida diaria. La diferencia por sexo es mínima y corresponde a menos de un punto porcentual. De este número, 16 mil 500 discapacitados son jóvenes (15 a 29 años) y declararon tener dificultades en la realización de tareas de la vida diaria. Ellos representan 12.5 por ciento de la población con discapacidad y 2.7 por ciento del total de jóvenes de la entidad.

Entre los jóvenes con discapacidad, 60.7 por ciento son hombres. Las limitaciones para caminar o moverse son las más reportadas (35.5%), le siguen las dificultades para ver, aun usando lentes (23.2%) y las mentales o intelectuales (20.3%). Por su parte, los principales detonantes de las limitaciones para caminar o moverse son los accidentes (45.9%) y las enfermedades (30.3%), mientras que 78.5 por ciento de las limitaciones para hablar, comunicarse o conversar reportadas por los jóvenes se originaron por problemas durante el nacimiento.

La posibilidad de padecer alguna limitación física o mental se incrementa con la edad, la población masculina de 15 a 29 años con alguna discapacidad es de 3.4 por ciento, mientras que entre aquellos que tienen de 60 a 84 años es de 26.5 por ciento.

Las mujeres presentan un patrón similar, entre las de 60 a 84 años, 32 por ciento padece alguna limitación para llevar a cabo sus actividades. Si bien existen diferencias en el porcentaje de hombres y mujeres con discapacidad, estas no son sustantivas aunque en los grupos de mayor edad, son más mujeres las que presentan mayor porcentaje de discapacidad, situación que refleja la mayor sobrevivencia femenina.

La limitación de la movilidad, es la discapacidad reportada con mayor frecuencia entre la población general de la entidad; de cada 100 personas con limitaciones, más de la mitad se refieren a caminar o moverse, el segundo tipo de limitación que más padece la población con discapacidad, es la de tener problemas para ver aun utilizando lentes, la cual representa 34.2 por ciento de la población total de la entidad.

Por otra parte, con cifras de poco más de 8 por ciento de la población con alguna discapacidad se presenta la limitante de hablar o comunicarse y problemas mentales o intelectuales. Por sexo, las limitaciones por nacimiento en el Estado, son ligeramente más frecuentes entre los hombres (59.6 frente a 40.4% de las mujeres), lo mismo ocurre en las limitaciones por enfermedad (56.8 frente a 43.2% de las mujeres), en tanto que en las discapacidades originadas por accidentes son mucho más frecuentes en los varones, ya que representan 7 de cada 10 casos (68.9 frente a 31.1% de las mujeres).

En el municipio de Centro se identificaron 20,187 habitantes que presentan alguna limitación física o mental. De ellos, la discapacidad que se reporta con mayor frecuencia es la motora, tal como puede verse en la Figura 4.17. el 51.1 por ciento de la población municipal presenta dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana.

Los problemas visuales, es decir, individuos que tienen dificultades para ver aun cuando usen lentes, es el segundo tipo de problema que se presenta con mayor frecuencia en el Municipio (29.7 por ciento).

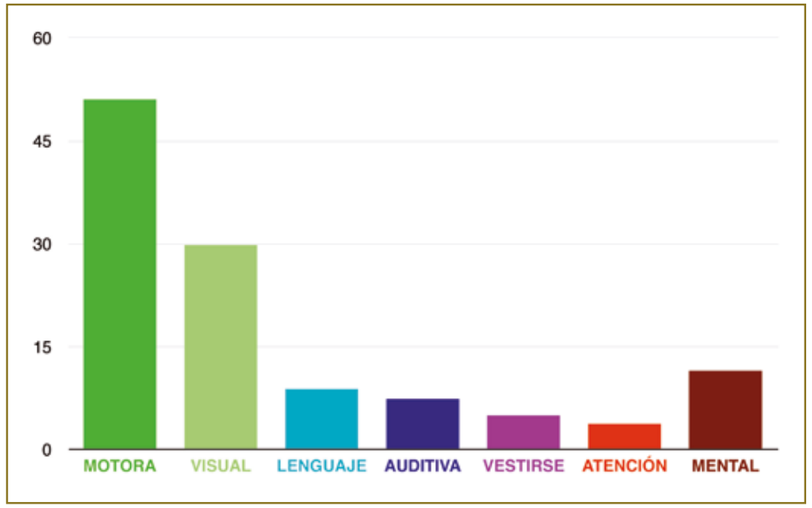
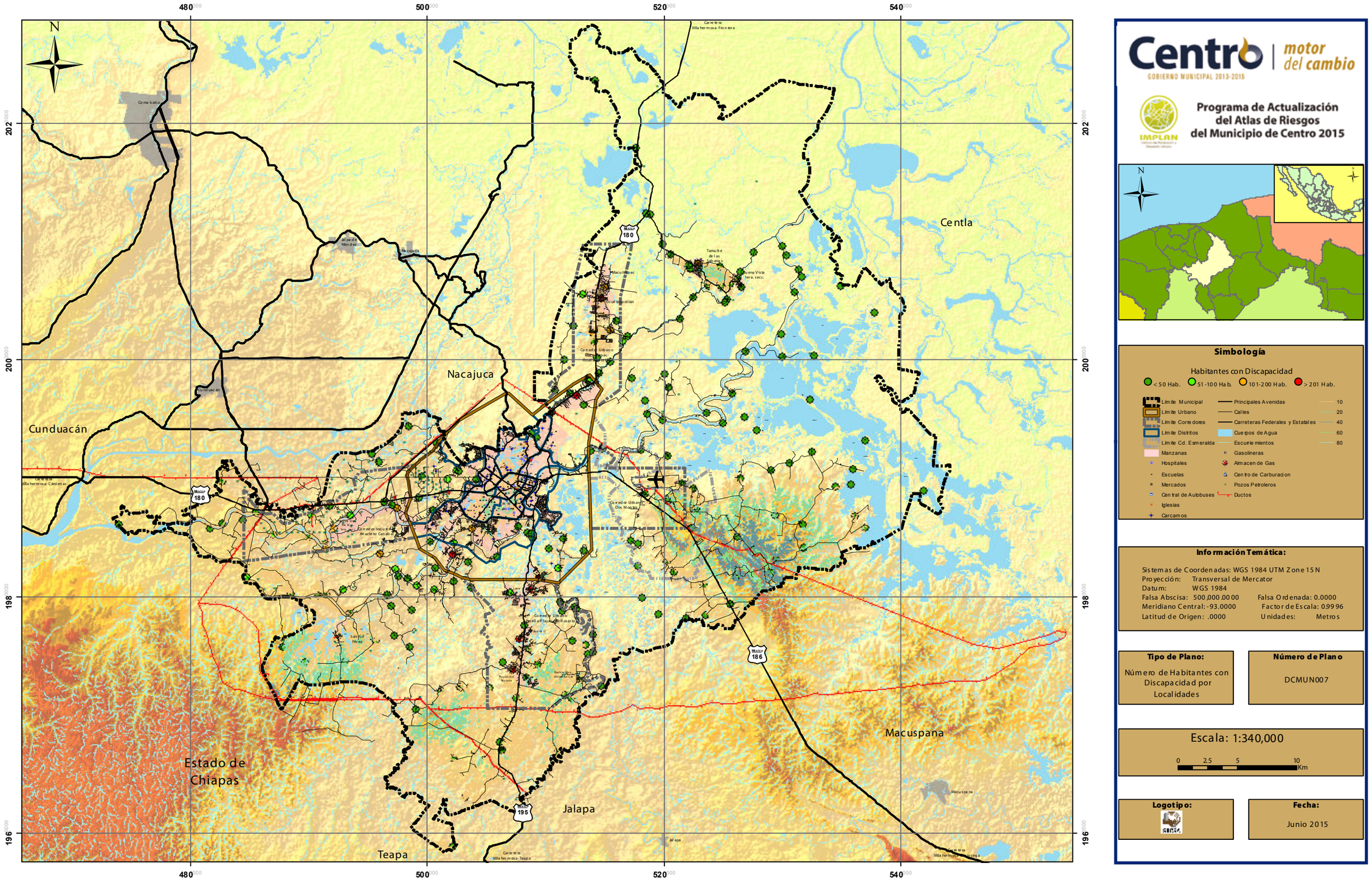


Figura 4.17. Distribución porcentual de discapacidades en la población municipal, 2010.
Fuente: Elaborado por el autor a partir del INEGI. Panorama sociodemográfico de Tabasco, 2011.



Mapa 4.5. Población con discapacidad en el municipio de Centro.

Lengua Indígena

México es un país con gran diversidad étnica. Importantes sectores de la población conservan sus lenguas originales y sus costumbres ancestrales, lo que requiere una atención especial para atender sus necesidades y obliga a conocer el volumen, ubicación y las características sociodemográficas de este sector de la población.

El estudio sobre personas hablantes de lengua indígena sería parcial si no se identifican aquellas que manifiestan no hablar una lengua en particular, pero que aceptan entender alguna de ellas. Para analizar esta condición y sus repercusiones es necesario tener conocimiento, entre otros factores, del volumen que tiene este sector con respecto al total de la población.

En la entidad, el censo de población 2010 registró que cuatro municipios del estado de Tabasco presentan los mayores porcentajes de personas no hablantes pero que comprenden alguna lengua indígena, destacando Centla y Macuspana con 7.7 y 5.7%, seguidos de Tacotalpa y Nacajuca con porcentajes del 2 y 1.9 por ciento (figura 4.18.). En el resto de los municipios la población de 3 años y más que manifestó comprender una lengua indígena pero no hablarla es menor a uno por ciento.

El Censo de Población y Vivienda 2010 reporta que si bien en la entidad la población de 3 años y más que no habla pero comprenden alguna lengua indígena es de 1.1 por ciento, en términos absolutos ese porcentaje representa 23,389 personas, de las cuales 11,622 son hombres y 11,767 son mujeres. En total para 2010 se sabe que en la entidad hay 61,256 personas que hablan lengua indígena; de ellos, 31,801 son hombres y 29,455 son mujeres.

En Tabasco, la mayor parte de la población que habla alguna lengua indígena también habla español. En los últimos 20 años la población que solo se comunica en su lengua materna registró una tendencia decreciente; en 1990 había un total de 814 personas, en 2000 disminuyó a 808 y en 2010 son únicamente 533 personas.

En la entidad la lengua chontal de Tabasco sigue siendo la más hablada, seguida del chol, tzeltal y tzotzil. Estas tres últimas originarias de Chiapas, en 1990 representaban 16.3%, 2.2 y 0.6% respectivamente, las cuales han incrementado su participación porcentual, pues para 2010 presentan en el mismo orden, los siguientes porcentajes 22.5%, 4.5 y 2.2 por ciento. Por su parte la lengua maya y las lenguas zapotecas, han ido disminuyendo su participación en las dos últimas décadas al pasar de 2.6 y 1.9% en 1990 a 1.4% para cada una, en 2010 (figura 4.19.).

La población hablante de lengua indígena se localiza principalmente en localidades con menos de 2,500 habitantes, en las cuales se encuentra el 58.8 por ciento. En el grupo de localidades de 2,500 a 14,999 habitantes reside el 29.3por ciento de la población hablante y en las localidades de 15,000 a 99,999 habitantes se encuentra establecido el 4.4 por ciento de la población indígena. Finalmente, en localidades de mayor tamaño, es decir, las que tienen 100 mil y más habitantes, se ubica el 7.5 por ciento de la población hablante de lengua indígena.

La distribución de la población hablante de lengua indígena en los distintos municipios de la entidad, indica que Tacotalpa y Nacajuca concentran los mayores porcentajes de población de 3 años y más hablante de lengua indígena con 18.6 y 14 por ciento, respectivamente. En la figura 4.20. puede observarse que en los municipios de Tenosique, Macuspana, Centla y Centro disminuye el porcentaje de hablantes en rangos que van desde 3 hasta 6 por ciento.

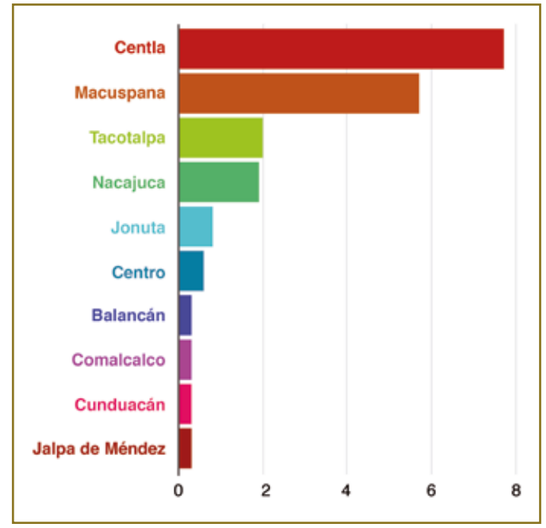


Figura 4.18. Municipios con mayor porcentaje de población de 3 años y más que no habla pero entiende alguna lengua indígena.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de INEGI.
Principales resultados del censo de población y vivienda 2010.

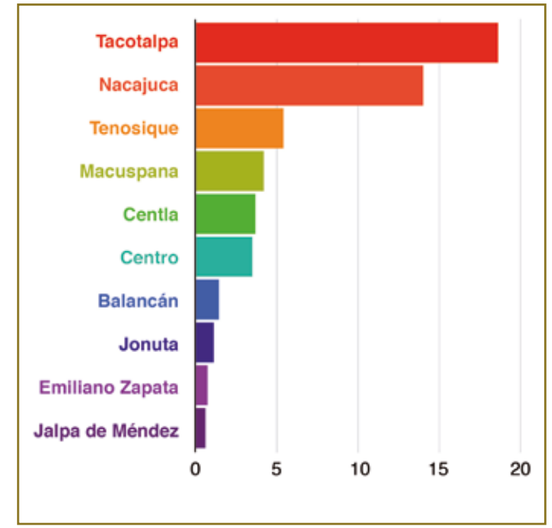


Figura 4.20. Porcentaje de hablantes de lengua indígena por municipio.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de INEGI.
Principales resultados del censo de población y vivienda 2010.

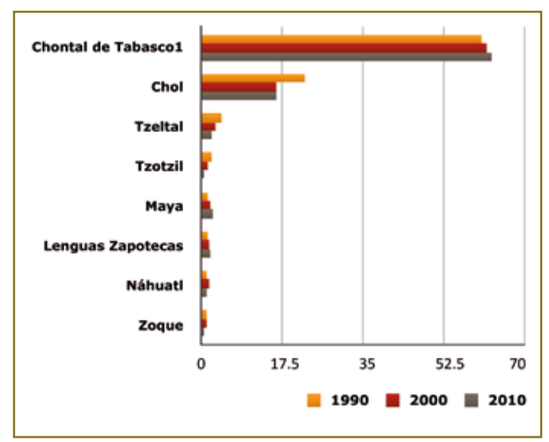


Figura 4.19. Distribución porcentual de las principales lenguas habladas en el Estado, 1990, 2000 y 2010.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de INEGI.
Principales resultados del censo de población y vivienda 2010.

Economía y PEA

La tasa de participación en la actividad económica de la población juvenil 2015 (entre 15 y 29 años de edad) para el estado de Tabasco puede consultarse en el Cuadro 4.5.

El estado de Tabasco reportó cerca de 927 mil trabajadores en 2014, realizando actividades principalmente relacionadas con el comercio y las actividades agropecuarias, lo que representó 2.1% y 1.9% respecto al personal ocupado en cada sector a nivel nacional (SE, 2014). El listado completo puede consultarse en el Cuadro 4.6.

El Producto Interno Bruto (PIB) del Estado ascendió a más de 488 mil millones de pesos en 2013, con lo que aportó 3.2% al PIB nacional. Como puede observarse en la figura 4.21. el mayor porcentaje correspondió a las actividades secundarias y en particular a la minería (cuadro 4.7).

Los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, señalan que al igual que en el año 2000, más de dos terceras partes de la población ocupada en Tabasco, obtiene sus ingresos como trabajadores asalariados, registrando un mínimo incremento en el periodo, al pasar de 68.3 a 69.3 por ciento. Por otra parte, también se observa incremento en el porcentaje de trabajadores por cuenta propia y empleadores, de 1.5 y 0.9%, respectivamente; mientras que los trabajadores sin pago decrecen 3.2 puntos en última década.

La población económicamente activa total en el municipio de Centro es de 54.8 por ciento. La población masculina que contribuye en las actividades económicas del municipio es de 74.7 por ciento, mientras que la población femenina es de 36.4 por ciento. Esto significa que de cada 100 personas de 12 años y más, 54 participan en las actividades económicas del Municipio y de estas el 40.3 por ciento son hombres (cuadro 4.8).

La población de mujeres económicamente activa tiene un porcentaje de ocupación ligeramente mayor que su contraparte masculina, ya que de cada 100 individuos de género femenino perteneciente a este grupo, 97 tienen alguna ocupación.

Los porcentajes de población no económicamente activa, así como de aquellos en condición de actividad no especificada pueden consultarse en el Cuadro 4.6.

La población ocupada para el área metropolitana de la ciudad de Villahermosa se puede consultar en la figura 4.22. donde se observa que para el año 2014, de manera general este grupo poblacional es menor si se le compara con los años anteriores, excepto para el tercer trimestre del año 2014. Cabe señalar que en virtud de la reforma constitucional emitida el 17 de junio de 2014, que elevó la edad legal mínima para trabajar de 14 a 15 años, las cifras aquí contenidas corresponden al universo de las personas de 15 años de edad en adelante y están ajustadas a las proyecciones de población elaboradas y difundidas por el CONAPO el 16 de abril de 2013. ■

Entidad Federativa	Hombres entre 15 y 29 años	Mujeres entre 15 y 29 años
Tabasco	51	49

Cuadro 4.5. Tasa de participación en la actividad económica de los jóvenes en el estado de Tabasco, al segundo trimestre de 2015.

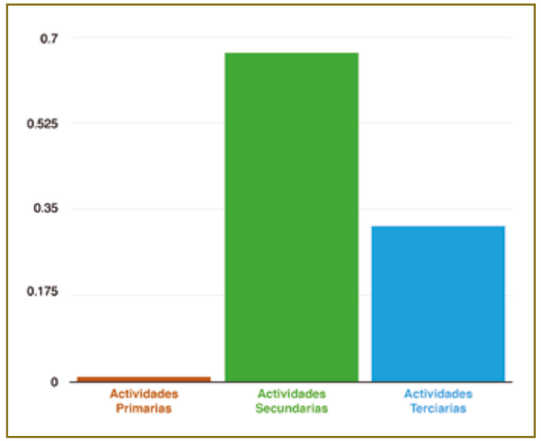


Figura 4.21. Estructura del PIB Tabasco, 2013.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del INEGI, 2010

Concepto	Tabasco Total	Nacional Total	% Particip.
Total Pea Ocupada	927,811	49,823,79	1.9
Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	132,617	6,862,835	1.9
Industria extractiva y de la electricidad	36,445	389,872	9.3
Industria manufacturera	61,130	7,943,142	0.8
Construcción	86,169	3,797,757	2.3
Comercio	204,630	9,714,906	2.1
Restaurantes y servicios de alojamiento	62,809	3,478,911	1.8
Transportes, comunicaciones, correo y almacenamiento	40,095	2,419,210	1.7
Servicios profesionales, financieros y corporativos	44,071	3,368,276	1.3
Servicios sociales	79,936	4,037,004	2
Servicios diversos	117,068	5,208,453	2.2
Gobierno y organismos internacionales	59,588	2,290,860	2.6
No especificado	3,253	312,572	1

Cuadro 4.6. Personal ocupado 2014 en el estado de Tabasco por área.
Fuente: INEGI, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, al cuarto trimestre de 2014.

PIB 2013	Tabasco Total	Nacional Total	% Particip.
Total	**488,756**	**15,447,556**	**3.2**
Actividades Primarias	**7,452**	**506,970**	**1.5**
Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	7,452	506,970	1.5
Actividades Secundarias	**326,755**	**5,326,904**	**6.1**
Minería	289,471	1,177,166	22.9
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y gas por ductos al consumidor final	1,909	288,925	0.7
Construcción	26,529	1,166,705	2.3
Industrias manufactureras	28,846	2,714,108	1.1
Actividades Terciarias	**154,549**	**9,613,682**	**1.6**
Comercio	43,383	2,486,380	1.7
Transportes, correos y almacenamiento	13,285	1,002,794	1.3
Información en medios masivos	3,161	357,185	0.9
Servicios financieros y de seguros	5,150	535,440	1
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	34,199	1,839,112	1.9
Servicios profesionales, científicos y técnicos	6,391	345,630	1.8
Corporativos		92,076	0
Servicios de apoyo a negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	4,001	516,744	0.8
Servicios educativos	13,852	656,595	2.1
Servicios de salud y asistencia social	8,934	365,995	2.4
Servicios de esparcimiento cultural y deportivo y otros servicios recreativos	325	73,519	0.4
Hoteles y restaurantes	4,333	340,863	1.3
Otros servicios excepto actividades del gobierno	5,124	328,071	1.6
Actividades del gobierno	12,410	673,276	1.8

Cuadro 4.7. Actividades productivas del Estado y Producto Interno Bruto 2013.
Fuente: INEGI, Secretaría de Economía. Cifras: Millones de pesos.

Población de 12 años y más	Total	Hombres	Mujeres
Económicamente Activa	54,8%	74.7%	36.4%
Ocupada	96.3%	95.8%	97.3%
No Ocupada	3.7%	4.2%	2.7%
No Económicamente Activa	44.7%	24.7%	63.2%
Condición de Actividad no Especificada	0.5%	0.6%	0.4%

Cuadro 4.8. Población ocupada de 12 años y más en el municipio de Centro, 2010.
Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos del INEGI, 2011. Panorama sociodemográfico de Tabasco.

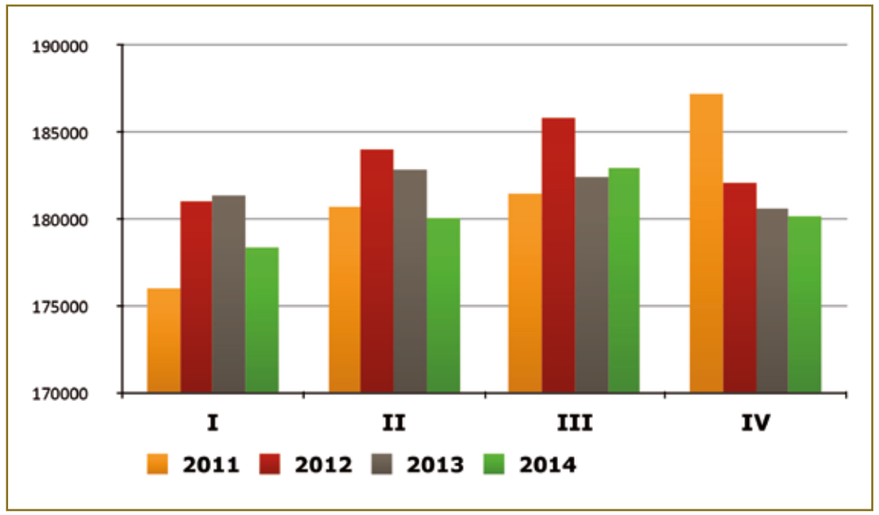


Figura 4.22. Población ocupada por trimestre en la ciudad de Villahermosa, 2014.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGI (2015). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Indicadores estratégicos.

ATLAS DE RIESGOS PARA EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO • 2015 •

CAPÍTULO 5

PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGOS ANTE FENÓMENOS NATURALES

“Fenómeno natural no es sinónimo de suceso inusual, por lo que los vientos, las lluvias, las granizadas, las sequías y similares, son fenómenos naturales al igual que los huracanes, los maremotos, las inundaciones y las erupciones volcánicas.”

Día lluvioso en la Ciudad de Villahermosa.
Parque Tomás Garrido Canabal.
Fotografía Grupo Presente Multimedios

5.1

Identificación de Amenazas, Peligros, Vulnerabilidad y Riesgo ante Fenómenos Perturbadores de Origen Natural.

Un desastre de origen natural, es aquel donde se presenta un fenómeno natural ante una población expuesta, vulnerable y mal preparada.

Los fenómenos naturales son aquellos sucesos que acontecen en la naturaleza sin la participación directa del hombre. Estos pueden ser percibidos por los sentidos y/o instrumentalmente. Los fenómenos naturales pueden ser objeto de conocimiento, pero también llegan a formar un peligro natural y por lo tanto, constituirse como una emergencia o desastre que puede afectar directa o indirectamente a todas las especies.

"Fenómeno natural" no es sinónimo de suceso inusual, por lo que los vientos, las lluvias, las granizadas, las sequías y similares, son fenómenos naturales al igual que los huracanes, los maremotos, las inundaciones y las erupciones volcánicas.

Un fenómeno de la naturaleza se puede considerar como desastre natural únicamente cuando este es dañino o destructivo. Cuando se emplea el término desastre, se hace referencia a pérdidas de vidas, así como pérdidas materiales provocadas por fenómenos como las inundaciones, los terremotos, los maremotos, deslizamientos de tierra, la contaminación ambiental, las erupciones volcánicas y otros.

Aunque por sí solas, las amenazas naturales no ocasionan ningún desastre, lo que genera un desastre es la combinación de una población o comunidad expuesta, vulnerable y mal preparada con una amenaza natural (ONU, 2008).

Bajo este contexto se puede decir que un desastre de origen natural, es aquel donde se presenta un fenómeno natural ante una población expuesta, vulnerable y mal preparada, a la cual causa daños y destrucción de múltiples maneras. A este fenómeno se le suma la acción directa o indirecta del ser humano.

La clasificación de los desastres naturales que hace la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en función de la causa que los genera es la siguiente:

Desastres generados por procesos dinámicos en el interior de la tierra

- Sismos: Son los movimientos de la corteza terrestre, que generan deformaciones intensas en las rocas del interior de la tierra, acumulando energía que súbitamente es liberada en forma de ondas que sacuden la superficie terrestre.
- Tsunamis: Movimientos de la corteza terrestre en el fondo del océano, formando y propagando olas de gran altura.
- Erupciones Volcánicas: Son el paso de magma, cenizas y gases del interior de la tierra a la superficie.

Desastres generados por procesos dinámicos en la superficie de la tierra:

- Deslizamiento de Tierras: Ocurren como resultado de cambios súbitos o graduales de la composición, estructura, hidrología o vegetación de un terreno en declive o pendiente:
- Derrumbes: Son la caída de una franja de terreno que pierde su estabilidad, o la destrucción de una estructura construida por el hombre.
- Aludes: Masas de nieve que se desplazan pendiente abajo.
- Aluviones: Flujos de grandes volúmenes de lodo, agua o hielo

Desastres generados por fenómenos geológicos e hidrometeorológicos.

- Inundaciones: Invasiones lentas o violentas de aguas de río, lagunas o lagos, debido a fuertes precipitaciones pluviales o rupturas de embalses, causando daños considerables. Se pueden presentar en forma lenta o gradual en llanuras y de forma violenta o súbita en regiones montañosas de alta pendiente.
- Sequías: Deficiencias de humedad en la atmósfera por precipitaciones pluviales irregulares o insuficientes.
- Huracanes.- Son vientos que sobrepasan los 24 km/h como consecuencia de la interacción del aire frío con el aire caliente y húmedo que viene del océano Pacífico.

- Tormentas: Fenómenos atmosféricos producidos por descargas eléctricas en la atmósfera.
- Tornados: Vientos huracanados que se producen en forma giratoria a grandes velocidades.
- Heladas.- Ocurren cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas. De igual forma se designa de esta manera a la congelación del agua del suelo por el descenso de temperatura por debajo de cero grados. Se producen en días anticiclónicos, con calma y sin nubosidad, principalmente en invierno.
- Granizadas.- Precipitación de agua en forma de gotas sólidas de hielo.

Fenómenos geológicos

De acuerdo al Servicio Geológico Mexicano la palabra deriva del griego "geo" que significa tierra y "logos" que significa tratado o conocimiento; por lo que se define a la geología como la ciencia que tiene por objeto entender la evolución del planeta a través del estudio de las rocas.

Así, la geología es una ciencia que estudia las fuerzas y factores que dan forma a la tierra tanto en su interior como en su exterior, por lo que es considerada como una disciplina histórica que analiza el desarrollo espacial y temporal del planeta.

A partir de la anterior definición, los fenómenos geológicos son el resultado de estas fuerzas de modelamiento de la corteza terrestre, el manto y el núcleo, que en su evolución liberan energía y que se manifiesta de diferentes formas. Así, un sismo es un fenómeno geológico resultado de la energía liberada por el acomodo de placas tectónicas. En esencia, los fenómenos geológicos son expresiones puntuales de fenómenos de larga duración.

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), los fenómenos geológicos son aquellos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de la superficie de esta, los cuales pueden clasificarse de la siguiente manera: sismicidad, vulcanismo, tsunamis, inestabilidad de laderas y suelos, y hundimientos y agrietamientos. Estos fenómenos han estado presentes a lo largo de toda la historia geológica del planeta y, por tanto, seguirán presentándose obedeciendo a patrones de ocurrencia similares.

Dentro de los fenómenos geológicos más usuales se encuentran el vulcanismo, los sismos, tsunamis, flujos, derrumbes, fallas y fracturas; y son el resultado de la liberación instantánea de energía que ocurre por los movimientos de placas y desplazamiento de las bases en el acomodo de grandes masas de tierra.

Sismo ocurrido en la Ciudad de México, 1985.
Fotografía: Fuente pública internet.

Otros fenómenos geológicos son propios de la superficie terrestre y son debidos esencialmente a la acción del intemperismo y la fuerza de gravedad, teniendo a esta como factor determinante para la movilización masiva ya sea de manera lenta o repentina, de masas de roca o sedimentos con poca cohesión en pendientes pronunciadas que afectan seriamente los asentamientos humanos, ya que muchas áreas habitadas por el hombre se localizan en valles aluviales debido a la disponibilidad de campos planos y cultivables. En ocasiones estos deslizamientos o colapsos también son provocados por sismos intensos.

Con el paso del tiempo y el aumento de la población, las corrientes superficiales de agua se vuelven insuficientes para el riego agrícola y el consumo humano, por lo que se recurre a extraer, cada vez en mayor proporción, agua del subsuelo. Como consecuencia de esta acción, el terreno presenta gradualmente hundimientos y agrietamientos locales y regionales que llegan a afectar seriamente las edificaciones y la infraestructura (Atlas Nacional de Riesgos, 2015).

Los tsunamis, también conocidos como maremotos, aunque menos frecuentes que los sismos o las erupciones volcánicas, constituyen amenazas grandes, particularmente para poblaciones e instalaciones costeras. Por ello, los más peligrosos suelen ser los que se originan como consecuencia de sismos de gran magnitud cuyo epicentro se encuentra a pocos kilómetros de la costa. Estos fenómenos geológicos se caracterizan por los daños masivos que generalmente ocasionan, como en el caso de los tsunamis ocurridos en Fukushima, Chile, Samoa e Indonesia.

Otros fenómenos geológicos de gran importancia son la sismicidad y el vulcanismo, estos son consecuencia de la movilidad y de las altas temperaturas de los materiales en las capas intermedias de la Tierra, así como de la interacción de las placas tectónicas y se manifiestan en áreas o sectores bien definidos.

Los sismos cuando se presentan y son de gran intensidad se caracterizan por el daño masivo y gran número de víctimas humanas que dejan a su paso. Ejemplo de ello son los ocurridos en San Francisco California, Nicaragua, Chile, el Distrito Federal en México y el más reciente ocurrido a finales del mes de abril de 2015 en Nepal, donde la cifra de fallecidos a causa del sismo de 7,6° en la escala de Richter asciende a un poco más de 5,238 personas, además de los 10,348 que resultaron heridos. Estas cifras fueron presentadas por el Centro Coordinador de Emergencias de Nepal.

El vulcanismo es también un fenómeno geológico que causa grandes pérdidas. Algunos eventos históricos en este sentido, son las erupciones de volcanes ocurridas en distintas partes del mundo como el Krakatoa en Indonesia, el Santa Elena en Estados Unidos, el Vesubio en Italia, el Pinatubo en Filipinas y recientemente el Calbuco en Chile. Este último, aunque no causó víctimas humanas, si provocó fuertes daños a la economía chilena al afectar extensas zonas agrícolas, ganaderas, áreas de acuacultura y otras destinadas al turismo.

Otros procesos como la subsidencia o la erosión no tienen los impactos violentos que muestran los fenómenos mencionados previamente. No obstante, siguen siendo procesos de largo plazo que pueden transformar un territorio completamente con el paso del tiempo.

A continuación se explican con mayor amplitud los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos que tienen incidencia en el municipio de Centro.

Gráfica producida por un Sismográfo.
El Sismograma registra la intensidad, duración y otras características de un movimiento sísmico.
Imágen de uso público en Internet.

Erupción del volcán Eyjafjallajökull en Islandia, visto desde la Estación Espacial Internacional. Fotografía de la NASA.

Vulcanismo

La Tierra es un sistema muy complejo que se mantiene en evolución permanente, por lo que con el paso del tiempo se va transformando lentamente. A partir de la formación del planeta hace más de 4,500 millones de años, las condiciones han cambiado paulatinamente. En principio la corteza se enfrió, para que algunos miles de millones de años más tarde surgiera la vida. Sin embargo, al interior del planeta existe aún una gran cantidad de material en ebullición que busca continuamente mecanismos para continuar su proceso de enfriamiento y liberar la presión que el calor ocasiona.

Al interior, el centro del planeta es una esfera sólida de material comprimido a muy alta presión que se encuentra cubierto de una capa de material líquido que se conoce como Magma, y que no es otra cosa que roca fundida. La siguiente capa la conforma el manto, mismo que es un estrato de material rocoso grueso que cubre al núcleo y al magma constituyendo el segmento de mayor espesor del planeta. Finalmente, la capa más delgada es la corteza terrestre, que forma las paredes de la olla y que es lo que se ve en la superficie donde se encuentran la atmósfera y los océanos.

La roca líquida o magma tiene una menor densidad que la sólida y por ello tiende a subir acumulándose en la corteza formando "cámaras magmáticas". Se dice que un volcán es activo, cuando existe magma fundido en su interior, o cuando puede recibir nuevas aportaciones de magma y por tanto mantiene el potencial de producir erupciones. Por ello, aun volcanes que no muestran ninguna manifestación externa pueden ser clasificados como activos.

Las erupciones volcánicas resultan del ascenso del magma que se encuentra en la parte interna de un volcán activo. Cuando el magma se acerca o alcanza la superficie, pierde todos los gases que lleva en solución o parte de ellos, formando gran cantidad de burbujas en su interior. Las erupciones son entonces emisiones de mezclas de magma (roca fundida rica en materiales volátiles), gases volcánicos que se separan de este (vapor de agua, dióxido de carbono, dióxido de azufre y otros) y fragmentos de rocas de la corteza arrastrados por los anteriores. Estos materiales pueden ser arrojados con distintos grados de violencia, dependiendo de la presión de los gases provenientes del magma o de agua subterránea sobrecalentada por los mismos.

Los edificios volcánicos están formados por los depósitos de materiales emitidos en erupciones pasadas, y por lo general no son estructuras muy firmes. Una erupción o un terremoto pueden provocar la fractura

Volcán	País	Año	Flujo Piroclástico	Flujo de Lodo	Tsunami	Hambruna
Oshima	Japón	1741			1481*	
Cotopaxi	Ecuador	1741		1000		
Makian	Indonesia	1760		2000		
Papandayan	Indonesia	1772		2957*		
Gamalama	Indonesia	1775	1300			
Laki	Islandia	1783				9336
Asama	Japón	1783	1151*			
Unzen	Japón	1792			15188*	
Mayón	Filipinas	1814	1200			
Tambora	Indonesia	1815	12000			80000
Galunggung	Indonesia	1822		4000		
Mayón	Filipinas	1825		1500		
Nevado de Ruíz	Colombia	1845		1000		
Awu	Indonesia	1856		3000		
Cotopaxi	Ecuador	1877		1000		
Krakatoa	Indonesia	1883			36417	
Soufriere	St. Vicent	1902	1565			
Mt. Pelée	Martinica	1902	29000			
Sta. María	Guatemala	1902	1500			
Taal	Filipinas	1911	1335			
Kelud	Indonesia	1919		5100		
Merapi	Indonesia	1930	1300			
La Mington	Papua (NG)	1951	2942*			
Agung	Indonesia	1963	1900			
Chichón	México	1982	1700			
Nevado el Ruiz	Colombia	1985	2500			
Lago Nyoos	Camerún	1986	1746			
Nevado el Ruíz	Colombia	1985		25000		
Pinatubo	Filipinas	1991		800		

Cuadro 5.1.1. Desastres volcánicos más importantes en el mundo en los últimos 290 años.
Fuente: CENAPRED (Fascículo Volcanes "Peligro y riesgo volcánico en México", 2014).

Cono del volcán Chichón o Chichonal.
Fotografía del dominio público en Internet.

y el derrumbe del material acumulado en las partes altas del volcán y consecuentemente producir una gran avalancha de escombros. Este tipo de avalancha por lo general llega a ser muy destructiva, dependiendo de la cantidad de material involucrado, de la altura a la que se origina y de la topografía del terreno.

Los Peligros Volcánicos

En el mundo existen alrededor de 1300 volcanes continentales activos y mantienen una tasa eruptiva global de 50 a 60 erupciones por año, y en promedio, existen en todo momento unos 20 volcanes en actividad en distintos puntos del globo (Simkin y Siebert, 2002).

En el cuadro 5.1.1 se muestra una relación de los desastres volcánicos más importantes de los últimos 290 años y las causas principales de la mortandad. El potencial destructivo de los volcanes representa actualmente una amenaza a la vida y propiedades de millones de personas.

Los volcanes en México

México por su formación geológica es un suelo accidentado que integra un gran número de cordilleras, montañas, montes y colinas y volcanes. Estos últimos se relacionan en gran medida a procesos de subducción generados por el choque de las placas tectónicas de Riveras y Cocos con la Gran Placa de Norte América y tiene su expresión volcánica en la Faja Volcánica Transmexicana.

Los movimientos de estas grandes masas de tierra dieron lugar en el territorio mexicano a los siguientes sistemas montañosos:

- Sierra de California. Se extiende en dirección norte noroeste a sur sureste a lo largo de toda la Península de Baja California, desde los límites de México con los Estados Unidos hasta Cabo San Lucas en el estado de Baja California Sur.
- Sierra Madre Occidental. Se extiende desde Sonora hasta Nayarit. Conformada por 1,250 km de longitud, con una anchura media de 150 km y una altura media de 2,250 m.s.n.m.
- Sierra Madre Oriental. Se extiende dentro de México, en dirección norte noroeste, desde el estado de Coahuila, hacia el sur sureste hasta el estado de Veracruz y Oaxaca.
- Sierra Madre del Sur. Se extiende desde Jalisco hasta el Istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca atravesando los estados de Colima, Michoacán y Guerrero.
- Cordillera Neovolcánica o Eje Volcánico Transversal. Es una cadena montañosa que se extiende del oeste al este en la parte media del país.

- Sierra Madre de Chiapas. Se localiza casi en su totalidad dentro del estado de Chiapas y solo una pequeña parte dentro del estado de Oaxaca. Alcanza una altitud media de 1,500 m.s.n.m., así como una longitud y anchura media de 280 y 50 km respectivamente. Se considera que inicia en el municipio oaxaqueño de Santo Domingo Zanatepec, extendiéndose por el sur del estado de Chiapas y continúa hasta los límites con la república de Guatemala penetrando en ella. Entre las elevaciones que se destacan se pueden mencionar La Cruz de Piedra, el Cerro de San Miguel, el Pico de Niquivil y justo en la frontera México-Guatemala el Volcán de Tacaná con más de 4,000 msnm. El volcán Chichonal también forma parte de este sistema.

En el Cuadro 5.1.2 se muestra la ubicación y altura en m.s.n.m. de algunos de los principales volcanes de México que se encuentran en la zona de interés.

Actividad Volcánica Reciente en México

El vulcanismo que se desarrolla a lo largo de la Faja Volcánica Mexicana (FVM) es muy variado, e incluye desde actividad efusiva, cuyos productos más importantes son los derrames de lava, hasta volcanes que han producido erupciones altamente explosivas, con emisión de grandes cantidades de materiales piroclásticos tanto de flujo como de caída.

La tasa de erupción promedio en México durante los últimos 500 años ha sido aproximadamente de 15 erupciones por siglo. Si bien la mayoría de las erupciones han sido de magnitudes bajas, otras han sido destructivas en grado moderado, como las del Colima en los años 1576 y 1818; las del San Martín, Tuxtla en 1664 y 1793; o en mayor grado, como ocurrió en la erupción del volcán Chichonal en 1982, que causó numerosas víctimas, devastando 150 km^2 de áreas boscosas y de cultivo, y destruyó varios miles de cabezas de ganado.

Otras erupciones, como el nacimiento del volcán monogenético Paricutín han producido flujos de lava, provocando la destrucción de poblaciones y tierras cultivables, pero sin causar víctimas. Casos análogos de volcanes monogenéticos recientes son el Jorullo, que nació en Michoacán en 1759 y el Xitle, que nació en el valle de México hace 1670 años aproximadamente. Los efectos de los flujos de lava del Xitle pueden apreciarse muy claramente en la zona arqueológica de Cuicuilco en el sur del Distrito Federal.

Durante una erupción explosiva, el magma, al alcanzar la superficie, produce abundantes proporciones de gas y libera grandes cantidades de energía por diversos procesos. Esta diversidad de mecanismos presentes en la erupción hace difícil medir su tamaño.

La forma como se reparte esta energía varía en cada erupción, aun tratándose del mismo volcán, lo que hace muy difícil cuantificarla. Walker (1980) sugirió que se necesitan cinco parámetros para caracterizar adecuadamente la naturaleza y tamaño de una erupción explosiva:

a) Magnitud de masa: es la masa total del material emitido;
b) Intensidad: es la razón a la que el magma es expulsado (masa/tiempo);
c) Poder dispersivo: es el área sobre la cual se distribuyen los productos volcánicos y está relacionada con altura de la columna eruptiva;
d) Violencia: es una medida de la energía cinética liberada durante las explosiones, relacionada con el alcance de los fragmentos lanzados; y
e) Potencial destructivo: es una medida de la extensión de la destrucción de edificaciones, tierras cultivables y vegetación, producida por una erupción.

Recientemente, de la Cruz-Reyna (1990), definió una escala de magnitudes basada en la relación entre el tamaño de las erupciones y su tiempo medio de recurrencia. Actualmente, una de las formas más aceptadas de cuantificar las erupciones explosivas es la escala del Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés). Esta escala fue definida por Newhall y Self en 1982, y es una escala compuesta donde se toman en cuenta diversas características de una erupción: el volumen de magma emitido, la energía térmica liberada, el alcance de los productos fragmentados, el grado de destrucción causada, la altura de la columna eruptiva, la duración de la erupción, etc.

Los materiales emitidos durante una erupción de cualquier tipo pueden causar diferentes efectos sobre el entorno, dependiendo de la forma como se manifiesten. Las principales manifestaciones volcánicas son:

Flujos de lava

Es la roca fundida emitida por una erupción efusiva desde un cráter superior, secundario o desde una fisura en el suelo, puede avanzar con velocidades que dependen de la topografía, y de su composición y temperatura, pero que por lo general son bajas.

Flujos piroclásticos

Durante las erupciones explosivas, pueden generarse avalanchas formadas por mezclas de fragmentos de lava, ceniza volcánica (magma finamente fragmentado), y gases muy calientes que se deslizan cuesta abajo por los flancos del volcán a grandes velocidades y pueden llegar a ser muy destructivas y peligrosas.

Flujo de lava del volcán Tungurahua en Ecuador (14 de julio de 2006). Fuente: Diario Estrella Digital.

Flujos piroclásticos del Volcán de Fuego de Colima en México (06 de junio de 2005). Fuente: http://www.google.com.mx/imgres

Uno de los grandes ejemplos del impacto de los flujos piroclásticos en el sureste del país se presentó durante la erupción del volcán Chichonal en 1982. Los flujos causaron el peor desastre volcánico en la historia de México.

El único mecanismo de protección ante estos flujos es la evacuación preventiva, ya que por su velocidad (que puede exceder fácilmente los 100 km/h), hace muy difícil cualquier acción durante su desarrollo, puesto que para recorrer las distancias que separan a las poblaciones vulnerables de los volcanes activos y resguardarse en lugares seguros lejanos al área les toma al menos varios minutos que son imposibles de tener cuando el volcán ha iniciado la expulsión de flujos.

Flujos de lodo (lahares)

La mezcla de bloques, ceniza y cualquier otro escombro o sedimento volcánico con agua que se moviliza desde las laderas de volcanes, puede producir avenidas muy potentes de lodo y rocas que tienen un poder destructivo similar o incluso mayor a los flujos piroclásticos y por lo general, mayor alcance, ya que pueden recorrer decenas de kilómetros.

Durante los últimos siglos, los lahares han destruido más propiedad pública o privada que cualquier proceso volcánico y han sido los causantes de la pérdidas de miles de vidas humanas. Los lahares, junto con la caída de tefra, son las principales causas de riesgo asociado a volcanes.

Derrumbes y deslizamientos

Los edificios volcánicos están formados por los depósitos de materiales emitidos en erupciones pasadas, y por lo general no son estructuras muy firmes. Una erupción o un terremoto pueden provocar la fractura y el derrumbe del material acumulado en las partes altas del volcán y producir una gran avalancha de escombros. Este tipo de avalancha por lo general llega a ser muy destructiva, dependiendo de la cantidad de material involucrado, de la altura a la que se origina y de la topografía del terreno.Un ejemplo reciente de este tipo de manifestación se pudo observar en la erupción del volcán Santa Helena, en el estado de Washington, E.U.A. del 18 de mayo de 1982.

Columnas eruptivas

Las erupciones plinianas están asociadas a magmas de composición félsica (ácidos). Se caracterizan por su alto grado de explosividad, con manifestaciones muy violentas en las cuales se expulsan grandes volúmenes de gas volcánico caliente, fragmentos de magma de diversos tamaños y cenizas al aire. La expulsión a gran velocidad de estos materiales, junto con su rápida ascensión, forma columnas eruptivas que pueden superar los 30 km de altura, inyectándolos en la estratosfera.

Lluvia de fragmentos y cenizas

Durante una erupción, los fragmentos de magma más grandes que fueron expulsados por el volcán, caen

Flujo de lodo o lahares en el Monte Santa Helena el 21 de marzo de 1982. Fuente: http://www.google.com.mx/imgres

Vista aérea de la cara norte del Monte Santa Helena (1982). Fuente: http://www.google.com.mx/imgres

Vista de la columna eruptiva del volcán Calbuco desde Puerto Varas, 22 de abril de 2015. Fuente: http://www.google.com.mx/imgres

Fumarola de ceniza y vapor de agua que exhaló el volcán Popocatépetl y se desplazó al norponiente de la ciudad de Puebla.
Fuente: http://www.google.com.mx/imgres

Daños de diversas magnitudes e índoles, provocados por lluvia de cenizas que se acumula sobre plantas, animales, techos, caminos y aeropuertos, entre otros.
Fotografías del dominio público en Internet

cerca del mismo y los fragmentos más finos pueden ser arrastrados por el viento sobre distancias de cientos y hasta miles de kilómetros, especialmente a elevadas altitudes, produciendo lluvia de cenizas sobre grandes extensiones.

El daño principal que causa la ceniza en las poblaciones se deriva de su acumulación en los techos, pudiendo provocar su colapso, lo que puede evitarse removiendo la ceniza acumulada, teniendo gran cuidado de no arrojarla al drenaje.

La inhalación o exposición excesiva a la ceniza volcánica también llega a ser dañina por su carácter erosivo y, en ciertos casos, por los materiales volátiles que se pueden condensar sobre la superficie de las partículas. En algunos casos, por suerte poco frecuentes, la ceniza puede acarrear depósitos de flúor a niveles tóxicos.

La ceniza depositada sobre las vías de comunicación puede inhabilitar carreteras y aeropuertos. Cuando la ceniza depositada se humedece o se compacta, su peso puede producir hundimientos de los techos y caída de hojas y ramas de plantas y cables de todo tipo.

Así mismo, la ceniza húmeda puede conducir la electricidad, produciendo cortos en las líneas de transmisión de energía y en líneas de comunicación. La densidad de la ceniza no compactada es comparable a la del agua o granizo (cerca de 1000 kg/m^3). La ceniza húmeda y compactada puede alcanzar densidades cercanas a 3000 kg/m^3, por lo que su acumulación sobre techos inadecuadamente diseñados puede causar su colapso.

La ceniza húmeda puede tener ciertas propiedades de cohesión y cementarse, especialmente cuando ha invadido sistemas de drenaje. La lluvia abundante sobre depósitos de ceniza genera lodo que dificulta el tránsito y puede producir peligrosos flujos de lodo.

En la Figura 5.1.8 puede apreciarse como la ceniza se cohesionó y cementó, generando grandes cantidades de lodo que se acumula sobre partes expuestas, causando problemas de tránsito.

La fumigación inicial de cenizas y gases se ve condicionada por la dirección del viento, llegando en ocasiones a oscurecer el cielo, lo que puede generar ciclos de enfriamiento superficial que afectan al clima en general, tal como se ocurrió durante el año 1816 ,donde no hubo verano a consecuencia de la erupción del Tambora (volcán). La inyección de aerosoles puede causar fenómenos parecidos, que afectan al albedo terrestre aunque hasta ahora no se ha presentado un efecto tan

Flujo de lodo en San Miguel Escobar, 2010. Fuente: http://www.google.com.mx/imgres

fuerte como el provocado por el efecto de las cenizas. Estos fenómenos son parecidos al invierno nuclear.

En la Figura 5.1.1 se puede apreciar que existe un gran número de estructuras volcánicas en la cordillera de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala. No obstante, la que mayor cercanía tiene con el municipio de Centro es la estructura del volcán Chichonal.

Volcán Chichonal

El Chichón o Chichonal es un volcán activo que se encuentra ubicado en el estado de Chiapas. El 28 de marzo de 1982 este volcán produjo una gran erupción tipo pliniana tan violenta, que en cuarenta minutos la columna eruptiva abarcó 100 km de diámetro por casi 17 de alto. La erupción destruyó varias poblaciones en el estado de Chiapas. Según el recuento de los daños, estos ascendieron a más de dos mil muertos, poco más de veinte mil damnificados y tierras siniestradas en un área de 25 kilómetros cuadrados, aunque las afectaciones abarcaron no menos de cien kilómetros cuadrados.

Al día siguiente de la erupción, una intensa lluvia de cenizas cayó en los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Oaxaca y Veracruz. Esta situación provocó el desalojo de miles de familias en la zona que circunda el volcán, mientras que en el estado de Tabasco y en el municipio de Centro fue necesario suspender todo tipo de actividades para salvaguardar a la población.

El Centro, de inmediato inició una campaña de limpieza en las zonas urbanas y en las localidades rurales buscando disminuir el peso en las techumbres y evitar el colapso de los sistemas de drenaje. El aeropuerto se cerró por un par de días y los principales daños fueron en las zonas de cultivo que se perdieron irremediablemente.

En los siguientes días continuaron las explosiones y la bruma volcánica se extendió hasta el centro del país. El día 4 de abril se presentó una explosión más fuerte y prolongada que la ocurrida el 28 de marzo; esta nueva erupción produjo una columna que penetró en la estratosfera; en unos cuantos días, la porción más densa de la nube de ceniza circundó el planeta.

La historía eruptiva del Chichonal esta documentada ampliamente en diferentes fuentes. Sin embargo, las fechas no son concluyente y en algunas ocasiones se abre algún intervalo de tiempo de aproximadamente 200 años.

En este sentido, en el cuadro 5.1.3 se pueden consultar ampliamente las fechas de erupción para el Chichonal con su respectivo VEI, que el Smithsonian Institution reporta en el Global Volcanism Program.

Figura 5.1.1. Distribución de los principales volcanes en la zona de estudio. En líneas amarillas se encuentra el límite municipal. El punto más cercano corresponde al Chichonal. Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos de: Smithsonian Institution, Global Volcanism Program.

El volcán Chichonal (figura 5.1.2.), ubicado en el vecino estado de Chiapas es la estructura volcánica má cercana a la entidad y al municipio de Centro. No obstante, en la figura 5.1.3. se puede apreciar que el límite municipal toca con el segundo anillo que ejemplfica las distancias. Lo que indica para este caso que el Centro se encuentra a 100 km de distancia y la zona urbana se ubica aproximadamente a una distancia entre 150 y 200 km, ya sobre la zona en color verde en la figura.Por lo anterior, su relación con el estado de Tabasco y en particular con el municipio de Centro es distante.

Precisamente en función de la distancia y de las condiciones del territorio, es poco probable que en la entidad, así como en el Municipio se presenten efectos por proyectiles, lahares o flujos piroclásticos.

Los modelos de dispersión de ceniza elaborados por el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el Mapa de Zonificación de Riesgos del Volcán, indican que es poco probable que se presente caída de ceniza en la entidad y consecuentemente en el Municipio. En la Figura 5.1.5. se pueden observar los patrones de distribución propuestos por la UNAM y se distingue claramente que el límite municipal queda fuera de peligro por este agente. Únicamente una mínima parte del territorio

Figura 5.1.2. Vista superior del volcán Chichonal, ubicado en el estado de Chiapas.
Fuente: http://www.google.com.mx/imgres

Figura 5.1.3. Ubicación del volcán Chichonal y su relación con el municipio de Centro.
El circulo rojo indica el área de mayor peligro, el naranja marca los primeros 100 km a la redonda. De ahí, cada color marca 50 km adicionales, por lo que el municipio de Centro se encuentra a 100 km de distancia y la zona urbana entre 150 y 200 km en color verde.
Fuente: Elaborado por el autor.

Figura 5.1.4. Flujos piroclásticos.
En la imagen de la izquierda, en color obscuro se aprecia la zona de mayor probabilidad de impacto por flujos y oleadas piroclásticas producidas por el volcán Chichonal.
Fuente Atlas Nacional de Riesgos; y Macias et al., 2012.
Instituto Nacional de Geofísica. UNAM

Fecha de erupción	VEI	Evidencia
1982 Mar 28	5	Observación
1850		Antropológica
1360 ± 100	5	Radiocarbono
1190 ± 150	4	Radiocarbono
0780 ± 100	5	Radiocarbono
0590 ± 100	3	Radiocarbono
0480 ± 200		Radiocarbono
0190 ± 150		Radiocarbono
0020 AC ± 50		Radiocarbono
0700 AC ± 200		Radiocarbono
1340 AC ± 150		Radiocarbono
2030 BCE ± 100	5	Radiocarbono
6510 BCE ± 75		Radiocarbono

Cuadro 5.1.2. Cronología eruptiva del Volcán Chichonal.
Fuente: Smithsonian Institution, Global Volcanism Program.

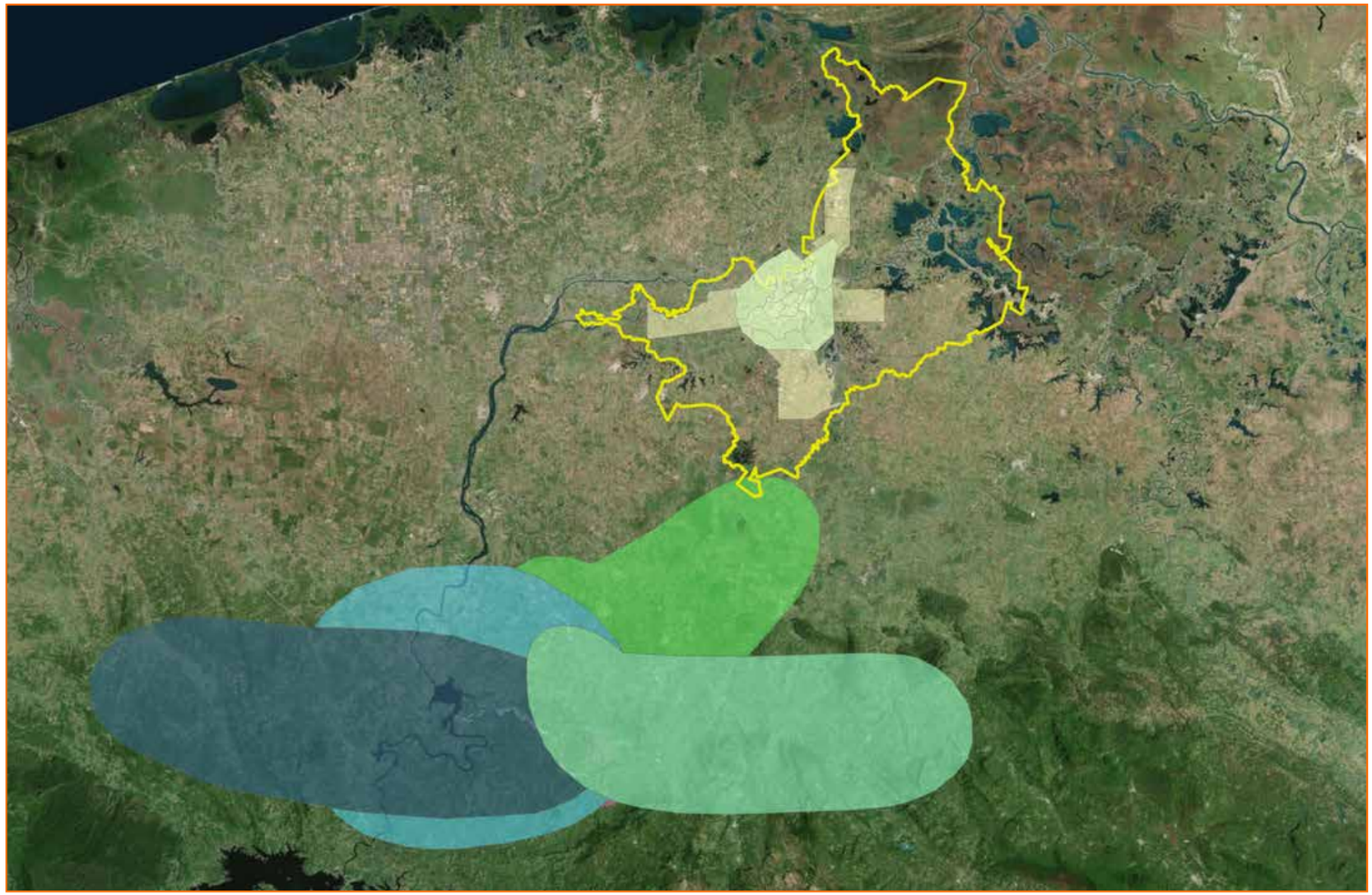


Figura 5.1.5. En la imagen se pueden observar los diferentes patrones de dispersión de ceniza determinados por el Instituto de Geofísica en el Mapa de Zonificación de Peligro del Volcán Chichonal .
Fuente: Macias et al., 2012. Instituto Nacional de Geofísica. UNAM

se denota hacia el interior de uno de los patrones de dispersión y corresponde a las áreas cercanas al municipio de Teapa, Tabasco. Por supuesto que debe considerarse que la distribución de la ceniza depende de la dirección y fuerza del viento, así como del tamaño y peso de las partículas.

En cuanto a los flujos piroclásticos, la situación es aún más segura en virtud de la distancia que existe entre la zona de impacto de este tipo de efecto del vulcanismo y la ubicación de la ciudad de Villahermosa. Esto puede visualizarse con exactitud en la figura 5.1.4. donde se marca en color café la zona con mayor probabilidad de impacto de flujos piroclásticos y se define en negro el borde de la misma. El límite del Municipio se encuentra en color amarillo.

Actualmente este volcán se encuentra clasificado como activo.

Erupción del Chichonal, Noticiero
Fuente: UsoPúblico en Internet

Sismos

Uno de los fenómenos geológicos que ocasiona un mayor impacto a la población son los sismos.

Los sismos, temblores y terremotos son términos usuales para referirse a los movimientos de la corteza terrestre. Los sismos se originan en el interior de la tierra y se propagan por ella en todas direcciones en forma de ondas. Estas ondas son de corta duración e intensidad variable y se producen a consecuencia de la liberación repentina de energía. Aunque la interacción entre Placas Tectónicas es la principal causa de los sismos, no es la única. Cualquier proceso que pueda lograr grandes concentraciones de energía en las rocas puede generar sismos cuyo tamaño dependerá entre otros factores, de que tan grande sea la zona de concentración del esfuerzo. Las causas más comunes según su orden de importancia son:

- Movimientos tectónicos: son los sismos que se originan por el desplazamiento de las placas tectónicas que conforman la corteza, afectan grandes extensiones y es la causa más frecuente en la generación de sismos.
- Actividad Volcánica: cuando la erupción es violenta genera grandes sacudidas que afectan sobre todo a los lugares cercanos, pero a pesar de ello su campo de acción es reducido en comparación con los de origen tectónico.
- Hundimientos: cuando al interior de la corteza se ha producido la acción erosiva de las aguas subterráneas, va dejando un vacío, el cual termina por ceder ante el peso de la parte superior. Esta caída genera vibraciones conocidas como sismos. Su ocurrencia es poco frecuente y de poca extensión.
- Deslizamientos: el peso de las montañas es en sí una fuerza enorme que tiende a aplanarlas y que puede producir sismos al ocasionar deslizamientos a lo largo de fallas, pero generalmente no son de gran magnitud.
- Explosiones: son sismos ocasionados por el producto de explosiones controladas que generalmente se utilizan para la exploración geológica y el aprovechamiento de minerales. Por lo general, son sismos de baja intensidad y de corta duración.

Sismo de 1985, Hotel Regis, Ciudad de México. Fotografía: Cuartoscuro.

Cuando se aplican esfuerzos sobre una roca, esta se comportará en forma más o menos elástica. Si la tensión se aplica por un período prolongado de tiempo, la deformación será permanente. Cuando una roca se deforma, acumula en su interior energía elástica de deformación; si el esfuerzo aplicado es relativamente pequeño la roca se comporta elásticamente, mientras que, si el esfuerzo aplicado es muy grande producirá deformaciones demasiado grandes que llegan a romper la roca, esta ruptura súbita origina una falla. El reacomodo repentino de grandes masas de roca, produce ondas sísmicas que viajan a través y por la superficie de la Tierra, dando lugar a un sismo. El movimiento dependerá del tipo de falla produciendo efectos distintos para diferentes direcciones.

Características de un sismo

El punto exacto en donde se origina el sismo se llama hipocentro, se sitúa debajo de la superficie terrestre a unos pocos kilómetros hasta un máximo de unos 700 km de profundidad. El epicentro es la proyección del hipocentro a nivel de tierra; es decir, el punto de la superficie terrestre situada directamente sobre el origen del movimiento y donde el sismo alcanza su mayor intensidad. El fallamiento de una roca es causado precisamente por la liberación repentina de los esfuerzos (compresión, tensión o de cizalla) impuestos al terreno, de esta manera, la tierra es puesta en vibración; esta vibración se debe a que las ondas sísmicas se propagan en todas las direcciones y trasmiten la fuerza que se genera en el foco sísmico hasta el epicentro en proporción a la intensidad y magnitud de cada sismo.

Los epicentros de la mayor parte de los terremotos de gran magnitud (mayores o iguales que 7), se ubican en las costas de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. También han ocurrido, aunque con

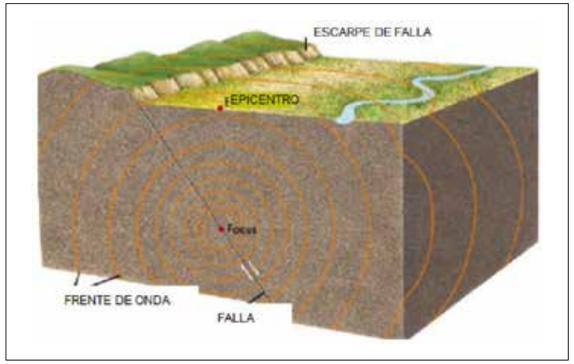
menor frecuencia, grandes sismos en el centro y sur de Veracruz y Puebla, norte y centro de Oaxaca y Chiapas, en la zona fronteriza entre Baja California y los Estados Unidos e incluso en el Estado de México y Sonora. Estos son el tipo de sismos que generalmente causa daños importantes en el país.

A partir de la distribución de los epicentros se puede clasificar a la superficie del territorio nacional en tres zonas o regiones:

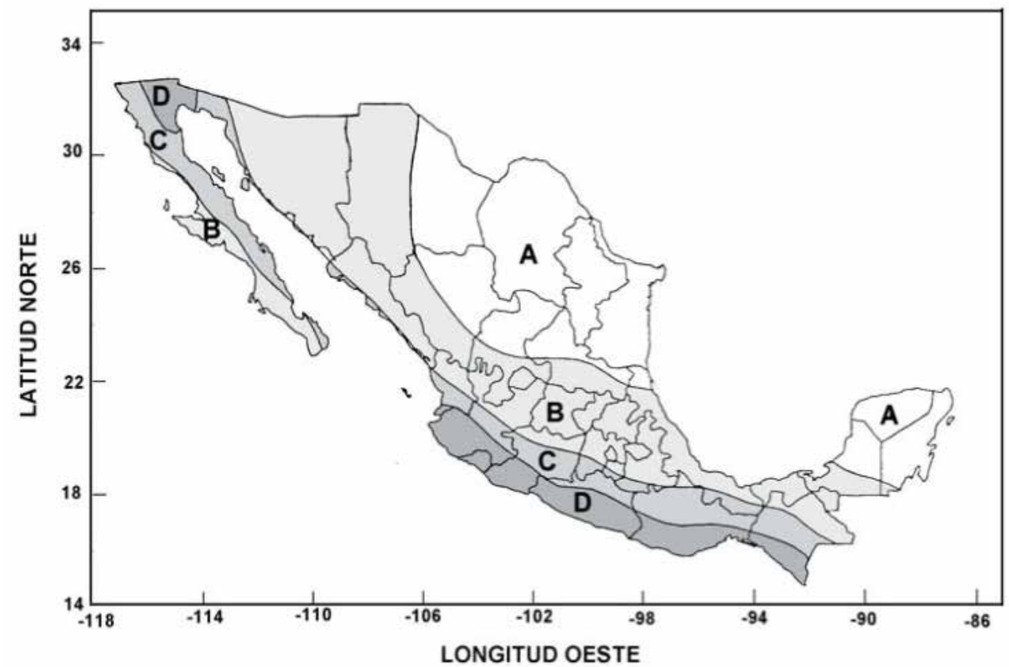
- **Regiones sísmicas:** zonas activas de la corteza terrestre muy propensas a sufrir grandes movimientos sísmicos; coinciden con las zonas de impacto o roce de las placas.
- **Regiones penisísmicas:** zonas en las que solo se registran terremotos débiles (de poca intensidad) y no con mucha frecuencia.
- **Regiones asísmicas:** zonas muy estables de la corteza terrestre en las que raramente se registran terremotos. Son sobre todo regiones muy antiguas de corteza de tipo continental (escudos).

Regionalización Sísmica de México

Uno de los elementos con mayor aceptación en el país para definir la sismicidad por regiones es el Manual de



Esquema de un sismo y sus ondas. Fotografía: Dominio público en Internet



Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad. En el capítulo de Diseño por Sismo de este manual, se encuentra publicado el mapa de Regionalización Sísmica de México.

En esta publicación se define en términos generales, el nivel de peligro sísmico para un área determinada. De esta forma, el territorio se encuentra clasificado en cuatro regiones identificadas de la A hasta la D, las cuales representan un nivel de peligro creciente. Esta clasificación del territorio se emplea en los reglamentos de construcción para fijar los requisitos mínimos que deben seguir los proyectistas, diseñadores y constructores en las edificaciones y otras obras civiles, de tal manera que estas resulten suficientemente seguras ante los efectos producidos por un sismo.

Como se puede observar en el mapa de la izquierda, el estado de Tabasco se encuentra inmerso en la zona B donde se esperan aceleraciones entre un 10 y un 30 por ciento con poca frecuencia de eventos.

Impacto

Existen diferentes formas de conocer el impacto y magnitud de los sismos, la más usual es cuantificando la intensidad a través de una escala asociada. La escala de

Mercalli está asociada a un lugar determinado y se asigna en función a los daños o efectos causados al hombre y a sus construcciones. En la escala de Mercalli, los sismos en el municipio de Centro y en general para el estado de Tabasco se pueden considerar de una magnitud uno al cuatro, siendo los más frecuentes los de magnitud dos.

Una segunda escala para medir la magnitud es la escala de Richter. Esta se relaciona con la energía que se libera durante un temblor y se obtiene en forma numérica a partir de los registros obtenidos con los sismógrafos, esta es la manera más conocida y más ampliamente utilizada para clasificar los sismos. En esta escala, la magnitud más frecuente para el Estado es de 3.6 grados Richter con una media de 4.04, mínima de 3.3 y magnitud máxima de 4.9 (figura 5.1.5.).

En una simulación de cinco mil eventos mediante el método de Monte Carlo, se presenta en la Figura 5.1.6. la densidad de probabilidad indica que el 90 por ciento de los eventos que se presentarán en el futuro, estarán entre magnitudes de 3.6 y 4.5 en la escala de Richter. Eventos de magnitud mayor a 4.5 solo tienen 5 por ciento de probabilidad de ocurrencia. Lo anterior se obtiene del análisis de la distribución y magnitud de los sismos en la región aledaña al municipio de Centro.

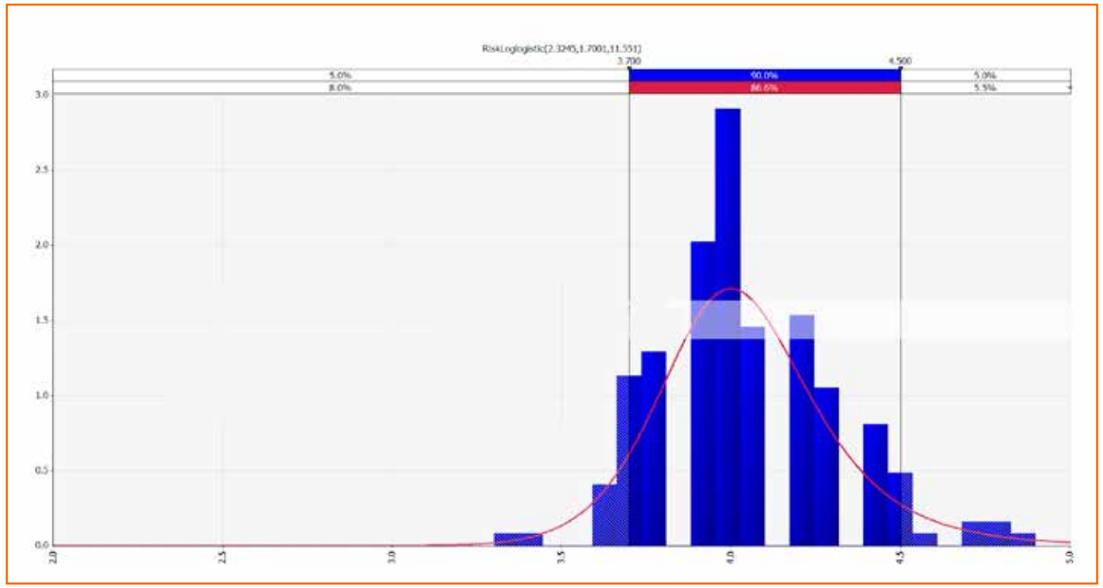


Figura 5.1.5. Ajuste de distribución para magnitudes sísmicas de eventos cercanos al municipio de Centro.
Fuente: Elaborado por el autor

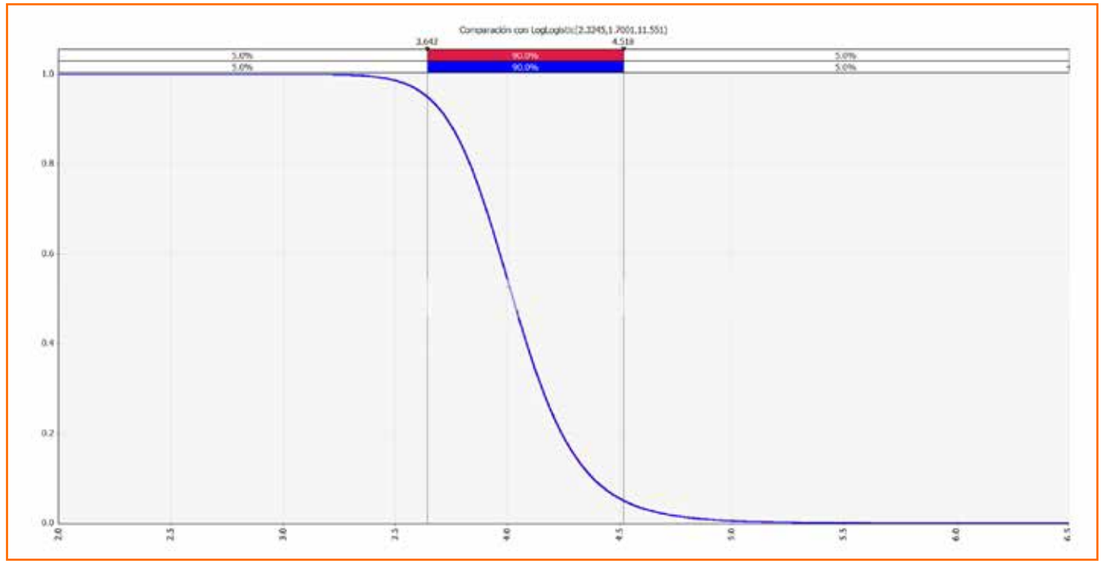


Figura 5.1.6. Curva de excedencia de magnitud sísmica para el municipio de Centro. Simulación a partir de 5000 eventos aleatorios generados con el método de Monte Carlo.
Fuente: Elaborado por el autor

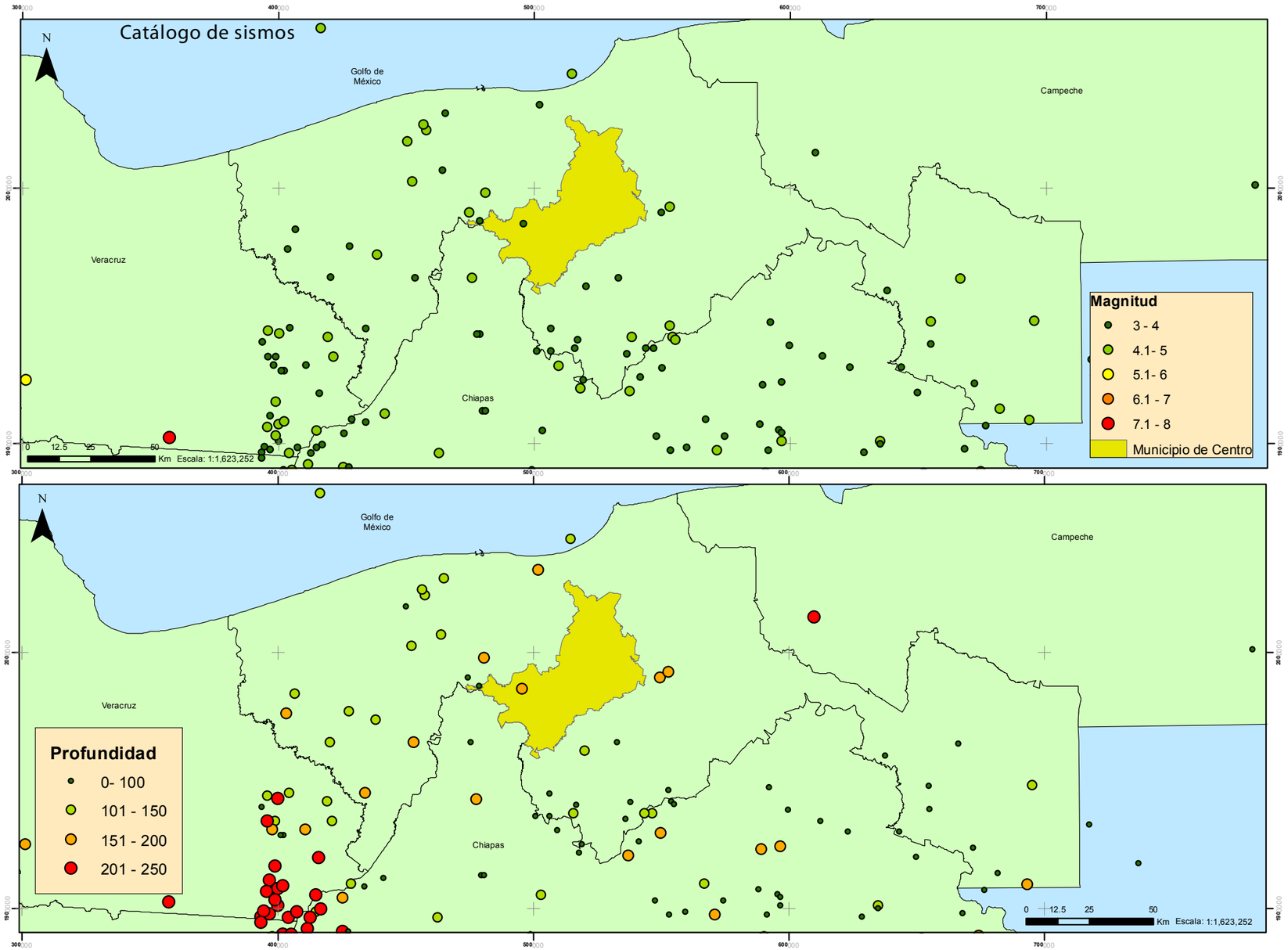


Figura 5.1.7. Distribución de los epicentros de los sismos de acuerdo a su magnitud y profundidad en la región aledaña al municipio de Centro.

Fuente: Elaborado por el autor a partir de datos de ubicación, magnitud y profundidad del Servicio Sismológico Nacional.

En la figura 5.1.7. se observa la distribución de los epicentros clasificados conforme a la magnitud de los sismos originados y la profundidad del hipocentro. Como puede apreciarse, la mayoría de los sismos son de baja intensidad (con intensidades entre 3 a 5 grados) y con profundidades de entre 100 y 200 m.

En cuanto a la aceleración, se puede apreciar en la Figura 5.1.8. que el valor para eventos con un periodo de retorno de 10 años es de 11 cm/seg^2, mientras que para periodos de 50 años, el valor de aceleración se encuentra en el intervalo de 21 a 64 cm/seg^2.

Estas aceleraciones, contrastadas con los tipos de construcción y materiales utilizados de manera general en la zona, indican que no deben presentarse daños en vivienda e infraestructura provocados por los sismos.

Para conocer y comparar objetivamente el tamaño de los terremotos se necesita una medida que no dependa como la intensidad, de la densidad de población, ni del tipo de construcción afectada. La manera de evaluar el tamaño real de un sismo se basa en registros sísmicos y está relacionada con la cantidad de energía liberada, la cual es independiente de la ubicación de los instrumentos que lo registran.

Para solucionar esta problemática, en 1932, Charles Richter desarrolló una escala estrictamente cuantitativa, aplicable a sismos ocurridos en regiones habitadas o no, utilizando las amplitudes de las ondas registradas por un sismógrafo.

Dada la conveniencia de describir el tamaño de un terremoto empleando un número (magnitud), se ha requerido que el método se mejore, de tal manera que pueda ser usado de forma general en todo el mundo.

Por lo regular, cuando ocurre un evento de este tipo, los medios de comunicación proporcionan el dato acompañado del apellido Richter como referencia a la escala de la magnitud. Sin embargo, en un sismo hay diferentes ondas (ondas superficiales, ondas de cuerpo y momento sísmico), y cada una de ellas expresa diferentes aspectos de la energía liberada por el fenómeno perturbador.

La diferencia de un grado de magnitud entre dos sismos cualesquiera, implica en términos de energía liberada, una diferencia aproximada de 32 veces. Esto significa que un sismo de grado 8 equivale en energía a 32 sismos de grado 7; o bien, 1000 sismos de magnitud 6. De esta forma, el mismo sismo de grado 8 equivale en términos de energía a un millón de pequeños sismos de grado 4.

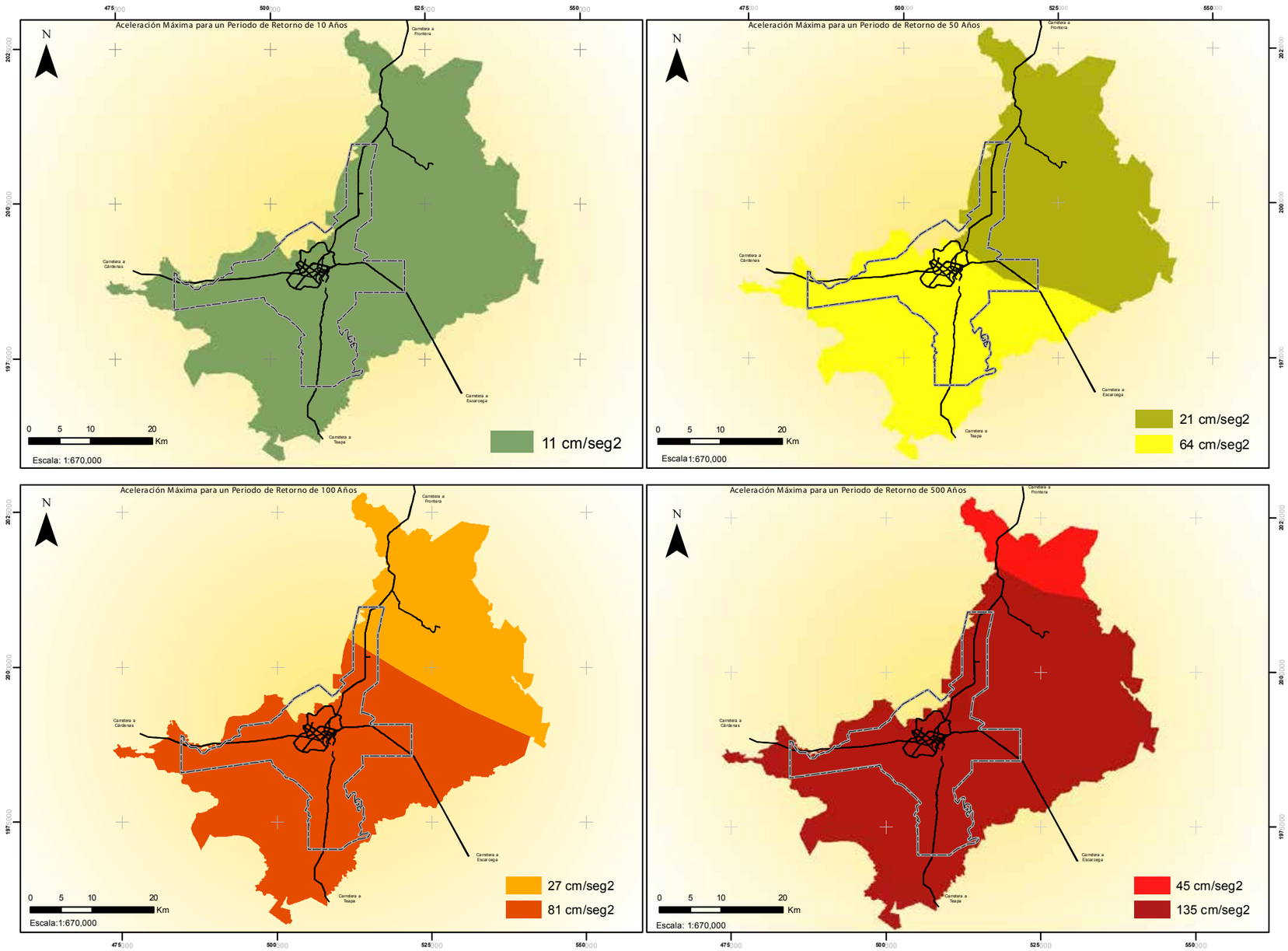


Figura 5.1.8. Aceleración sísmica para diferentes periodos de retorno.
Fuente: Mapas de aceleración sísmica (CENAPRED).

5.2

Fenómenos Hidrometeorológicos.

Inundación ocurrida durante 1999, en el municipio de Centro. Fotografía de Grupo Presente Multimedios

Introducción

El clima es un sistema complejo cuyo comportamiento es difícil de predecir, y, su condición promedio está referida a la caracterización numérica de cada uno de los elementos meteorológicos (Rodríguez, 1986). La variabilidad climática es causada por anomalías de la precipitación y la temperatura a corto plazo. El hombre es dependiente en gran medida del clima, por lo que este último tiene una fuerte influencia sobre la economía y puede ser capaz de frenar el desarrollo económico y social de la población. es por ello que las fluctuaciones deben ser expresadas en términos humanos (OMM, 1979).

El ciclo del agua, la periodicidad de los vientos, las zonas térmicas y las variaciones de presión son fenómenos que se presentan como parte de la dinámica atmosférica del planeta. El elemento central de estos fenómenos es la precipitación pluvial, la cual se refiere a la forma de agua, sólida o líquida, que cae de la atmósfera y alcanza la superficie de la tierra, a través de lluvia, granizo o nieve.

La atmósfera es un sistema de gran complejidad que interactúa con los océanos, el suelo, y todo tipo de vida; distribuyendo la energía que recibe del sol a través de numerosos procesos. Cerca de la cuarta parte de la energía del sol que llega a la tierra se encarga de evaporar agua que luego asciende hacia la atmósfera. Al mismo tiempo, la constante atracción de la gravedad provoca un descenso de la humedad atmosférica en forma de nieve o lluvia. La circulación a gran escala de los vientos también juega un papel determinante al mover el calor y trasportar la humedad sobre la superficie de la tierra (Abbott, 1999). Así, la dinámica atmosférica del planeta permite que se lleven a cabo fenómenos como el ciclo del agua, la periodicidad de los vientos y las variaciones de presión barométrica, que combinados con fenómenos como la rotación y traslación de la tierra, o a características como la altitud o el tipo de suelo, determinan los fenómenos hidrometeorológicos de un sitio en particular.

Los fenómenos hidrometeorológicos como parte de los fenómenos de origen natural, por sí solos, no ocasionan ningún desastre. Como se hizo mención al inicio de este acápite, lo que genera un desastre es la combinación de una población o comunidad expuesta, vulnerable y mal preparada sumada a la presencia de una amenaza natural (ONU, 2008).

Los peligros hidrometeorológicos se asocian a los fenómenos que se generan en las capas bajas de la atmósfera terrestre, producto de las condiciones de temperatura y humedad que en ella predominan y que tiene una incidencia directa sobre la superficie.

Uno de los fenómenos hidrometeorológicos que se presenta con mayor frecuencia en el municipio de Centro son las lluvias.
Fotografía de Grupo Presente Multimedios

Un fenómeno de la naturaleza como el caso de los fenómenos hidrometeorológicos se puede considerar como desastre natural únicamente cuando este causa daños y destrucción de múltiples maneras a los seres humanos y su patrimonio.

Por otra parte, es importante destacar que el Estado de Tabasco es reconocido como una de las entidades del país con amplia biodiversidad. Del mismo modo, es reconocido por sus características, como uno de los territorios con una inmejorable dotación y distribución de aguas superficiales; peculiaridades que comparte con el municipio de Centro como parte de su territorio. A los atributos anteriores, deben agregarse a las características del Centro, 211 centros de población, además del amplio y diverso acervo de infraestructura social y productiva con que cuenta y que al mismo tiempo representan para el Municipio, una permanente situación de vulnerabilidad para la integridad y los bienes patrimoniales y productivos de la población, así como al entorno físico.

Las características fisiográficas del territorio municipal lo hacen susceptible a la concurrencia de algunos eventos de origen natural como son los fenómenos hidrometeorológicos. En el municipio de Centro, los desastres naturales de mayor incidencia tienen su origen primordialmente en lluvias intensas asociadas a ciclones tropicales, frentes fríos y huracanes que provocan principalmente inundaciones.

Las dimensiones de estas amenazas potencian la vulnerabilidad de los centros de población que integran al Municipio, debido a las características del sistema hidrológico tabasqueño por el cual transcurre aproximadamente el treinta por ciento de toda el agua del país. Por el territorio municipal corren dos de los ríos que conforman la cuenca Mezcalapa – Grijalva, cuyo volumen medio anual de escurrimiento hacia la desembocadura del río Grijalva se encuentra alrededor de los 36,500 millones de m^3 anuales. Si a este complejo hidrológico se le añaden las precipitaciones pluviales, la vulnerabilidad del territorio municipal se ve ampliada.

Para dar una idea de esta situación, basta explicar que existen en el territorio municipal 211 localidades situadas muchas de ellas a menos de 10 metros sobre el nivel del mar (el centro de la ciudad de Villahermosa se encuentra a 7 m.s.n.m.), en donde residen 640,359 habitantes. Poco más del 27 por ciento de la población municipal se encuentra repartido en 28 localidades que cuentan con más de 2,500 habitantes. De ellos, tan solo la ciudad de Villahermosa concentra 353,577 personas y es justamente la Ciudad, uno de los centros de población que se encuentran bordeados por los ríos a que se hace referencia en líneas anteriores.

Para complementar el panorama, únicamente se agregará que el territorio municipal se encuentra expuesto a los fenómenos hidrometeorológicos por un periodo que abarca prácticamente la mitad del año (septiembre a febrero). Dan cuenta de ello, los últimos agentes perturbadores de la temporada de lluvias y ciclones tropicales del año 2007, que causaron la inundación de varias poblaciones tanto del Centro, como de otros municipios del Estado, ocasionando pérdidas millonarias a la población y sus bienes, a la infraestructura municipal y estatal y a los sistemas productivos agrícolas y ganaderos.

De ahí que durante la temporada de lluvias y ciclones tropicales se manifieste la situación de vulnerabilidad del Centro para estos fenómenos. A continuación se hace el análisis de cada uno de los fenómenos hidrometeorológicos que inciden en el territorio municipal.

Ondas gélidas y cálidas (temperaturas extremas).

Ondas Gélidas

Para determinar el potencial de amenaza por ondas cálidas y gélidas en el municipio de Centro se recopiló

Estación	Latitud	Longitud	Nombre
27008	18.001	-93.373	Cárdenas
27011	17.613	-92.796	Dos Patrias
27020	18.172	-93.034	Jalpa de Méndez
27024	17.520	-92.927	La Huasteca
27028	18.092	-92.136	Jonuta
27030	17.757	-92.610	Macuspana (DGE)
27034	18.396	-93.212	Paraíso
27039	17.998	-93.271	Samaria
27042	17.461	-93.339	Tapijulapa
27044	17.549	-92.966	Teapa (DGE)
27048	17.820	-92.373	Tepetitán
27049	17.720	-92.813	Tequila
27050	18.384	-92.600	Tres Brazos
27051	18.108	-93.345	Tulipán
27053	18.391	-92.883	Vicente Guerrero
27054	17.997	-92.932	Villahermosa (DGE)
27070	17.381	-92.763	Oxolotán
27076	18.111	-93.497	Poblado C-16
27084	18.166	-93.018	Nacajuca
27092	17.854	-92.930	Playas del Rosario

Cuadro 5.2.1. Estaciones meteorológicas de donde se recopiló la información utilizada para la evaluación de las ondas gélidas y cálidas.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA, 2015.

la información disponible de temperaturas registradas en las estaciones meteorológicas que se enlistan en el Cuadro 5.2.1, donde puede consultarse de manera adicional las coordenadas geográficas de ubicación para cada una de las estaciones, así como el número de estación meteorológica. La distribución de las mismas en el territorio municipal se puede observar en la Figura 5.2.2. Con ellas se realizó un primer análisis para determinar el valor mínimo y máximo de temperatura por mes para los datos disponibles.

En cuanto a las temperaturas mínimas, en el Cuadro 5.2.1 se muestra el resumen de los datos obtenidos. En este se puede observar que el valor promedio de las temperaturas mínimas anuales para cada estación oscila entre 20.4 y 22.3°C. Sin embargo, al evaluar los datos con relación al promedio de temperatura mínimo mensual, se determinó que este valor se encuentra en un rango menor, fluctuando de los 13 a los 17.1°C. Lo anterior obedece a que al eliminar los meses con temperaturas elevadas se acentúa el descenso en la temperatura de los meses fríos donde destacan los meses de diciembre a febrero.

En lo que corresponde a los valores mínimos registrados por día se encontraron algunos datos que pueden llegar a registrar algún tipo de amenaza para la población, especialmente a la población vulnerable como son adultos mayores y niñ@s menores de 5 años que son especialmente susceptibles a enfermedades del tracto respiratorio. Estas temperaturas oscilan entre los 7 y 11°C, que para una población saludable y preparada representan condiciones aceptables.

Figura 5.2.1. Distribución de las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA, 2015.

Estación	Temperatura		
	Promedio		Mínima
	Anual	Mensual	Diaria
27008	21	14.8	9
27011	20.4	13.1	8.5
27020	21.4	16.2	10.5
27024	21.6	16.9	11
27028	21.6	16.4	11
27030	21.3	15.4	10
27034	21.7	13.7	10
27039	21.5	15.2	9
27042	21.4	16.2	10.2
27044	21	15.5	10.3
27048	21.4	16.6	10
27049	20.5	14.6	10
27050	21.4	15	10
27051	20.9	14.8	9
27053	20.8	13.5	8.5
27054*	22.3	17.1	10.5
27070	21.1	15.7	10.5
27076	20.8	13.8	9
27084	21.3	15.7	11
27092	21	13	7
Valor mínimo	20.4	13	7

Cuadro 5.2.2. Temperaturas mínimas registradas en las estaciones analizadas.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA, 2015

Los problemas asociados a temperaturas entre los 10 y los 18°C que es el rango en el que se encuentra el promedio mínimo mensual para el Municipio son de tipo respiratorio, musculo-esqueléticos y de piel principalmente. Entre los musculo-esqueléticos las manifestaciones más comunes son el dolor, incomodidad y las molestias físicas. Los respiratorios incluyen dolor, falta de respiración, resoplido, tos duradera y episodios de tos, con aumento de la secreción de moco.

Vulnerabilidad por temperaturas mínimas extremas

Después de analizar la información recabada y procesada de las normales climatológicas del Municipio y considerando la escala de vulnerabilidad proporcionada por la SEDATU, así como el grado de peligro, la vulnerabilidad ocasionada por las temperaturas mínimas extremas para el Centro se determinó como Vulnerabilidad Baja.

Lo anterior obedece a que aunque el grado de peligro es muy bajo en el área, los habitantes de este Municipio suelen tolerar menos las bajas temperaturas y toman menos precauciones para evitar sufrir daños, a pesar de las advertencias que la Secretaria de Salud implementa de manera temprana, lo que los hace un poco más propensos a ser afectados.

Los problemas de salud que se presentan en la temporada de temperaturas más bajas, son afecciones generales que pueden afectar a un tercio de la población durante el periodo del evento. Los síntomas respiratorios se incrementan en proporción directa al envejecimiento y suelen afectar más a las mujeres, aunque también afectan a niños comúnmente debido a que sus cuerpos son menos eficientes para regular la temperatura. Otra causa que incrementa ligeramente el grado de vulnerabilidad de la población municipal es la presencia de la elevada humedad, ya que esta reduce la resistencia de las personas a las infecciones virales y bacterianas, que se combinan con la tendencia de la gente a permanecer por más tiempo en lugares cerrados durante el evento, donde se exponen a otros gérmenes, resultando más enfermedades en esta época del año.

No obstante lo anterior, las enfermedades respiratorias se mantienen bajo control; no hay deterioro de la vegetación natural, ni daños de frutos; no se presenta rompimiento de tuberías de agua; no hay congelamiento ni marchitez de pasto, hierbas y vegetación en general, mantos de agua, suelo, casas o edificios.

Riesgo por temperaturas mínimas extremas

La probabilidad de ocurrencia de daños o efectos indeseables en los sistemas constituidos en el Municipio como consecuencia del impacto de este fenómeno perturbador, se establece como Riesgo Medio. Lo anterior en función del nivel de peligro y vulnerabilidad determinados, así como el grado de exposición.

Ondas Cálidas

Caso contrario a las temperaturas mínimas se presenta en el análisis de las temperaturas máximas, en las cuales los valores extremos pueden llegar a ocasionar situaciones serias de incomodidad e incluso de emergencia conforme a los valores establecidos en la escala de análisis que se presenta en el Cuadro 5.2.3.

Como es de conocimiento general, la temperatura corporal de los seres humanos es de 36.5°C y como toda máquina necesita intercambiar el calor para mantener esa temperatura de funcionamiento óptimo. Sin embargo, en un ambiente cercano a la temperatura corporal o incluso superior a la misma, el proceso de liberación de calor se vuelve más complicado y demanda mayor energía, lo que genera más calor.

Temperatura	Designación	Vulnerabilidad
28 a 31 °C	Incomodidad	La evapotranspiración de los seres vivos se incrementa. Aumentan los dolores de cabeza en humanos.
31.1 – 33 °C	Incomodidad extrema	La deshidratación se torna evidente. Las tolvaneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementa.
33.1 – 35 °C	Condición de estrés	Las plantas comienzan a evapotranspirar en exceso y se marchitan al perder turgencia. Los incendios forestales aumentan.
35°C	Límite superior a la tolerancia	Se producen golpes de calor con inconsciencia de algunas personas. Aumentan las enfermedades.

Cuadro 5.2.3. Vulnerabilidad por altas temperaturas.
Fuente: SEDATU, 2014.

Bajo este contexto, en el Cuadro 5.2.3 se puede observar que conforme la temperatura se acerca a los 35 grados, la condición de vulnerabilidad se incrementa llegando incluso a ocasionar graves daños a la salud.

Un detalle a considerar y que no se incluye en el cuadro anterior es el factor de la humedad. En efecto, mientras que la humedad en otras zonas de México no es relevante, en una zona como Tabasco y el municipio de Centro, esta es altamente significativa.

Para explicar el porqué de la importancia de la humedad, primero se hará el señalamiento de que la humedad absoluta es la cantidad máxima de agua que puede existir en un m^3 de aire seco. Por su parte la humedad relativa es la cantidad de agua que existe en un m^3 de agua expresada en porcentaje. Para ambos tipos de humedad, esta cantidad puede variar con factores como la temperatura y la presión. Por lo tanto, una humedad relativa al 100% significa que en el ambiente no cabe más agua, lo que impide al cuerpo humano transpirar y con ello liberar el calor, llegando en ocasiones a provocar situaciones de asfixia.

En el tipo de clima cálido – húmedo como el que presenta el municipio de Centro, el contenido de humedad por la evapotranspiración es muy alto, aumentando así el nivel de incomodidad para la población. Esta sensación es como estar respirando por un tiempo prolongado en una sala de vapor, la piel se siente pegajosa y no permite la disminución de la temperatura corporal.

El índice de humedad o temperatura de Bochorno es una fórmula para calcular la sensación térmica que combina las condiciones de temperatura, humedad y presión en el ambiente para generar diferentes características de presión o bienestar. Este fue desarrollado por Miguel Tremblay (2003) y aunque no considera la velocidad del viento, describe gráficamente 2 las zonas

TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	16	16	17	17	17	18	18	19	19	19	19	19	20	20	20	21	21	21	21	21	21
21	18	18	18	19	19	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	22	22	22	22	22	23
22	19	19	19	20	20	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23	23	24
23	20	20	20	20	21	21	22	22	22	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	25	25
24	21	21	22	22	22	22	23	23	23	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25
25	22	23	23	23	24	24	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28
26	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	29	29	29	30
27	25	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	31	33
28	26	26	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30	31	32	32	33	34	34	35
29	26	26	27	27	27	28	29	29	29	29	30	30	31	33	33	34	35	35	37	38	40
30	27	27	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	39	40	41	45
31	28	28	29	29	29	29	30	31	31	31	33	34	35	36	37	39	40	41	45	45	50
32	29	29	29	29	30	31	31	33	33	34	35	35	37	39	40	42	44	45	51	51	55
33	29	29	30	30	31	33	33	34	34	35	36	38	39	42	43	45	49	49	53	54	55
34	30	30	31	31	32	34	34	35	36	37	38	41	42	44	47	48	50	52	55		
35	31	32	32	32	33	35	35	37	37	40	40	44	45	47	51	52	55				
36	32	33	33	34	35	36	37	39	39	42	43	46	49	50	54	55					
37	32	33	34	35	36	38	38	41	41	44	46	49	51	55							
38	33	34	35	36	37	39	40	43	44	47	49	51	55								
39	34	35	36	37	38	41	41	44	46	50	50	55									
40	35	36	37	39	40	43	43	47	49	53	55										
41	35	36	38	40	41	44	45	49	50	55											
42	36	37	39	41	42	45	47	50	52	55											
43	37	38	40	42	44	47	49	53	55												
44	38	39	41	44	45	49	52	55													
45	38	40	42	45	47	50	54	55													
46	39	41	43	45	49	51	55														
47	40	42	44	47	51	54	55														
48	41	43	46	49	53	55															
49	42	45	47	50	54	55															
50	42	45	48	50	55																

Cuadro 5.2.4. Relación entre el contenido de humedad relativa y la temperatura ambiente.
Fuente: Tremblay M., 2003.

de amenaza por altas temperaturas. En el Cuadro 5.2.4 se pueden consultar las mismas. A partir de este cuadro se desprende que en los meses de abril, mayo y junio es donde se concentran los valores más altos de temperatura y de evaporación y donde se pueden llegar a presentar problemas en la población, sobre todo en los horarios de mayor incidencia solar, que para este caso es entre las 11:00 y las 15:00 horas. Esta situación se ve agravada con la presencia de aguaceros esporádicos que ocurren con frecuencia durante el mes de mayo, lo que generalmente en vez de refrescar el ambiente, incrementa el contenido de humedad forzando aún más la situación.

Peligro por temperaturas máximas extremas.

Para definir espacialmente el rango de temperaturas máximas que se presentan en el Municipio, se interpolaron los datos diarios de las normales de temperaturas máximas de las 20 estaciones meteorológicas señaladas, para un periodo de 59 años.

En la figura 5.2.2. se muestran las temperaturas máximas históricas presentadas en la estación climatológica Villahermosa, donde se aprecia el rango de temperaturas promedio, máximas mensuales y diarias, entre otros.

Peligro por presencia de temperaturas máximas extremas.

El promedio de las temperaturas máximas mensuales encontradas en el Municipio superan los 31°C para todo el periodo analizado, mismo que va desde 1951 hasta el año 2010. El mes de junio del año 2007 fue donde se presentó el promedio mensual máximo, con una temperatura de 37.2°C. El registro que tiene la temperatura promedio máxima diaria es el 03 de mayo de 2010, con una temperatura de 43.5°C. El promedio de la temperatura máxima anual para los 59 años estudiados es de 34.6°C.

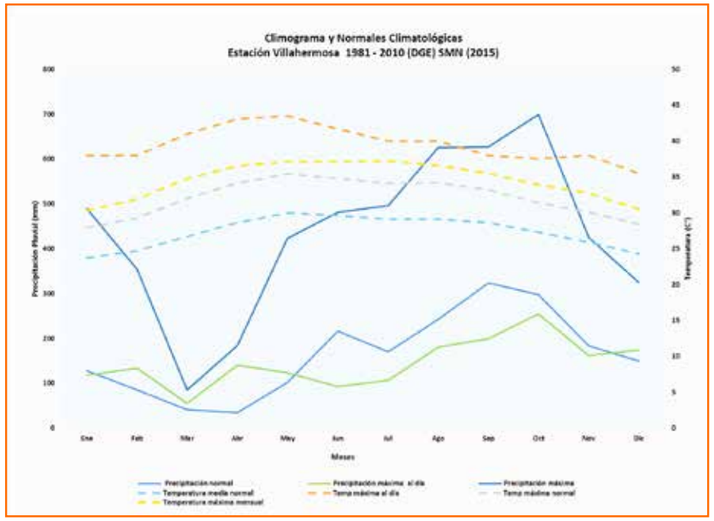


Figura 5.2.2. Climograma y normales climatológicas de la estación climatológica Villahermosa.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA, 2015.

Con esta información y tomando en consideración la escala de vulnerabilidad proporcionada por la SEDATU, así como el índice de humedad desarrollado por Tremblay (2003), el peligro para el municipio de Centro se categorizó como Peligro Muy Alto, dado que la probabilidad de ocurrencia es muy alta. Esto puede observarse en la Figura 5.2.4, donde se muestra la distribución de probabilidad para este fenómeno. En ella puede observarse que el 90% de las temperaturas analizadas se encuentran entre 36 y 41.7°C y existe solo un 5% de probabilidad de que se presenten temperaturas de 41.7°C con valores máximos de hasta 44°C.

La probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas extremas se incrementan para los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio, ya que históricamente son los meses en que se presentan las temperaturas más elevadas, al mismo tiempo que una humedad muy alta. Es importante destacar que aunque las temperaturas parecieran no ser muy altas en comparación con las que se presentan en otras partes del territorio mexicano, la humedad en el Estado y en el Municipio como ya se explicó en párrafos anteriores, generalmente supera el 90%; por lo que si se atiende el índice de humedad de Tremblay se explica que a pesar de tener una media de temperatura normal anual de 31.9°C, la población tiene la sensación térmica de una temperatura mucho mayor, que en este caso corresponde a 45°C. En este sentido, se destaca que para la temperatura media máxima anual del periodo estudiado que es de 44.6°C con una humedad relativa superior al 50% excede los valores registrados en el cuadro 5.2.4, lo que significa que la sensación térmica es muy alta.

Cuando las temperaturas superan los 35°C, los habitantes pueden sufrir insolación, golpes de calor con inconsciencia, calambres, provocados por exposición prolongada o por actividad física. Además, se genera un aumento en las enfermedades gastrointestinales y respiratorias principalmente. Por otra parte, al alcanzar estas temperaturas comienzan a producirse daños a la vegetación y a la fauna por la alta evapotranspiración y deshidratación respectivamente además de que se incrementan los incendios.

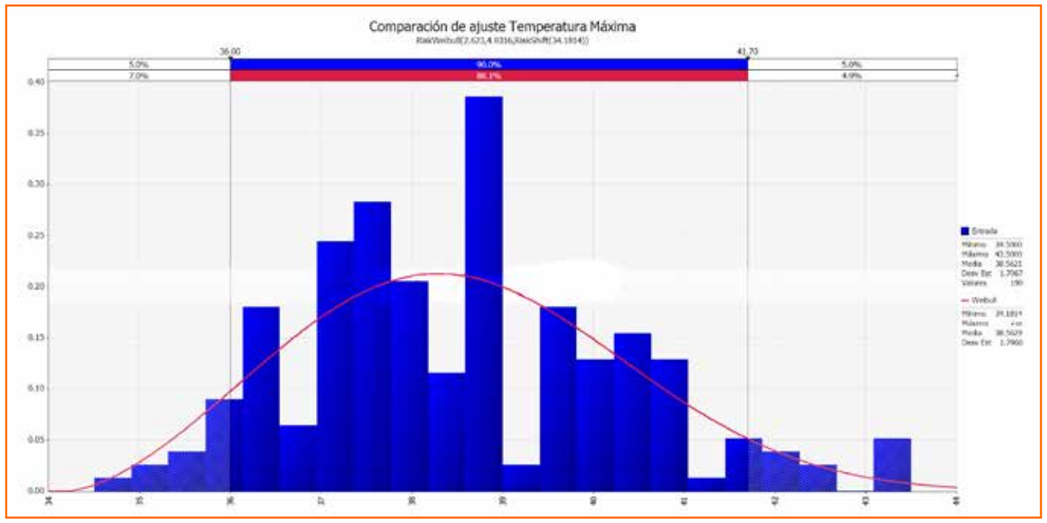


Figura 5.2.3. Distribución de probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas extremas.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA

Vulnerabilidad por temperaturas máximas extremas

Después de analizar la información recabada y procesada de las normales climatológicas del Municipio y considerando la escala de vulnerabilidad proporcionada por la SEDATU, así como el grado de peligro; la vulnerabilidad ocasionada por las temperaturas máximas extremas para el Centro se determinó como Vulnerabilidad Media.

Lo anterior obedece a que, aunque existe un riesgo muy importante en el área debido a las condiciones climatológicas que se presentan la mayor parte del año en la misma, los habitantes del Centro están conscientes del peligro que representa este fenómeno perturbador. La Secretaria de Salud implementa de manera temprana campañas de prevención en medios masivos de comunicación, incluyendo las redes sociales. De esta manera alertan a la población anticipadamente y durante el tiempo que dura el evento sobre la inminencia del peligro, los daños a que pueden ser expuestos y las medidas preventivas que deben tomarse. Los Centros de Salud proveen de sueros orales a los habitantes que así lo requieran. Durante el trabajo de campo se realizaron entrevistas a los residentes del Municipio, y los resultados muestran que existe conocimiento acerca de los periodos y horarios de mayor incidencia de altas temperaturas en el territorio, así como de las medidas que deben tomarse para evitar sufrir daños.

Las medidas antes señaladas, disminuyen la propensión de los habitantes a ser afectados por el fenómeno perturbador, lo que en consecuencia disminuye el grado de vulnerabilidad para el municipio de Centro.

Riesgo por temperaturas máximas extremas

De acuerdo con el resultado obtenido a partir del análisis de la información y tomando en consideración el peligro y el grado de vulnerabilidad determinados, así como el grado de exposición de la población y los recursos bióticos, el grado de riesgo se estableció para los meses de marzo hasta septiembre como Riesgo Alto.

Para los meses de octubre a febrero, el Riesgo se determinó como Medio, debido a que las temperaturas no superan los 33°C, a excepción de octubre que se eleva ligeramente. Y aunque durante estos meses el peligro es alto, la vulnerabilidad y el grado de exposición son menores.

Sequías

No existe un consenso generalizado en torno a la definición de sequía, y por ello cada organización adapta su significado de acuerdo a las condiciones en que se presente. La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1992) define sequía como "un período de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico". Mientras que la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1992) considera la sequía como el "fenómeno que se produce cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que se prolonga por meses y años, y que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras". Por su parte Pita y García (2000), señalan que las sequías son períodos secos prolongados, existentes en los ciclos climáticos

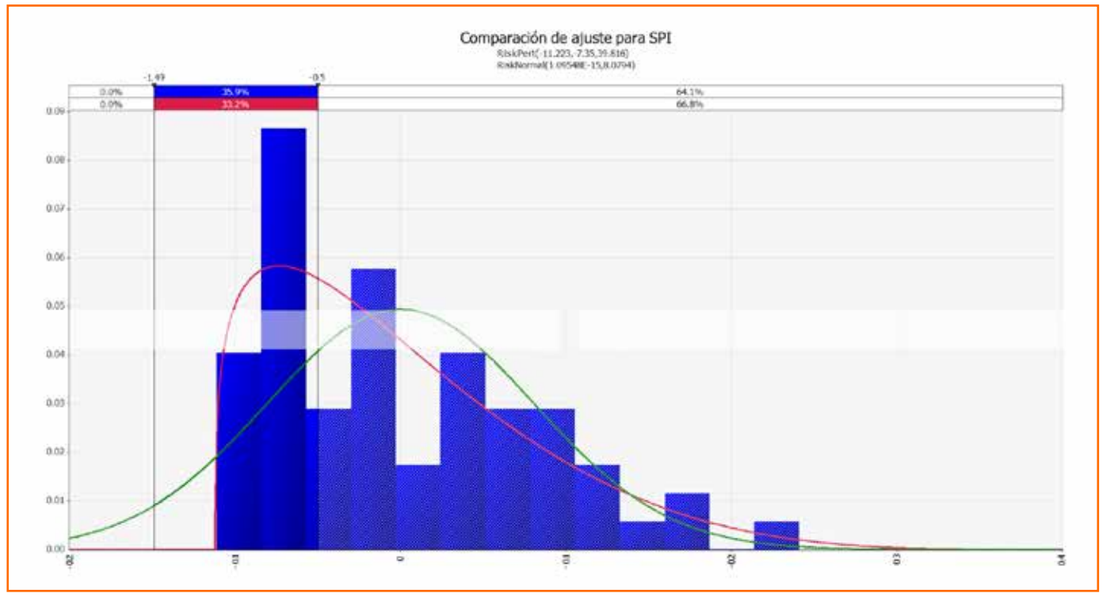


Figura 5.2.4. Categorización del SPI para el municipio de Centro 1951 – 2010.

SPI	Categoría
< 1.50	Extremadamente Seco
-0,50 a -1.49	Ligeramente Seco
-0.49 a 0.49	Normal
0,50 a 1.49	Ligeramente Húmedo
> 1.50	Extremadamente Húmedo

Cuadro 5.2.4. Clasificación del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI).
Fuente: Cedeño y Montañéz, 2011. Skansi et al. (2006), modificación a la escala original de McKee et al. (1993).

naturales, caracterizados por la falta de precipitaciones pluviales y de caudal en los ríos. Su origen se encuentra en la atmósfera, donde la humedad es deficiente.

En términos generales la sequía puede ser considerada como la insuficiente disponibilidad de agua en una región, por un período prolongado para satisfacer las necesidades de los elementos bióticos locales. Estas necesidades dependen de la distribución de las poblaciones de plantas, animales y seres humanos, de su modo de vida y del uso de la tierra (Pita y García, 2000). Franco (1989) jerarquiza tres tipos de sequías:

- **Meteorológica:** involucra la reducción de la precipitación en algún período (día, mes, temporada, año) por debajo de una cantidad determinada, normalmente definida como alguna proporción en relación con el promedio a largo plazo y para un período específico. En sí, es una expresión de la desviación de la precipitación respecto de la normal en un periodo de tiempo. Estas definiciones dependen de la región considerada, y se basan presumiblemente del conocimiento de la climatología regional.
- **Hidrológica:** se refiere a deficiencias en las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales (flujo en ríos, nivel de lagos, mantos acuíferos) y subterráneas. Se requiere un periodo de tiempo entre el déficit de precipitación y la disminución de agua en los ríos, lagunas, presas, etc. Por lo que este no es el primer indicador de la sequía.
- **Agrícola:** es el impacto que las sequías meteorológicas e hidrológicas tienen sobre esta actividad. Ocurre cuando no existe humedad suficiente en el terreno para un cultivo determinado en un momento particular de tiempo. Los cultivos requieren de ciertas condiciones de temperatura, humedad y nutrientes durante su crecimiento para alcanzar su desarrollo máximo. Si la disponibilidad de humedad es inferior al nivel óptimo requerido durante el desarrollo (cantidad de agua por volumen de tierra cuyo nivel está entre la capacidad de campo o el máximo de humedad capaz de retener el suelo y el punto de marchitez o humedad mínima en la cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo), entonces el crecimiento será menor y la producción se reducirá. La sequía agrícola sucede después de la sequía meteorológica.

En este atlas se considera el análisis de la sequía meteorológica debido a que es la causante de otros tipos de sequía como la agrícola e hidrológica. La metodología para determinar la magnitud de la sequía fue el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI), el cual fue desarrollado por McKee *et al.* (1993,) y está diseñado para cuantificar el déficit de precipitación en diversos períodos, asumiendo que las condiciones de humedad del suelo, son respuesta a las anomalías de precipitación. Este fue escogido por su simplicidad y requerimiento mínimo de variables.

Debido a la variabilidad natural de las precipitaciones y a su distribución asimétrica respecto a los valores medios, para el ajuste de la serie histórica de la precipitación se aplicó la distribución Gamma (Thom, 1958). Esta distribución presenta ventajas con respecto a la Gaussiana ya que se adapta a todo tipo de asimetrías, además de estar definida sólo para valores positivos, que la hace apta para representar frecuencias de precipitación (Serio, 2010). El índice SPI representa el número de desviaciones estándar en que el valor transformado de la precipitación se desvía del promedio histórico. Los valores negativos del SPI representan el déficit de precipitación y aquellos positivos a la precipitación es superior al promedio histórico.

El Municipio se caracteriza por presentar un alto nivel de precipitación pluvial, ya que tiene un promedio de

precipitación anual de 1,992 mm aproximadamente, llegando en ocasiones a superar los 2,200 mm. En términos generales lo anterior representa que en promedio al año se tienen 11 días con lluvia y 19 sin lluvia por mes. Sin embargo, en términos reales estos números varían dependiendo de la temporada, ya que en periodos lluviosos el número de días con lluvia se puede incrementar sustancialmente. Para el caso de los periodos secos que usualmente se presentan en los meses de marzo a mayo y de julio a agosto, el número de días lluviosos se reduce al 50% comparado con el promedio anual de 11, llegando a obtener un promedio de hasta 4.2 días con lluvia en el mes de abril.

Los valores de SPI son ligados a una clasificación nominal modificada por Skansi *et al.* (2006) de la clasificación original de McKee *et al.* (1993), la cual se muestra en el Cuadro 5.2.5 Estas categorías están referidas al fenómeno de la sequía meteorológica (aquellas cuyo valor de SPI es negativo) y por tanto, corresponden a eventos secos coyunturales, mas no constituyen una condición de aridez.

Peligro por sequía

El peligro por la presencia de este fenómeno perturbador para la época de sequía en el municipio de Centro se determinó como Peligro Bajo. Esto obedece a que como puede observarse en la figura 5.2.4, la probabilidad de que se exprese un fenómeno de sequía para la referida temporada en el territorio es de 33.2% y de acuerdo a la clasificación del Índice de Precipitación Estandarizada (cuadro 5.2.5), correspondería a la categoría Ligeramente Seco, ya que el resto del año el Municipio se mantendría desde la categoría Normal hasta la Extremadamente Húmedo.

Vulnerabilidad por sequía

El municipio de Centro como ya se ha señalado en párrafos anteriores de este acápite, presenta característicamente altas precipitaciones, tanto en cantidad como en duración del periodo. Su periodo de secas no es muy pronunciado, ni intenso en comparación con los valores habituales que presentan graves daños a los elementos ambientales. Por lo anterior y tomando en consideración el peligro determinado para este fenómeno perturbador, la vulnerabilidad se estableció como Vulnerabilidad Baja.

La vulnerabilidad física es baja en el sector agrícola gracias a la humedad residual y la corta duración del periodo, lo que evita la pérdida de ingresos para los agricultores por reducción de las cosechas y baja productividad. En lo referente al sector ganadero, esta vulnerabilidad se reduce debido al adecuado manejo del ganado que se traslada de lomeríos donde hay mayor afección, a planicies y partes bajas muy comunes en el territorio local, mismas que generalmente cuentan con algún jagüey que les provee de agua y que por las características propias del área, mantiene la presencia de pastos. No hay abatimiento extremo de los cuerpos de agua, agrietamiento del suelo, ni reportes de tasas altas de mortalidad de ganado para estos periodos en el Municipio. Tampoco hay producción forestal reportada y consecuentemente no hay pérdida maderera que pudiera ser provocada por incendios. Los pocos incendios que se han presentado, en su mayoría han sido en áreas que funcionan como vasos reguladores y que debido a la temporada se encuentran relativamente secos.

La vulnerabilidad social es baja ya que no hay migración de la población, pérdida de valores estéticos, disminución o modificación de las actividades recreativas, disminución del precio de las tierras, pérdida de las industrias directamente relacionadas con la producción agrícola, desempleo por disminución de la producción debido a la sequía o reducción del desarrollo económico.

Los daños más importantes asociados a la sequía son: la muerte del ganado y los incendios forestales.
Fotografía de Grupo Presentre Multimedios

Riesgo por Sequía.

Una vez determinado el peligro y la vulnerabilidad, y considerando el grado de exposición de los sistemas constituidos al impacto de este fenómeno perturbador, se obtuvo la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre los mismos. El riesgo por sequía en el Municipio se estableció como Riesgo Bajo.

Vientos

El viento es una corriente de aire que se desplaza horizontalmente, originada por el desigual calentamiento de las masas de aire en las diversas regiones de la atmósfera. Los vientos con más fuerza en general son los generados por huracanes y por lo tanto, los lugares más afectados son las zonas costeras o las regiones cercanas a ellas. Sin embargo, otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aun en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos (CENAPRED, 2001).

En el Municipio los vientos dominantes se presentan en dirección Este, Noreste, Sur y Sureste y son conocidos popularmente como nortes y sures, por acompañar a las lluvias con una velocidad media de 12.5 km/h. El Centro se encuentra ubicado en una planicie alejada de las zonas costeras y los vientos por lo regular son suaves, y aunque en ocasiones los valores pueden descender hasta 1 km/h, esporádicamente pueden incrementarse hasta alcanzar ráfagas superiores a los 60 km/h.

Arbol derribado por el viento. Algunos de los factores que influyen en la caída de los árboles además de la velocidad del viento, son el tipo de suelo y la altura propia de los árboles.En presencia de suelos más arenosos es mayor la probabilidad de que los árboles altos sean desraizados.
Fotografía de Grupo Presente Multimedios

Los problemas registrados históricamente en el territorio municipal ocasionados por este fenómeno perturbador se asocian a daños como la caída de árboles generalmente viejos, ramas y gajos secos de algunos árboles; voladura de techos de lámina mal asegurados, construidas sin condiciones apropiadas o faltos de mantenimiento; caída de anuncios espectaculares anclados incorrectamente o en condiciones de mantenimiento inadecuadas.

Respecto a estos últimos, es importante tomar en consideración que existe una relación directamente proporcional entre la superficie, la resistencia y la fuerza del viento ejercida. Esto quiere decir que, entre mayor sea la superficie que presente la estructura del objeto (en este caso la estructura del anuncio espectacular), mayor será también la resistencia y por lo tanto mayor la fuerza del viento ejercida sobre el objeto. No obstante, si estas estructuras se construyen bajo normas adecuadas, la amenaza por este tipo de fenómenos es mínima.

El evento más reciente ocurrido en el Municipio referente a este fenómeno, aconteció el 30 de mayo del año en curso. De acuerdo a los reportes no oficiales, los vien-

tos alcanzaron velocidades superiores a los 100 km/h. El desarrollo de este fenómeno afectó a diversas colonias y fraccionamientos de la ciudad de Villahermosa, así como algunos poblados cercanos a la misma, tales como Río Viejo, Guineo y Boquerón. En estos lugares, la tromba derribó árboles, anuncios espectaculares y provocó que los techos de lámina de algunas viviendas volaran. Los árboles caídos interrumpieron la circulación de vehículos en la carretera Villahermosa – Reforma y dañaron automóviles y viviendas.

En lo que respecta a la Ciudad, en la colonia El Recreo y el Fraccionamiento Framboyanes se desgajaron árboles provocando daños en vehículos y en algunos negocios. Las fuertes rachas de viento ocasionaron además que en Avenida Universidad, colonia La Manga II, Gaviotas y la Avenida Adolfo Ruiz Cortines varias lonas de anuncios espectaculares se desgarraran y los pedazos cayeran sobre líneas eléctricas y cableados de telefonía que de inmediato se desprendieron por el peso de las mismas, dejando sin servicio de energía eléctrica y teléfono fijo a los habitantes de estas zonas.

Los daños ocurridos en el último evento registrado en el Centro por este fenómeno perturbador, corresponden a los enunciados en los niveles 8 y 9 en la Escala de Beaufort modificada para evaluación de daños por vientos (cuadro 5.2.6) y coinciden con los reportes de velocidades del viento proporcionados por la CONAGUA.

Peligro por Vientos Fuertes

Para evaluar la amenaza que constituye este fenómeno se analizaron los datos aportados por tres estaciones automáticas de la Comisión Nacional del Agua (CNA) que reportan los valores de velocidad y dirección del viento. El ajuste estadístico los datos recabados en las tres estaciones, se realizó con la distribución Weibull, ya que esta presenta la función de probabilidad que mejor expresa el comportamiento de los vientos, la consulta puede realizarse en el Cuadro 5.2.7.

Para la clasificación de los vientos y sus efectos se utilizó la Escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos modificada, donde en general se considera que obtener un valor de 9 a 10 dentro de la misma, ya es peligroso. La escala a la que se hace referencia puede ser consultada en el Cuadro 5.2.6.

De acuerdo con los datos de las estaciones analizadas, es posible observar en la figura 5.2.5. que existe el 70% de probabilidad de que los vientos en el territorio municipal oscilen entre 1.4 y los 24 km/h, y solo hay un 1% de probabilidad de que los vientos sean superiores a los 12.27 m/s (44.2 km/h). Los resultados de este análisis

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Denominación	Efectos
0	0 a 1	Calma	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	Ventolina	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	Brisa muy débil	Se caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos
3	12 a 19	Brisa Ligera	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	Brisa moderada	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	Brisa fresca	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	Brisa fuerte	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas.
7	50 a 61	Viento fuerte	Se mueven los árboles grandes, dificultad para caminar contra el viento
8	62 a 74	Viento duro	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas muy dificultosa
9	75 a 88	Muy duro	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	Temporal duro	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	Borrasca	Destrucción en todas partes, lluvias muy intensas, inundaciones muy altas
12	+ 118	Huracán	Voladura de autos, árboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o un tifón

Cuadro 5.2.6. Escala de Beaufort modificada para evaluación de daños por vientos (1944).

Estación	Velocidad en km/h				
	Promedio	Mínima	Máxima	Moda	Desviación
Gaviotas	12.64	1.08	72.36	1.44	9.59
Porvenir	12.84	0.36	79.92	0.36	9.92
Pueblo Nuevo	12.01	1.08	84.6	1.44	9.92

Cuadro 5.2.7. Datos procesados de las estaciones utilizadas en el análisis de vientos.
Fuente: CONAGUA, 2015.

llevan a establecer el nivel de Peligro para este fenómeno como Bajo, ya que la probabilidad de ocurrencia del mismo es muy baja.

Esta información coincide con el mapa elaborado por el CENAPRED (2011), con base en datos de la Comisión Federal de Electricidad, en el que se muestra el nivel de peligro por viento en el país. De acuerdo a esta zonificación, la República Mexicana está dividida en cuatro zonas de peligro por viento: Muy alto (intervalos de 190 a 220 km/h), Alto peligro (intervalos de 160 a 190 km/h), Moderado, (intervalos de 130 a 160 km/h), Bajo (intervalos de 100 a 130 km/h). De este modo, el estado de Tabasco presenta un nivel de Peligro Bajo por vientos al igual que el municipio de Centro (figura 5.2.6).

Vulnerabilidad por vientos fuertes

El grado de vulnerabilidad se determinó en función de la clasificación del peligro y la exposición de los sistemas al fenómeno perturbador. No existen evidencias como inclinación de la vegetación, acumulación de sedimentos, erosión, pérdida de frutales, entre otros que indiquen un grado de afectación alto y el peligro se estableció como bajo, por lo que se tiene como resultado un grado de Vulnerabilidad Bajo. La población del Centro, así como sus bienes, infraestructura y medio no son especialmente vulnerables al viento. No existe una propensión a ser dañados por este fenómeno, ya que en términos generales la velocidad de los vientos en el territorio tiene una probabilidad del 70% de que se mantengan en un rango entre 1.2 y los 24 km/h. En estas velocidades, el confort humano es adecuado.

No obstante, esporádicamente se da la presencia de vientos atípicos, esto puede consultarse en la Figura 5.2.7

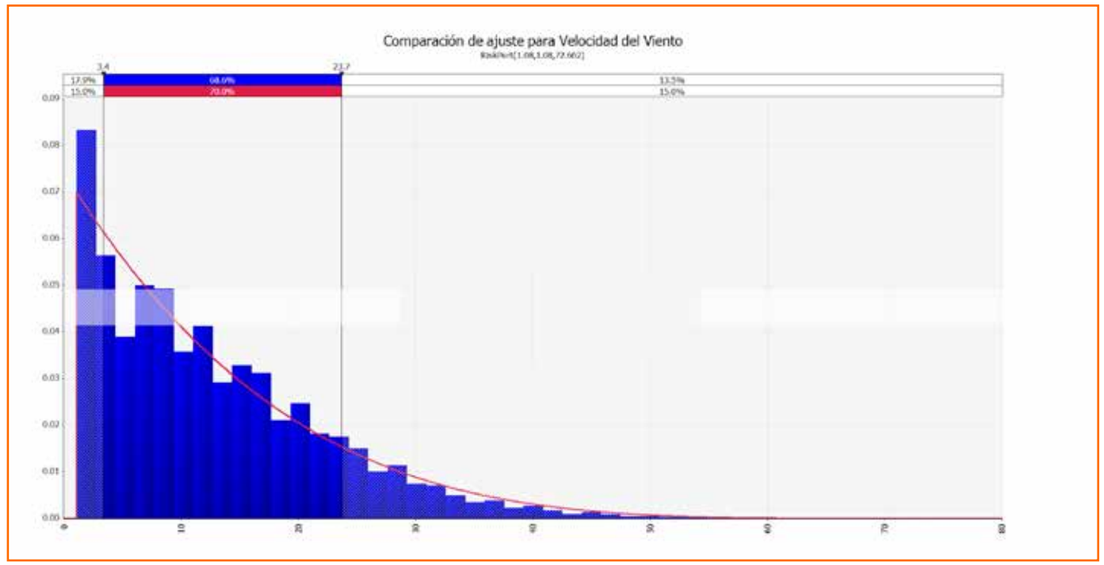


Figura 5.2.5. Distribución de probabilidad para la velocidad del Viento (km/h).
Fuente: Calculada a partir de datos de la CONAGUA

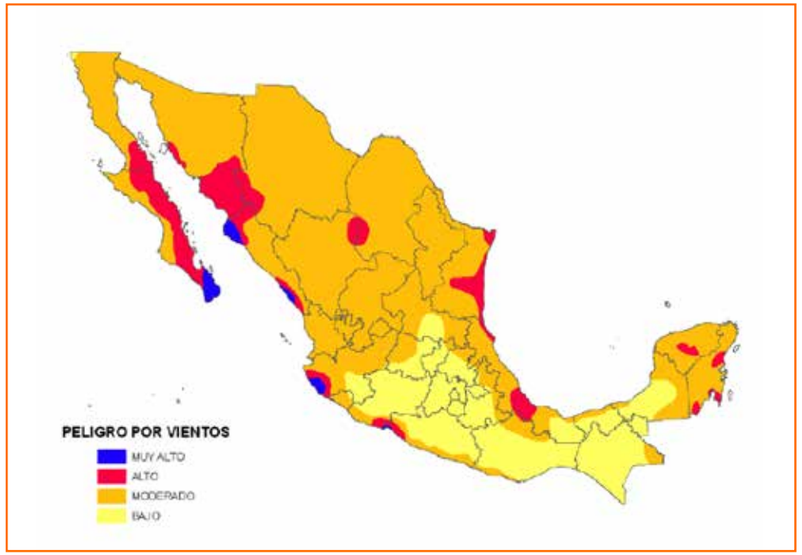


Figura 5.2.6. Zonificación de velocidades máximas de vientos en la República Mexicana.
Fuente: CENAPRED, 2001.

GrupoPresenteMultimedios @diariopresente_
www. diariopresente.com.mx
Lunes 1 de junio de 2015 | Página 3
TEMA DE PORTADA

FOTOS: ERIK VÁZQUEZ I DIARIO PRESENTE

destruidos al recibir el impacto de los árboles.

er el desastre y las la tromba.

Cientos de plantíos fueron destruidos por la intensidad del viento la noche del sábado.

Afectó a Boquerón, Río Viejo, Guineo y Luis Gil Pérez

Deja tromba desastre total

La noche del sábado vecinos durmieron entre el agua luego que el ventarrón los dejó sin techo

Mariel Arroyo
DIARIO PRESENTE

Una tromba tiró árboles sobre líneas de luz y casas con techo de lámina en las rancherías Boquerón, Río Viejo, Guineo y Luis Gil Pérez la noche del sábado. Por eso la mañana de ayer encontró a los habitantes de la zona machete en mano para limpiar un poco el desastre.

Unos 792 usuarios de la CFE se quedaron a oscuras debido a que los vientos de más de 100 kilómetros por hora arrancaron varios árboles de raíz, algunos tan grandes como tamarindos, que cayeron sobre líneas de los circuitos Tamulté 40-85 y Tamulté 40-95.

Personal de Protección Civil tuvo que acudir a hacer maniobras para librar la carretera Villahermosa-Luis Gil Pérez, ya que en el kilómetro 10 cayó un árbol que obstaculizaba el paso vehicular, pero los vecinos se quejan de que a ellos nos los ayudaron con los árboles que cayeron sobre sus casas y destrozaron tanto las paredes como los techos de lámina, teja o asbesto.

Por su parte, la CFE había restablecido el 75 por ciento del servicio a las tres de la tarde de ayer, y esperaba terminar de reparar todas las líneas de electricidad hacia las 19 horas del mismo domingo, según informó el coordinador de comunicación social de la empresa productiva del estado.

Con ventarrón también volaron tejas y techos de lámina, con lo que varios vecinos quedaron vulnerables ante el agua que entró a sus casas. La lluvia empapó todo dentro de los cuartos, ropa, colchones, estufas... sin que la gente pudiera hacer nada por protegerlos.

En la mañana del domingo, los vecinos salieron machete en mano a limpiar los árboles que cayeron en sus patios.

Los postes de luz y teléfono invadieron la carretera.

Recuento de daños

La tromba que se presentó dejó cientos de damnificados

- Minutos antes de las 21:00 horas del sábado un ventarrón afectó a los pobladores
- Los árboles cayeron en las líneas de luz, techos de las casas y todo lo que encontraron a su paso
- La electricidad se perdió por completo; se esperaba quedara restablecida luego de las 21:00 horas
- Los vecinos quedaron vulnerables ante el agua que entró a sus hogares
- El gobernador Arturo Núñez Jiménez recorrió las zonas afectadas
- Instruyó a la Secretaría de Gobernación y SOTOP dar todo el apoyo para volver a la normalidad

Efectos comunes por rachas de viento en la zona del Municipio de Centro.

Los principales daños se presentan por árboles caídos y techumbres levantadas. Estos daños no son muy frecuentes, por lo que es posible que se presenten una vez cada 3 años.

El tamaño del daño se encuentra asociado a las características de la vivienda. Los techos de materiales orgánicos y de lámina de zinc son los principales afectados. Igualmente se ven dañadas las líneas de energía eléctrica y telefonía, así como algunos vehículos estacionados bajo la sombra de los árboles.

Fotografías de Grupo Presente Multimedios

donde se observa que hay una probabilidad del 1% de que esto ocurra y cuando sucede provoca afectaciones en árboles, techos y paredes de viviendas construidas con materiales poco estables como láminas de zinc, de asbesto, madera, carrizo, entre otros; así como en espectaculares y estructuras no consolidadas, con bajo o nulo mantenimiento o que no acatan las normas de construcción establecidas. Precisamente en consideración a estos eventos atípicos, es que se designa la Vulnerabilidad como Baja y no en un rango inferior.

Riesgo por vientos fuertes

El riesgo ante este peligro fue definido considerando la baja peligrosidad por vientos inferiores a 7 m/s, la vulnerabilidad baja y el bajo grado de exposición de los sistemas. Lo anterior, sumado al 1% de probabilidad de ocurrencia de velocidades de más de 12.27 m/s que siguen siendo bajas para causar efectos indeseables, daños o pérdidas, da como resultado un Riesgo Bajo. Es decir, el viento, es un fenómeno que no pone en riesgo a la población del Centro.

Ciclones tropicales y huracanes

Los ciclones tropicales son una figura meteorológica utilizada frecuentemente para hacer referencia a un sistema de baja presión que se caracteriza por presentar una circulación cerrada alrededor del centro de baja presión.

Su nombre se deriva de los trópicos y su naturaleza ciclónica. El término «tropical» se refiere tanto al origen geográfico de estos sistemas, que se forman casi exclusivamente en las regiones intertropicales del planeta, como a su formación en masas de aire tropical de origen marino. El término «ciclón» se refiere a la naturaleza ciclónica de las tormentas, con una rotación en el sentido contrario al de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio sur.

Los ciclones tropicales se distinguen de otros sistemas porque obtienen su energía de las altas temperaturas que se presentan en las zonas profundas del Océano Atlántico y Pacífico, por lo que son sistemas con núcleos cálidos.

Para la zona de la costa del Atlántico y Golfo de México este fenómeno se denomina de diversas formas, dependiendo de su fuerza (intensidad de los vientos que les forman) y localización. De este modo, un ciclón tropical puede llamarse depresión tropical, tormenta tropical, huracán, tifón o simplemente ciclón.

Depresión tropical.

Una depresión tropical es la primera etapa en la formación de un ciclón que no presenta frentes y su circulación es contraria al movimiento de las manecillas del reloj. Se denomina depresión porque la velocidad máxima de sus vientos no supera los 34 nudos que equivalen a 63 km/h. Se considera que hay una depresión tropical cuando se forma una depresión atmosférica en el mar que se caracteriza porque el viento empieza a aumentar en superficie con una velocidad máxima (media en un minuto) de 62 km/h o menos; las nubes comienzan a organizarse y la presión desciende hasta cerca de las 1000 hpa (hectopascales).

A partir de la presencia de una depresión tropical, puede esperarse el desarrollo de un huracán, dependiendo de las condiciones que prevalezcan en el área. La depresión tropical es considerada el "nacimiento" de un huracán.

En el municipio de Centro, este fenómeno por lo general no causa daños a la población. Básicamente crea

Los ciclones y ondas tropicales tienen diferentes efectos de acuerdo a sus caracteristicas, ubicación y distancia de impacto. Por su ubicación el Municipio de Centro no resiente los impáctos del incremento en la marea y la fuerza de los vientos por lo que los principales daños se ocasionan por el exceso de precipitación pluvial.
En la imágen un ejemplo de los efectos de las ondas y ciclones tropicales.

condiciones de incomodidad a los habitantes al levantar grandes capas de polvo y basura ligera tales como papel, bolsas de plástico, hojas de árboles entre otras, que viajan con el viento y dificultan la visibilidad a los transeúntes, además de que se dificulta caminar en contra del viento.

Tormenta tropical

La tormenta tropical es el crecimiento o desarrollo de la depresión tropical, esta se caracteriza por presentar una mayor intensidad de los vientos que superan los 62 km/h sin rebasar los 118 km/h, las nubes se distribuyen en forma de espiral y empieza a formarse un ojo pequeño, casi siempre en forma circular, y la presión se reduce a menos de 1000 hpa. Con esta velocidad, el incremento en el tamaño promedio de las olas puede superar el metro de altura.

En esta fase es cuando recibe un nombre correspondiente a una lista formulada por la Organización Meteorológica Mundial (Comité de Huracanes). Antiguamente, cada ciclón se denominaba con el nombre del santo del día en que se había formado o había sido observado. Durante la Segunda Guerra Mundial se usó un código en orden alfabético para facilitar la rapidez de la transmisión con abreviaturas, (Abbler, Baker, Charlie, etc.); posteriormente, en 1953 el Servicio Meteorológico de los EUA adoptó el uso de nombres de mujer de esas abreviaturas en orden alfabético y en 1978, a solicitud de un movimiento feminista de los EUA, fueron también incluidos en esas listas, nombres de hombre en los idiomas español, francés e inglés. Cabe aclarar que si un ciclón ocasiona un impacto social y económico importante a un país, el nombre de este ciclón no volverá aparecer en la lista.

Este tipo de fenómeno hidrometeorológico se forma y se intensifica cuando está situado sobre océanos tropicales o subtropicales en ambos hemisferios, en donde la fuerza de rotación de la tierra (Coriolis) es suficientemente fuerte para que se inicie el movimiento de rotación alrededor del centro de baja presión y cuyas temperaturas del agua a nivel de la superficie son de 27°C o más cálidas. Las regiones matrices no son estables en cuanto a su ubicación, ya que esta obedece a la posición de los centros de máximo calentamiento marítimo, los que a su vez están influidos por las corrientes frías de California y la contracorriente cálida ecuatorial en el océano Pacífico, así como por la deriva de las ramificaciones de la corriente cálida del «Gulf Stream». Además, no se mantienen por sí mismos sobre tierra, independientemente de la temperatura superficial.

Las tormentas tropicales tienen un núcleo central cálido, se desarrollan en entornos de débiles cortantes del viento vertical y su parte central se inclina sólo ligeramente. Los vientos más fuertes se dan en los niveles bajos, donde el contacto con la superficie terrestre origina una fuerte disipación por rozamiento. Esta disipación aumenta con la potencia de orden dos de la velocidad del viento, y por esta razón los ciclones tropicales pueden ser muy destructivos.

Al entrar a tierra, las tormentas tropicales generalmente pierden fuerza y se degradan a depresiones tropicales. Por su ubicación geográfica, el estado de Tabasco tiene una alta incidencia de este tipo de fenómeno hidrometeorológico. El municipio de Centro como parte del territorio tabasqueño, no está exento de recibir de forma constante, durante la época de lluvias el impacto de las depresiones tropicales. Por lo general, estas generan un potencial de lluvias muy fuertes a intensas y fuertes vientos tanto en el Municipio como en sus inmediaciones, lo que puede ocasionar perjuicios hacia la población, la infraestructura, bienes y el medio ambiente.

Los daños asociados a este tipo de fenómenos en el Municipio, generalmente se refieren a deslaves en carreteras; daños a viviendas, negocios y vehículos, principalmente por voladura de techos de lámina y caída de árboles; afectaciones por inundaciones de tipo pluvial, sobre todo por problemas relacionados con el funcionamiento de cárcamos y acumulación de basura en las alcantarillas.

Referente a la parte productiva municipal, las tormentas tropicales suelen causar daños parciales en áreas de cultivos y pastizales. Los cultivos que se ven afectados con mayor frecuencia por fenómenos de este tipo durante la época de lluvias son el maíz, plátano y frijol. Los pastizales que se afectan, en múltiples ocasiones pueden ser rescatados, si el clima mejora en pocos días. No obstante, los productores deben de realizar el traslado de las cabezas de ganado a zonas de mayor altitud del Municipio como medida preventiva, lo cual les representa gastos adicionales afectando la economía de los mismos.

Huracanes

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define los sistemas tropicales como centros de baja presión de circulación organizada con un centro de aire tibio que se desarrolla en aguas tropicales y algunas veces aguas subtropicales. Dependiendo de la magnitud de los vientos sostenidos en la superficie, los sistemas se clasifican como perturbación tropical, depresión tropical, tormenta tropical y ciclón o huracán. En México, su

Figura 5.2.7. Trayectorias de eventos ciclónicos registrados en el área de influencia. Fuente: CENAPRED, 2015.

Clasificación	Media Histórica	
	Pacífico	Atlántico
Depresiones Tropicales	3.0	2.3
Tormentas Tropicales	6.8	4.5
Huracanes categoría 1 y 2	4.0	3.6
Huracanes Intensos categorías 3, 4 y 5	4.3	2.2
Total de Ciclones	18.1	12.6
Ciclones con Nombre (TT y H)	15.1	10.3

Cuadro 5.2.8. Número promedio anual de ciclones tropicales en los mares que rodean a México.

Categoría	Velocidad km/h	Vulnerabilidad	Oleaje
1	119-153	Ningún daño efectivo a los edificios. Daños menores a arbustos y árboles. Algunas inundaciones de carreteras costeras y daños leves a muelles.	Hasta 1.5 m
2	154-177	Provoca algunos daños a los tejados, puertas y ventanas de edificios. Daños considerables a la vegetación, casas y muelles. Las carreteras costeras se inundan dos horas antes de la entrada del centro del huracán.	Hasta 2.5 m
3	178-209	Provoca algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares con pequeñas fisuras en los muros. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas y los escombros flotantes dañan a las mayores. La erosión y el transporte de objetos se incrementan.	Hasta 3.5 m
4	210-250	Provocan fisuras generalizadas en los muros, con derrumbe completo de toda la estructura del techo de las viviendas pequeñas. Inundaciones en terrenos planos debajo de tres metros situados a 10 kilómetros de la costa. La erosión es muy fuerte en las playas.	Hasta 5 m
5	> 250	Derrumbe total de los techos en muchas residencias y edificios. Algunos se desmoronan y el viento se lleva las construcciones. Los daños son graves en los pisos bajos de todas las estructuras. La erosión de las playas y la remoción en masa del relieve son muy elevadas.	Más de 5 m

Cuadro 5.2.9. Escala Saffir – Simpson. Descripción de daños producidos por los huracanes.
Fuente: Saffir, H. y Simpson, B.,1969.

periodo de mayor incidencia se presenta durante los meses de junio a octubre.

Cuando la velocidad de los vientos en un ciclón supera los 118 km/h se considera a este fenómeno un huracán. Estos pueden producir olas grandes, lluvias torrenciales y marejadas ciclónicas en áreas costeras. Se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida y pierden parte de su fuerza cuando penetran en tierra porque dejan de recibir energía del agua caliente de los mares y océanos.

Los efectos de los Huracanes son de los que provocan mayor destrucción en México, ya que son capaces de causar graves daños a poblaciones costeras, así como ocasionar pérdidas humanas y económicas difíciles de superar. En el Cuadro 5.2.8 se puede consultar a detalle el número promedio de ciclones tropicales que se presentan en los mares que rodean a México.

Durante un huracán los factores meteorológicos más importantes que producen daño son:

a) La fuerza de los vientos del huracán proyecta o derriba objetos, imprime movimiento a las aguas de los océanos, así como ejerce fuertes presiones sobre superficies y es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad del viento.
b) La marea de tormenta es una elevación temporal del nivel del mar cerca de la costa, que se forma por el paso del área central del huracán, la cual es debida a los fuertes vientos que soplan hacia la tierra y a la diferencia de presión atmosférica entre el ojo del huracán y los alrededores. Esta marea puede alcanzar una altura mayor de 6 metros. Asimismo, una pendiente suave del fondo marino puede propiciar la acumulación de agua por el viento y por tanto una marea de tempestad más alta.
c) Las precipitaciones intensas que acompañan a un huracán pueden causar deslaves y provocar inundaciones.

Por su intensidad y los daños que ocasionan, los huracanes se clasifican en cinco categorías de acuerdo a la escala propuesta por Saffir Simpson, misma que se presenta en el Cuadro 5.2.9. Las trayectorias de los ciclones que han circulado por la Zona Sur - Sureste de la República Mexicana, donde se encuentra ubicada el área de interés de este Atlas se pueden apreciar en la Figura 5.2.7. De igual forma, las trayectorias correspondientes a eventos ciclónicos que atañen específicamente al municipio de Centro se pueden consultar a mayor detalle en la figura 5.2.8.

En la imagen se puede observar que de acuerdo con los registro proporcionados por la CONAGUA, los eventos que han impactado directamente al territorio municipal; es decir, que el centro del fenómeno perturbador ha pasado por el Municipio, han sido únicamente 5. De estas, tres han sido depresiones tropicales que ocurrieron durante los años 1896, 1902 y 1960. Los otros dos fenómenos han sido tormentas tropicales y estas se presentaron en 1936 y en 1941. Esta última fue la que mayor velocidad del viento alcanzó con rachas de hasta 40 km/h. Los datos corresponden al histórico de huracanes elaborado por el CENAPRED y se encuentra disponible en línea.

Como se puede distinguir, son mínimos los eventos que impactan directamente al territorio municipal, la mayor parte de ellos pasan a cierta distancia del mismo, incluyendo a los huracanes. No obstante, es de gran relevancia destacar que en aquellos fenómenos perturbadores de gran intensidad que alcanzan categorías elevadas en la escala de Saffir – Simpson, aun cuando no im-

Figura 5.2.8. Eventos ciclónicos que han tocado tierra y transitado por el municipio de Centro. Fuente: CENAPRED, 2005.

pactan de lleno el área perteneciente al Municipio, se llegan a experimentar intensamente los efectos de las lluvias. Los ciclones tropicales ocurren en las regiones del océano con aguas cálidas, excepto en el Atlántico sur. Es de hacer notar que en ambos océanos que colindan con México existe la presencia de ciclones tropicales principalmente durante los meses de verano. La temporada de ciclones, estadísticamente hablando, es del 15 de mayo al 30 de noviembre en el océano Pacífico noreste y del 1° de junio al 30 de noviembre en el Atlántico, aunque esto no quiere decir que no se presenten ciclones tropicales fuera de temporada, incluso en meses como abril o enero.

Para la temporada de lluvias y ciclones tropicales del 2015, debido a la aparición del fenómeno conocido como «El Niño», que se caracteriza por la presencia de valores por arriba del promedio en la temperatura superficial del mar, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) pronosticó una temporada de huracanes por arriba de la media histórica en el Océano Pacífico y de baja actividad en el Océano Atlántico. Para el Golfo de México y Mar Caribe, se tiene pronosticada la ocurrencia de 7 ciclones tropicales con nombre, cuatro de ellos que alcanzarían la categoría de tormenta tropical y 3 de huracán. En el Pacífico se espera la formación de 19 ciclones tropicales con nombre, de los que ocho alcanzarían la categoría de tormentas tropicales; siete serían huracanes fuertes, categorías 1 y 2 en la escala Saffir-Simpson y cuatro serían huracanes intensos, categorías 3, 4 o 5.

Como resultado del análisis se observa que el territorio no es un sujeto favorable para el tránsito central de estos fenómenos, por lo que los centros u ojos de los ciclones tienen pocas probabilidades de hacer contacto con el Municipio. Sin embargo, es muy importante tener presente que en eventos de gran magnitud, el agua que arrastran estos fenómenos pueden ocasionar lluvias intensas tanto en las zonas serranas del estado de Chiapas como del vecino país de Guatemala, mismas que pueden producir inundaciones en el Municipio por la escorrentía. Este problema puede verse agravado por la precipitación pluvial que ocurre en el territorio municipal, al mismo tiempo que escurren las aguas de la serranía y hay sobre saturación de los suelos, como ya ha sucedido en el pasado reciente. De igual forma, pueden presentarse únicamente lluvias intensas y torrenciales que ocasionen anegaciones en las zonas urbanas y rurales del Municipio.

En sí, la suma de las precipitaciones pluviales al complejo hidrológico presente en el territorio que alberga cauces de ríos, hace vulnerable al Municipio, sobre todo en la temporada de lluvias y ciclones tropicales, tal como ocurrió en octubre de 2007, cuando debido a la extraordinaria cantidad de agua que se precipitó durante la parte más fuerte de la temporada de lluvias cuando suelos y ríos estaban saturados; los escurrimientos provocaron consecuencias devastadoras para los habitantes y los bienes de esta área.

Peligro por presencia de huracanes

De acuerdo con la información sobre las trayectorias de los eventos ciclónicos específicos para el área proporcionada por el CENAPRED donde se observa que hasta el momento el Municipio no ha sido impactado directamente por algún huracán y tomando en consideración el efecto de los vientos, el peligro por presencia de huracanes en el territorio del municipio de Centro se estableció como Peligro Bajo y la presencia de estos en caso de presentarse se restringe a la temporada de ciclones y huracanes que inicia el 1° de junio y concluye el 30 de noviembre.

El agente perturbador lluvia, es uno de los dos que son de gran importancia en la presencia de huracanes, tor-

Escala	Velocidad	Frecuencia	Daño potencial
EF0	105–137	98.5%	Daños leves. Algunas tejas caídas y otras pequeñas piezas de los tejados arrancadas, algunos daños en canaletas, ramas de árboles rotas y algunos árboles poco profundos arrancados. Los tornados que no causan daños visibles (por ejemplo aquellos que se producen en campos abiertos) se valoran siempre como de EF0.
EF1	138–178	31,6%	Daños moderados. Tejados seriamente despedazados, caravanas y casetas volcadas o seriamente dañadas, pérdida de puertas exteriores, ventanas y otros, cristales rotos.
EF2	179–218	10,7%	Daños considerables. Tejados de casas sólidas arrancados, los cimientos de las casas se pueden mover, caravanas completamente destruidas, arboles grandes partidos o arrancados, pequeños objetos convertidos en proyectiles, coches arrancados del suelo.
EF3	219–266	3,4%	Daños graves. Pisos enteros de casas bien construidas destruidos, daños graves a los edificios grandes (tales como centros comerciales), trenes volcados, árboles descortezados, vehículos pesados levantados del suelo y arrojados a distancia, estructuras con cimientos débiles lanzados a cierta distancia.
EF4	267–322	0,7%	Daños devastadores. Tanto las casas de hormigón y ladrillos como las de madera pueden quedar completamente destruidas, los coches pueden ser proyectados como misiles.
EF5	>322-450	<0,1%	Daños increíbles. Las casas fuertes pueden quedar arrasadas hasta los cimientos, las estructuras de hormigón armado dañadas críticamente, los edificios altos sufren graves deformaciones estructurales. Devastaciones increíbles.

Cuadro 5.2.10. Escala Fujita Mejorada para la clasificación de Tornados (Storm Prediction Center, 2006).
Fuente: National Weather Service, 2007.

mentas tropicales, depresiones tropicales, entre otros. Este agente perturbador por su relevancia y los daños que causa en el territorio municipal, es tratado de forma particular en el acápite correspondiente.

Vulnerabilidad por huracanes

La vulnerabilidad del Municipio se determinó en función del peligro establecido y el grado de exposición de los sistemas al fenómeno perturbador. No se encontraron reportes de exposición a huracanes en alguna categoría de la escala Saffir – Simpson. El territorio no está cercano a la costa, por lo que no hay exposición al oleaje, ni daños en ecosistemas marinos. La infraestructura presente en el Centro posee materiales de construcción pertinentes, salvo en los casos ya expuestos en el apartado de vientos y en párrafos anteriores.

Bajo este contexto, el grado de vulnerabilidad por huracanes para el Municipio se definió como Vulnerabilidad Baja. La vulnerabilidad por exposición específica a las lluvias se trata en el apartado correspondiente.

Riesgo por huracanes

La probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables por el impacto de huracanes en el Municipio es baja. La determinación del grado de riesgo se realizó en función de la categoría de peligro alcanzada, la vulnerabilidad establecida y el grado de exposición determinado. En función de lo anterior, el Riesgo se estableció como Bajo.

Tornados

Los tornados son fenómenos hidrometeorológicos que se caracterizan por la circulación espontanea del viento a muy alta velocidad. Su extremo inferior está en contacto con la superficie terrestre, mientras que la parte superior hace contacto con una nube del tipo cumulonimbus. Aunque se caracterizan por un alto contenido energético, es común observar que su duración es breve y de poca extensión.

La mayoría de los tornados cuentan con vientos que llegan a velocidades de entre 65 y 180 km/h y miden aproximadamente 75 m de ancho. Los más violentos pueden alcanzar vientos superiores a los 450 km/h y medir hasta 2 km de ancho, lo que ocasiona intensos daños. De acuerdo con la Escala de Fujita mejorada (2006), los tornados se clasifican en 6 categorías. Estas categorías pueden consultarse en el Cuadro 5.2.10, donde se incluyen la escala, velocidad, frecuencia y daño potencial que pueden provocar los tornados de acuerdo al nivel en que se encuentre.

Estas columnas de aire frecuentemente se generan en áreas intertropicales, cercanas a los trópicos o en las áreas continentales de las latitudes subtropicales de las zonas templadas, y son menos comunes en las latitudes bajas, próximas al ecuador. Afortunadamente, no existe registro alguno de presencia de este tipo de eventos en el Municipio. Bajo este contexto, el Peligro, la Vulnerabilidad y el Riesgo para el Centro por tornados se establecen como Bajas.

Tormentas eléctricas

Se conocen como tormentas eléctricas a la caída de rayos asociados o no a la presencia de lluvias torrenciales; las tormentas eléctricas se producen por el incremento del potencial eléctrico entre las nubes y la superficie terrestre, donde el rayo es la descarga eléctrica atmosférica a tierra. Durante este fenómeno meteorológico, los rayos caen a la superficie generalmente en zonas boscosas y en zonas urbanas, siendo los tendidos eléctricos, principalmente los de alta tensión y las zonas aledañas a ellos, vulnerables al mismo.

En el municipio de Centro, los lomeríos bajos y las zonas pecuarias han sido los espacios geográficos donde se ha presentado la caída de rayos, sin que a la fecha se haya reportado hasta el momento el deceso de alguna persona o animal por este fenómeno. La ciudad de Villahermosa no reporta la caída de rayos en la zona urbana en su historia como asentamiento.

Para la determinación del riesgo potencial por este fenómeno, se analizaron las normales climatológicas del Municipio referente a las incidencias de tormentas eléctricas, desde 1951 hasta el 2010 proporcionadas por la CONAGUA. En total se trabajó con los datos de 20 estaciones, mismas que pueden consultarse en el Cuadro 5.2.11

El promedio de tormentas eléctricas al año en el Municipio es de 8, siendo los meses de mayor incidencia de junio a agosto. En contraposición, los meses en que no se han presentado fenómenos perturbadores de este tipo es el periodo comprendido de diciembre a marzo.

Peligro por tormentas eléctricas.

Se interpolaron los datos de 20 estaciones meteorológicas pertenecientes al municipio de Centro, relativos al promedio anual de tormentas eléctricas registrados. Como resultado de este proceso se determinó que el Municipio presenta peligrosidad baja por tormentas eléctricas, ya que hay una baja incidencia de las mismas al tener un promedio de presencia de 8 tormentas al año y no existen registros históricos de daños causados por este agente perturbador.

Vulnerabilidad ante las tormentas eléctricas.

De acuerdo con los datos recabados en los recorridos de campo y la información bibliográfica consultada, la Vulnerabilidad para este tipo de fenómeno se determinó como Media para las torres de líneas eléctricas, ya que

Tormenta eléctrica en la zona serrana del Estado de Tabasco.
Fotografía del domínio público en Internet.

Nombre	Estación	Latitud	Longitud
Cárdenas	27008	18.001	-93.373
Dos Patrias	27011	17.613	-92.796
Jalpa de Méndez	27020	18.172	-93.034
La Huasteca	27024	17.520	-92.927
Jonuta	27028	18.092	-92.136
Macuspana	27030	17.757	-92.610
Paraíso	27034	18.396	-93.212
Samaria	27039	17.998	-93.271
Tapijulapa	27042	17.461	-93.339
Teapa (DGE)	27044	17.549	-92.966
Tepetitán	27048	17.820	-92.373
Tequila	27049	17.720	-92.813
Tres Brazos	27050	18.384	-92.600
Tulipán	27051	18.108	-93.345
Vicente Guerrero	27053	18.391	-92.883
Villahermosa	27054	17.997	-92.932
Oxolotán	27070	17.381	-92.763
Poblado C-16	27076	18.111	-93.497
Nacajuca	27084	18.166	-93.018
Playas del Rosario	27092	17.854	-92.930

Cuadro 5.2.11. Estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis de las tormentas eléctricas en el municipio de Centro.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA, 2015.

Nombre estación	Clave	Xcoord	Ycoord	Periodo
Boca del Cerro	27004	3615243.2	647752	1950-2013
Centro Experimental	27007	3386293.8	693849	1989-2013
Dos Patrias	27011	3475737.4	656332	1952-2000
Huimanguillo	27018	3403267.1	680014	1950-1972
Jalpa de Méndez	27020	3445743.3	716395	1959-1978
Jonuta	27028	3541905.2	713880	1952-1979
Macuspana	27030	3495153	673573	1950-2013
Mosquitero	27033	3386504.2	664251	1950-1980
Paraíso	27034	3426589.4	740003	1950-2012
Paredón	27035	3412700	668236	1966-1985
Pueblo Nuevo	27037	3465465.1	682462	1950-2013
Samaria	27039	3422270.8	695654	1950-2013
Tapijulapa	27042	3479006.9	639751	1963-2013
Teapa	27044	3459753	648258	1961-2012
Tenosique	27047	3622075.5	650902	1922-2013
Tres brazos	27050	3491139.2	742841	1949-2013
Villahermosa	27054	3459271.5	697860	1950-2013
Balancán de Domínguez	27056	3607768	686772	1973-2000
El Triunfo Balancán	27059	3644627.6	704085	1974-2010
Puyacatengo	27061	3463533.8	644554	1973-2004
Campo exp. Puyacatengo	27068	3462317.9	646017	1975-1998
Oxolotán	27070	3482496.9	631042	1975-2013
Poblado C-28	27078	3398846.8	696892	1983-2012
El Pípila Balancán	27090	3599738.7	704269	1988-2010
Peñitas, Chiapas	7106	3408099.8	628669	1968-1999
Pichucalco, Chiapas	7128	3446314.7	641994	1945-1983
Salto de Agua, Chiapas	7141	3525365.3	653591	1953-1984

Cuadro 5.2.12. Estaciones climatológicas usadas para el cálculo de las lluvias extremas.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAGUA, 2015.

el impacto de un rayo sobre las mismas puede afectar al tendido aéreo, así como al área de influencia de las torres, principalmente por las inducciones electromagnéticas en estos conductores. Esta zona de influencia se calculó en 50 m a partir del centro de la torre. Se fijó una Vulnerabilidad Baja para las líneas sencillas de tendido eléctrico y zonas de pastizales que corresponden con lomeríos bajos y planicies, ya que son áreas propensas a la caída de rayos. Finalmente se estableció una Vulnerabilidad baja para la ciudad de Villahermosa y el resto del Municipio, debido a la relación de caída de rayos y la ausencia de reportes de caída de rayos en la zona urbana.

Riesgo por tormentas eléctricas

El riesgo por tormentas eléctricas en el municipio de Centro, Tabasco, fue calculado mediante sobreposición cartográfica de los mapas de peligros y vulnerabilidad por tormentas eléctricas. Se definió un grado de Riesgo Bajo por tormentas eléctricas para todo el Municipio, puesto que el promedio de tormentas eléctricas anuales es inferior a 10.

Lluvias extremas e inundaciones

Aunque las lluvias extremas y las inundaciones generan diferentes efectos o daños, ambas provienen de la precipitación pluvial, por lo que para ambos fenómenos se utiliza una metodología de tronco común que después se particulariza para cada tema. Bajo este contexto, se describen a continuación los métodos utilizados para ambos fenómenos y más adelante se describen los elementos particulares de cada uno de ellos.

Evaluación de la precipitación pluvial.

Para la evaluación de la precipitación se recopiló la información disponible en las estaciones climáticas de la región de influencia y se calcularon diferentes escenarios como se explica a continuación.

Las recientes inundaciones en Tabasco hacen necesario que se calcule la intensidad de la lluvia a diferentes periodos de retorno con los nuevos datos observados de los eventos extremos para obtener los valores actualizados de la lluvia de diseño. Por ello se realizó este estudio para estimar la intensidad de la lluvia con duración de un día o 24 horas y periodos de retorno de 10, 20, 50, 200 y 500 años para los doce meses del año. Esta información se utilizó para calcular las curvas Intensidad-Duración-Periodos de Retorno no solo para el Municipio, sino para todo el Estado.

El período de retorno de lluvias, expresado en años, puede ser definido como el número promedio de años en que un evento de lluvia puede ser igualado o excedido. Para estimar las lluvias de diseño asociados a cierto período de retorno, se usaron métodos estadísticos que incorporan en su análisis los registros de valores máximos anuales, lográndose una mayor precisión a medida que se cuente con más años de registro. En este se utilizó el registro de máximos valores anuales para cada mes y el valor máximo del año.

Los métodos estadísticos consideran que la lluvia máxima anual es una variable aleatoria que se distribuye de acuerdo a una cierta función de probabilidad. El proceso normalmente requiere el ajuste de diferentes funciones de probabilidad a los valores máximos de lluvia, escogiéndose la función de probabilidad que mejor se ajuste a los datos. La información de precipitación utilizada fue la de la base de datos llamada CICLOM y del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Se utilizaron 27 estaciones climatológicas, 24 de Tabasco y 3 de Chiapas (cuadro 5.2.12), que cubren la mayor parte del territorio tabasqueño, teniéndose una mayor densidad en parte central del Estado y una menor, en la región de Pantanos de Centla.

Para seleccionar las estaciones se utilizaron los siguientes criterios: el primero de ellos fue la dispersión, prefiriendo que las estaciones estuvieran dispersas en el territorio tabasqueño, salvo en la región de la Sierra donde se escogieron estaciones cercanas entre sí, por la influencia orográfica (figura 5.2.9). Un segundo criterio fue que la estación contara con datos de un periodo mayor a 20 años. Se utilizaron como referencia geográfica las coordenadas oficiales proporcionadas por el SMN de las estaciones climatológicas, desechándose varias estaciones debido a que sus coordenadas geográficas eran incorrectas.

Se hizo un análisis preliminar de los datos para valores erróneos, donde se compararon con los valores extremos reportados en las normales climatológicas del SMN, desechando los valores que no coincidieron con los reportados. Se obtuvieron los valores máximos para cada uno de los doce meses del año por cada año registrado y en cada una de las estaciones seleccionadas. Estas series de valores extremos de lluvia se ordenaron según la fórmula de Weibull y se procesaron con el software HEC-SSP versión 2.0 del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos, para calcular los periodos de retorno a nivel mensual.

El software HEC-SSP versión 2.0, usa las distribuciones de probabilidad log-normal y log-Pearson III para calcular los valores extremos por el método de los momentos, siguiendo la metodología sugerida por el boletín 17B del Geological Survey de los Estados Unidos. La expresión matemática de la distribución log-normal es:

$$F(x)=\int_0^x \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x-\mu_y}{\sigma_y}\right)}$$

donde:

- μ_y: parámetro de ubicación
- σ_y: parámetro de escala

La expresión matemática de la distribución log-Pearson III es:

$$F(x)=\int_0^x \frac{1}{\alpha\, x\, \Gamma(\beta)}\left(\frac{Ln\, x-y_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{Ln\, x-y_0}{\alpha}\right)}dx$$

donde:

- α: parámetro de escala
- β: parámetro de forma
- x_0: parámetro de ubicación
- $\Gamma(\cdot)$: función gamma

El software hace un control de calidad de los datos de entrada, desechando los valores que se salen de ciertos límites llamados "outliers". El criterio que se utilizó para escoger la distribución que mejor se ajustara a la información, fue aquella donde la menor cantidad de datos se salieran de los intervalos de confianza de 5% y 95%. La Figura 5.2.10 muestra una gráfica donde se aprecia el ajuste de los datos de una estación climatológica.

Los mapas de los periodos de retorno a nivel mensual se realizaron con el software SURFER, donde se utilizó como método de interpolación Kriging y una malla de 100 x 45 nodos, con un tamaño de malla de alrededor de 3.5 kilómetros. El sistema de coordenadas que se utilizó para los mapas fue el del INEGI (CCL-ITRF92). Los mapas se encuentran en formato shapefile cuyos límites fueron xmin=3331043, xmax=3670491, ymin=617743 y ymax=773086. En la figura 5.2.11 se puede apreciar el ejemplo de un mapa. Como resultado del análisis se generaron 72 mapas con las isoyetas para precipitación pluvial en los periodos de retorno de 10,20, 50, 200 y 500 años para cada mes del año, los cuales se pueden consultar en el anexo correspondiente al final de este documento.

Una vez determinada la frecuencia y magnitud de los eventos de precipitación por día, se procedió a elaborar las curvas de Intensidad – Duración y Frecuencia (figura 5.2.12) y con ellos los hietogramas (figura 5.2.13)

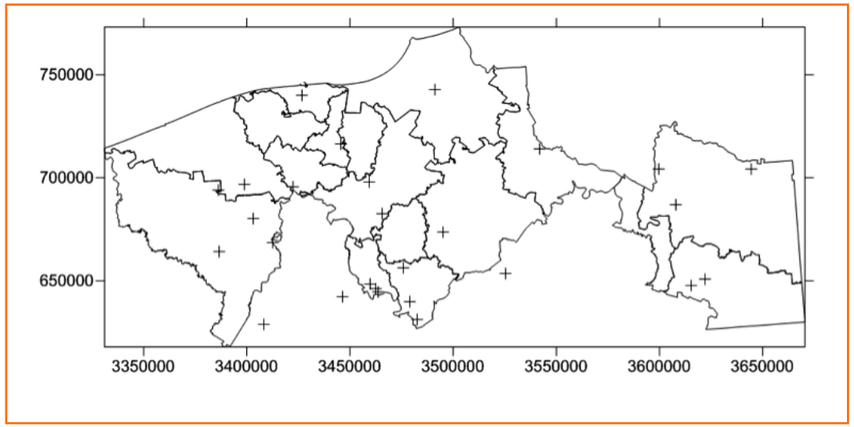


Figura 5.2.9. Distribución de las estaciones climatológicas utilizadas para el análisis de lluvias extremas.
Fuente: Elaboración propia.

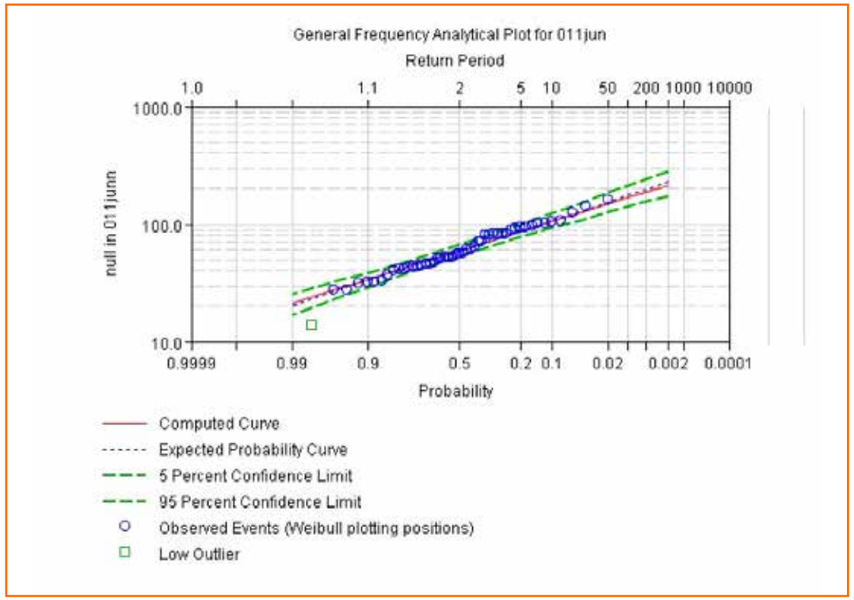


Figura 5.2.10. Salida del software HEC-SSP mostrando el ajuste de la distribución log-normalen la estación Boca del Cerro para el mes de Junio.
Fuente: Elaboración propia.

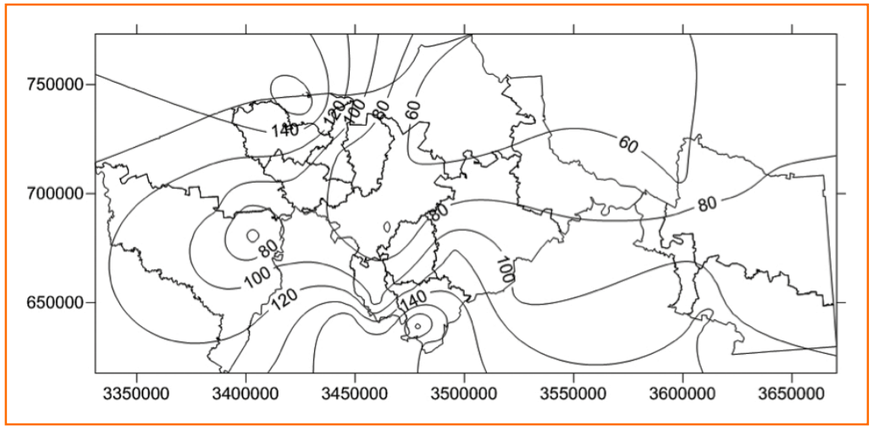


Figura 5.2.11. Ejemplo de mapa de la lluvia, de diseño para 10 años de periodo de retorno.
Fuente: Elaboración propia

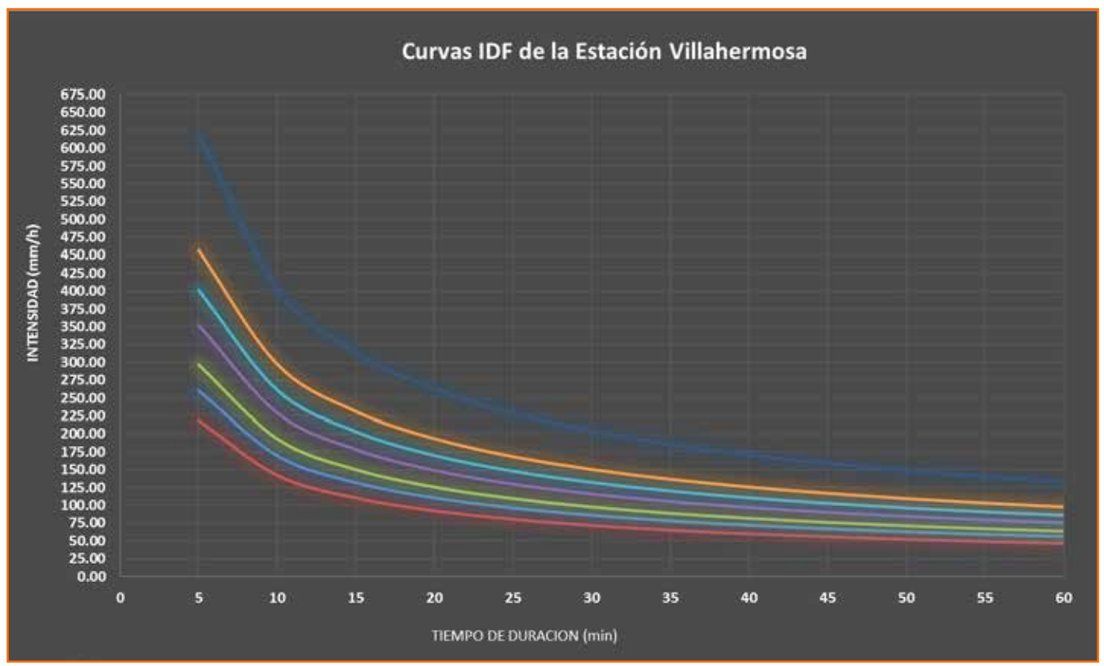


Figura 5.2.12. Ejemplo de curva de intensidad, duración y frecuencia.
Fuente: Elaboración propia.

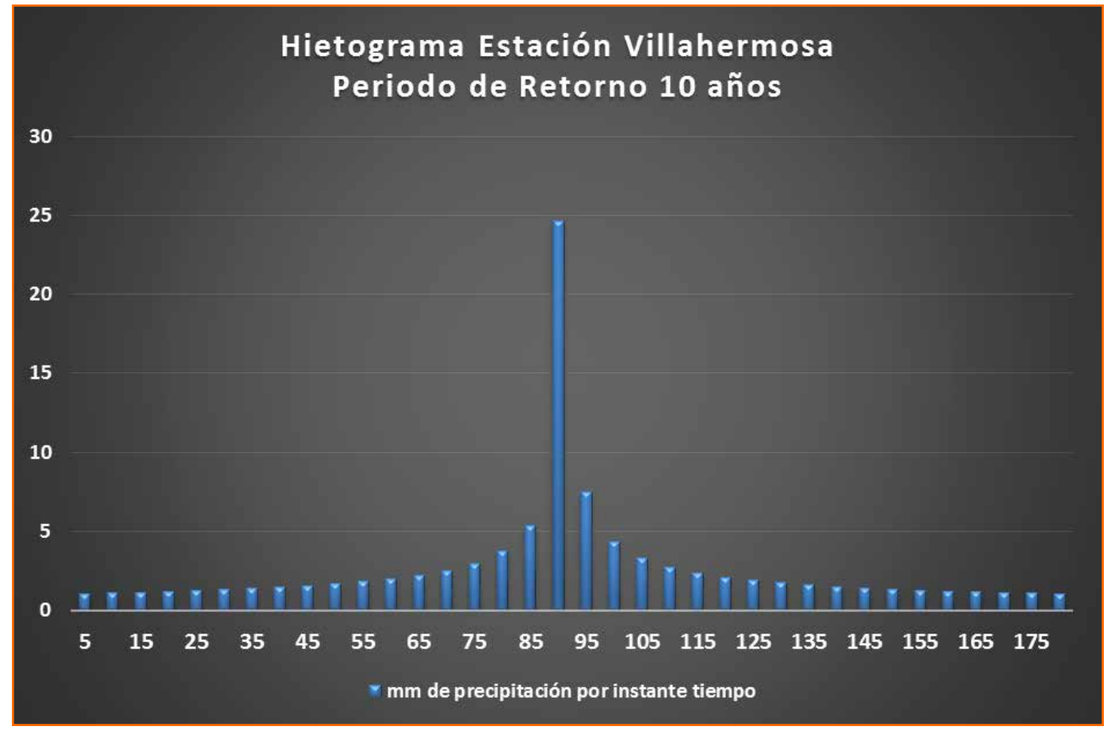


Figura 5.2.13. Ejemplo de hietograma de precipitación.
Fuente: Elaboración propia.

Lluvias extremas en la Ciudad de Villahermosa.
Fotografía de Grupo Presente Multimedios.

Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)
1948	340	1964	144	1980	117	1996	94.2
1949	254.4	1965	137.2	1981	115.7	1997	92.4
1950	228	1966	135	1982	113.2	1998	92.1
1951	227	1967	134.2	1983	112.2	2000	90.5
1952	224.5	1968	133.5	1984	111.5	2001	90
1953	200	1969	133.5	1985	111.5	2002	89.7
1954	198.9	1970	132.5	1986	111	2003	89.5
1955	191	1971	132.3	1987	109.5	2004	85.3
1956	187	1972	130.8	1988	107.5	2005	84.9
1957	180	1973	128.5	1989	106.6	2006	81
1958	174.5	1974	125.6	1990	102.9	2007	80
1959	174.5	1975	124.7	1991	101.3	2008	71
1960	170.5	1976	124.1	1992	100.5	2009	67.8
1961	164.8	1977	121.6	1993	98.5	2010	65.2
1962	158.8	1978	118.2	1994	98.2	2011	59.3
1963	150	1979	117.8	1995	94.3	2012	56.9

Cuadro 5.2.13. Valores máximos de precipitación anual para la estación Villahermosa. Una vez obtenidos estos valores se procede a realizar el cálculo la precipitación diaria máximaprobable para distintas frecuencias o periodos de retorno (figura 5.2.16).
Fuente: Elaboración propia.

correspondientes para cada estación analizada (los datos en extenso se incluyen en el anexo correspondiente al final de este documento).

En el Cuadro 5.2.13 se muestran los valores máximos anuales de precipitación en 24 h para la estación Villahermosa. En el se aprecia que el valor máximo de precipitación para 24 h fue en el año 1949 con 254.4 mm. En la Figura 5.2.14 se pueden observar los valores máximos probables de precipitación anual para la estación Villahermosa, para distintos periodos de retorno. Una vez obtenidos los máximos probables se obtuvieron los valores para diferentes tiempos de duración que pueden consultarse en el Cuadro 5.2.14.

Esta información se aplicó en la simulación de eventos de escorrentía superficial para las diferentes cuencas de drenaje urbano del municipio de Centro y para los escurrimientos en las cuencas analizadas.

Las inundaciones y los anegamientos a consecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos que son parte de la naturaleza del Municipio, han obligado a los habitantes a desarrollar todo tipo de estrategias para salvaguardar sus bienes. En la imagen se aprecia una barrera de block y cemento para evitar la entrada de agua al comercio.
Fotografía de Grupo Presente Multimedios.

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	136.9931	188.2564	222.1971	265.0814	296.8954	328.4745	401.4489
18 hr	X18 = 91%	124.6637	171.3133	202.1994	212.0651	270.1748	298.9118	365.3185
12 hr	X12 = 80%	109.5945	150.6051	177.7577	212.0651	237.5163	262.7796	321.1591
8 hr	X8 = 68%	93.1553	128.0143	151.0941	180.2554	201.8889	223.3626	272.9852
6 hr	X6 = 61%	83.5658	114.8364	135.5403	161.6997	181.1062	200.3694	244.8838
5 hr	X5 = 57%	78.0861	107.3061	126.6524	151.0964	169.2304	187.2304	228.8259
4 hr	X4 = 52%	71.2364	97.8933	115.5425	137.8423	154.3856	170.8067	208.7534
3 hr	X3 = 46%	63.0168	86.5979	102.2107	121.9374	136.5719	151.0983	184.6665
2 hr	X2 = 39%	53.4273	73.4200	86.6569	103.3817	115.7892	128.1050	156.5651
1 hr	X1 = 30%	41.0979	56.4769	66.6591	79.5244	89.0686	98.5423	120.4347

Cuadro 5.2.14. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo variables probabilísticas

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 129.67 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 51.33 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 40.03 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 106.56 \text{ mm}$$

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno Años	Variable Reducida YT	Precip. (mm) XT(mm)	Prob. de ocurrencia F(xT)	Corrección intervalo fijo XT (mm)
2	0.3665	121.2328	0.5000	136.9931
5	1.4999	166.5986	0.8000	188.2564
10	2.2504	196.6346	0.9000	222.1971
25	3.1985	234.5853	0.9600	265.0814
50	3.9019	262.7393	0.9800	296.8954
100	4.6001	290.6854	0.9900	328.4745
500	6.2136	355.2645	0.9980	401.4489

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Figura 5.2.14. Calculo de precipitaciones máximas probables para distintos periodos de retorno.
Fuente: Elaboración propia.

No.	Estación de Bombeo	No Equipos	Capacidad l/seg	Habitantes
1	Asunción Castellanos	6	6700	7352
2	Banobras	6	3500	4201
3	Bonanza	1	50	1778
4	Brisas de Casa Blanca	2	250	4619
5	Campestre	2	350	1415
6	Carrizales	3	4500	2465
7	Cartier's	3	150	150
8	Central Camionera	3	2850	7024
9	CICOM (pluvial)	3	5000	12037
10	El Monal (pluvial)	3	1500	250
11	El Negro	2	2000	3064
12	El Parque	4	4000	1400
13	Ernesto Malda	3	1700	33580
14	Espejo I	2	1000	5833
15	Espejo II	2	1000	3888
16	Fideicomiso	8	6250	3030
17	Fracc. Santa Elena	1	10	0
18	Galaxias	2	350	1043
19	Gasolinera Olmeca	2	150	30
20	Gaviotas	7	7200	18450
21	Guayabal (pluvial)	3	2000	5500
22	INDECO	3	1250	12994
23	INDECO (pluvial)	5	9000	16500
24	Insurgentes	3	1250	6882
25	José Mariscal	2	750	8058
26	Laguna del Espejo (pluvial)	2	3000	10406
27	Libertad	3	3600	8500
28	Lindavista	2	500	4200
29	Liverpool	2	500	3500
30	M. Infractores	2	500	750
31	Malecón	5	6000	3500
32	Manga II	4	790	6809
33	Manga II (pluvial)	2	750	6809
34	Manga III	6	2530	4300
35	Maximino Pérez	2	1000	13600
36	Méndez	8	8500	16711
37	Miguel Hidalgo	2	500	8700
38	Miguel Hidalgo II	3	350	8046
39	MULTI-80	7	1650	3600
40	Noroeste	4	3000	2100
41	Pagés Llergo	2	750	1750
42	Parque Industrial	3	2100	0
43	Petrolera	2	750	4197
44	Plaza Villahermosa.	3	400	4200
45	Pólvora	11	10800	65000
46	Prados de Villahermosa	2	350	3855
47	PYASUR	1	50	0
48	Rovirosa	2	500	4366
49	Sabina	2	100	1563
50	San José Gaviotas	4	7000	15300
51	STAIUJAT	2	100	320
52	Sector Armenia	3	330	0
53	Sector Roberto Madrazo	3	60	0
54	Tabasco 2000 (pluvial)	6	12000	9100
55	Tamulté I	11	9600	33336
56	Tamulté II	2	1250	550
57	Tierra Colorada	1	50	1700
58	Triunfo La Manga	3	1250	4350
59	Tulipanes - CICOM	3	900	950
60	Valle Verde	3	150	3800
61	Francisco Villa	3	195	0

Cuadro 5.2.15. Estaciones de bombeo (cárcamos) de la Ciudad de Villahermosa y zonas aledañas. En el cuadro se muestra el número de equipos que integranla estacióny la capacidad de bombeo. Igualmente se muestra una estimación del número de habitantes que atienden.

Fuente: Elaboración propia.

Drenaje Urbano

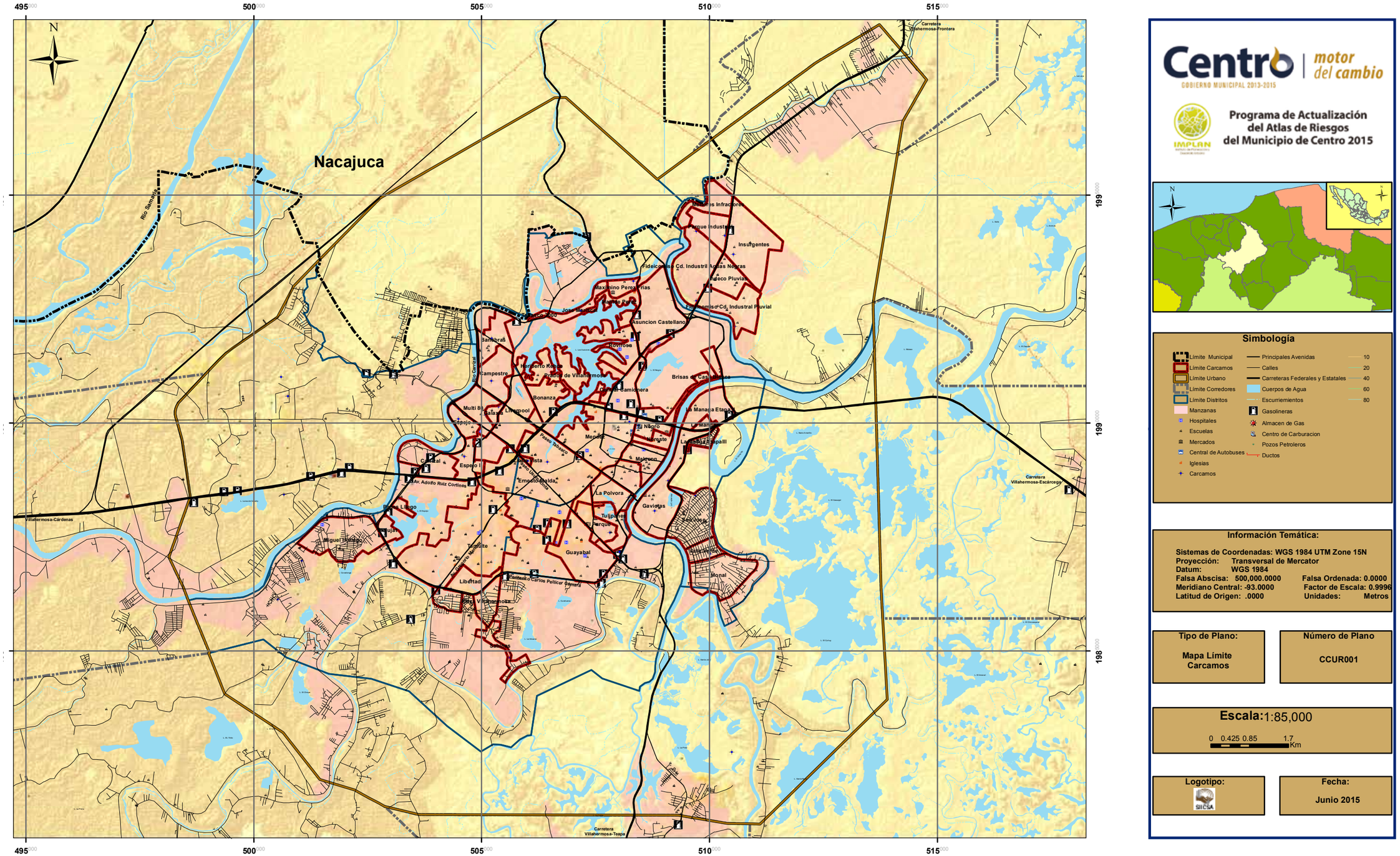
En cualquier ciudad del mundo, el desalojo de las precipitaciones en suelo urbano depende de la capacidad de los sistemas de drenaje pluvial. Sin embargo, en la ciudad de Villahermosa y en general en el municipio de Centro, no existe una separación del drenaje pluvial y de las aguas residuales. Ante la intensidad de los eventos pluviales que se registran en la entidad, la capacidad de los sistemas se ve superada provocando anegamientos. Estas, en el mejor de los casos son liberados una vez que pasa la tormenta, pero en muchas ocasiones pueden permanecer en el área afectada hasta que son infiltradas o evaporadas. Esta situación no solo afecta de manera frecuente a las viviendas, sino que también afecta a la infraestructura vial reduciendo su periodo de vida.

Para el funcionamiento del drenaje en la zona urbana del municipio de Centro existen en funcionamiento 61 cárcamos que trabajan bajo diferentes circunstancias y capacidades. En general, se utiliza para su funcionamiento combustible diesel y energía eléctrica.

En el Cuadro 5.2.15 se muestra la capacidad de bombeo de los cárcamos instalados, el número de equipos que integra cada estación de bombeo y la estimación de la población beneficiada o afectada por este servicio.

Mapa de Cuencas Urbanas y distribución de cárcamos

Cada uno de los cárcamos tienen instalada una capacidad de bombeo que se utilizó para evaluar el momento y la probabilidad de que se vean excedidos por una lluvia extraordinaria. Sin embargo, cabe mencionar que esta es una aproximación al fenómeno, ya que los resultados no contemplan eventos aleatorios como la disposición de residuos sólidos domiciliares en las calles que pueden bloquear el ingreso del agua disminuyendo



Mapa 5.1. Ubicación de cárcamos de la Zona Urbana del municipio de Centro.

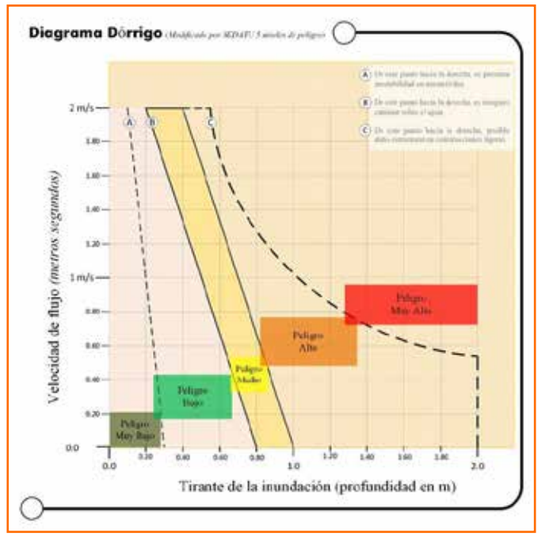


Figura 5.2.15. Diagrama Dórrigo.
Fuente: SEDATU, 2014.

así la capacidad de bombeo. Además, se desconocen importantes detalles de las características del drenaje como diámetros y tipos de material utilizados, red de distribución, capacidad y distribución de las bocas de tormenta, entre otros factores necesarios para modelar esta amenaza. Como un mecanismo de cotejo se realizó un recorrido por las áreas señaladas en los modelos para verificar los resultados obtenidos. En este mismo recorrido se realizaron entrevistas con los habitantes del área para obtener su perspectiva del problema identificado.

Los resultados se pueden observar en los mapas correspondientes.

Para el caso particular de las inundaciones, los datos obtenidos en el análisis de precipitación pluvial se utilizaron para generar modelos de escurrimiento con el programa Hec Hms. En este se utilizaron modelos esquemáticos de las cuencas involucradas para simular los gastos correspondientes a cada una de las entradas de agua en el Municipio. Los hidrogramas y gastos obtenidos como resultado, se utilizaron en Hec Ras para determinar la velocidad y el tirante de agua de las zonas inundadas. Para construir los modelos mencionados se realizó trabajo de campo que permitió determinar el tamaño y profundidad de las secciones utilizadas. Esta información fue complementada con el modelo digital LIDAR con valores cada 5 m. Los resultados se clasificaron conforme al diagrama Dorrigo modificado por la SEDATU, el cual incorpora la velocidad del agua y el tirante de inundación (figura 5.2.15).

La velocidad del agua al extenderse en la planicie del territorio municipal, aunque no es uniforme, tampoco es elevada. En efecto, el promedio de velocidad para diferentes zonas de planicie en desbordamiento no supera los 20 cm/s. Cabe señalar que en algunas zonas aledañas al cauce de los ríos que se han protegido con bordos o muros, la velocidad del agua al rebasar estas áreas de protección puede incrementar de manera importante superando en ocasiones los 40 cm/s. Esto sucede por un efecto de vacío que generan las áreas protegidas y donde el agua puede encontrar espacio para su recorrido. En esencia, estas áreas funcionan como los vertederos en las presas, una vez que el agua alcanza el límite del bordo o del muro, el agua empieza a desbordar con gran velocidad. Todavía más peligroso resulta cuando existe una falla en las estructuras de protección, ya que el agua tiende a colarse en el área protegida a gran velocidad, por lo que el panorama de la inundación somera y tranquila de una planicie queda sustituido por un desastre de grandes proporciones, ya que la población no está preparada para esta situación. Situaciones similares a las descritas previamente se presentaron en 1999 en el área del Fraccionamiento Carrizales y en 2007 para las zonas del Centro y de las Gaviotas en el municipio de Centro. En ambas ocasiones los daños ocasionados salieron de toda proporción.

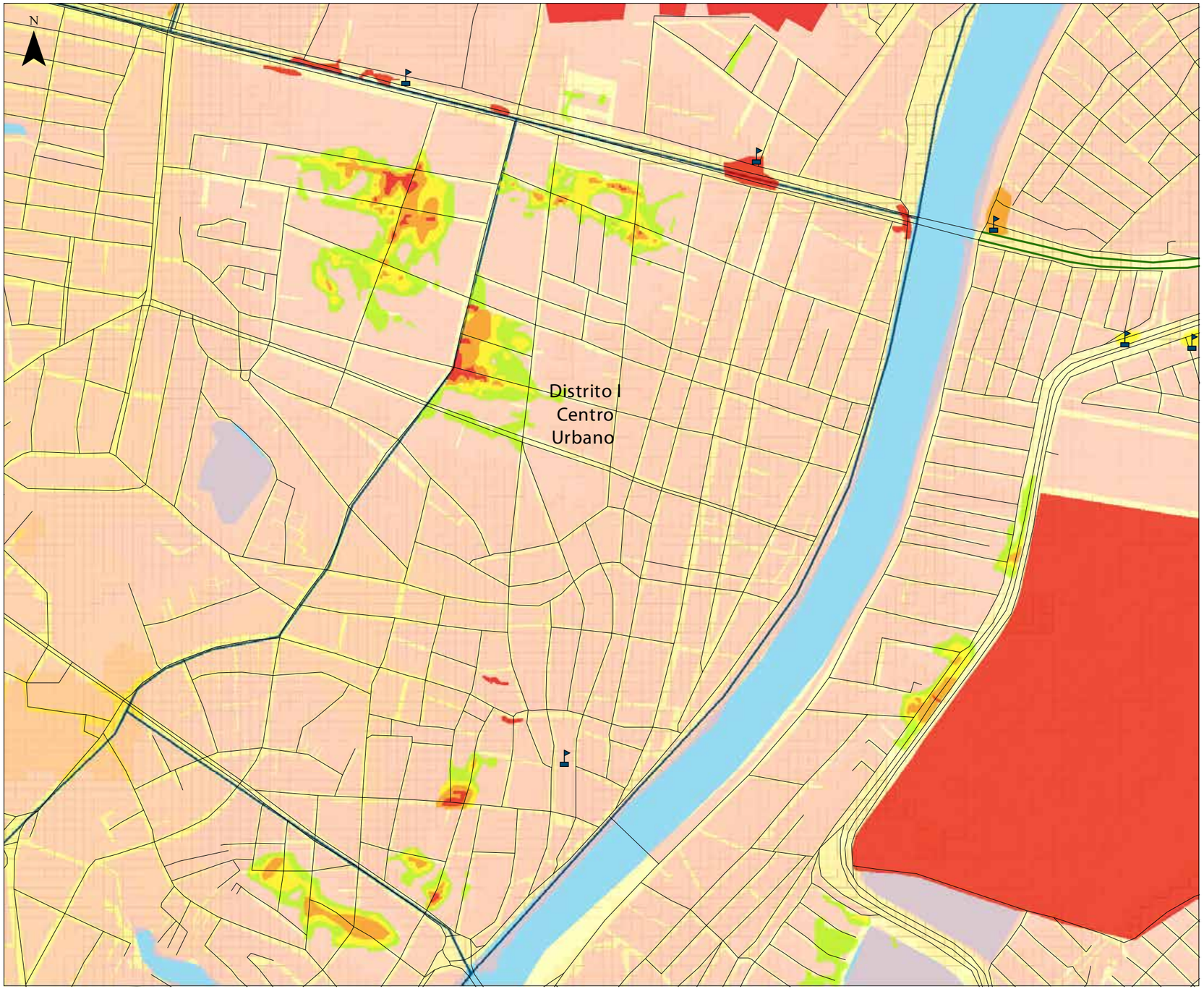
Para el caso de la profundidad, hasta hace algunos años antes de las modificaciones ocasionadas por lo programas de protección hidráulica a la Ciudad y sus áreas periurbanas, el tirante de inundación era moderado, fluctuando en la mayoría de las ocasiones entre los 20 y los 40 cm. Sin embargo, el embalsamiento ocasionado por la reducción del cauce de las obras de protección, el azolvamiento de los cauces, así como el relleno de áreas de amortiguamiento hidráulico, han cambiado radicalmente esta situación al grado de encontrar zonas en la Ciudad que alcanzaron hasta 2 m de profundidad en 2007.

Otro efecto no deseado generado por las obras de protección, es el anegamiento frecuente de algunas zonas de la Ciudad. Por ejemplo, el muro de protección que rodea a la laguna Covadonga en la zona de Miguel Hidalgo, impide el escurrimiento natural de la lluvia que cae en los fraccionamientos Islas del Mundo, Estrellas de Buenavista y Santa Elena. Estas aguas que fluían de manera natural al cuerpo de la laguna, ahora es necesario bombearlas para su desalojo.

En la zona del vaso Cencalli, en la Laguna de las Ilusiones, los trabajos de remediación convirtieron en un tanque de sedimentación/oxidación el vaso para mejorar la calidad del agua que ingresa a la laguna. Sin embargo, la construcción de un vertedero bajo el puente de la avenida Paseo Tabasco limita el paso del agua a la laguna, lo que ocasiona que el área aledaña se desborde por efecto de una lluvia extraordinaria.

En general los sistemas de bombeo permiten el desalojo rápido del agua de lluvias, por lo que los anegamientos son temporales y no duran más de dos horas en promedio en el interior de la Ciudad. En zonas donde no hay drenaje y por lo tanto no existen mecanismos de salida, el anegamiento puede resultar un riesgo importante. Un ejemplo de esto se puede observar en las lagunas de la Aduana y Curahueso, las cuales han sido prácticamente desecadas, utilizando ahora esos espacios para la construcción de viviendas. Estas áreas no tienen ya una conexión con el río para descargar, por lo que toda el agua que proviene de la cuenca se almacena en este punto. Una situación similar aplica para otras lagunas urbanas como el Negro y el Espejo.

A continuación se describen los resultados encontrados por área de interés y se muestran los mapas correspondientes que son extractos del mapa base (ver páginas 34, 35 y 36):



Mapa 5.2. Peligro por anegamiento en el Distrito I

Distrito I. Centro

Por las características del drenaje, de la precipitación pluvial y de la cultura propia de la población tabasqueña, es conveniente considerar que más de un 70 por ciento de la superficie urbana del Municipio es susceptible a presentar diversos grados de anegamiento. Sin embargo, la mayor parte de los encharcamientos son rápidamente desalojados por los sistemas de bombeo que dan servicio a los sistemas de drenaje de aguas residuales.

La zona es atendida por tres estaciones de bombeo: El Negro, Malecón y Noreste, que en conjunto reportan una capacidad de bombeo de once mil litros por segundo, descargando más de 200 millones de metros cúbicos de aguas residuales sin tratar.

Para el caso de la zona Centro es posible percibir que se presentan algunos encharcamientos cuando ocurren lluvias fuertes de más de 20 mm/h. Los referidos encharcamientos pueden alcanzar láminas de 2 a 5 cm en las partes más bajas. Sin embargo, en lluvias intensas, la situación se puede llegar a complicar en lugares como la Plazuela del Águila donde originalmente se encontraba una punta de la laguna La Pólvora. Esta área se extiende hasta la confluencia de las calles José Narciso Rovirosa

y Nicolás Bravo, en donde los encharcamientos más severos pueden alcanzar hasta 15 cm.

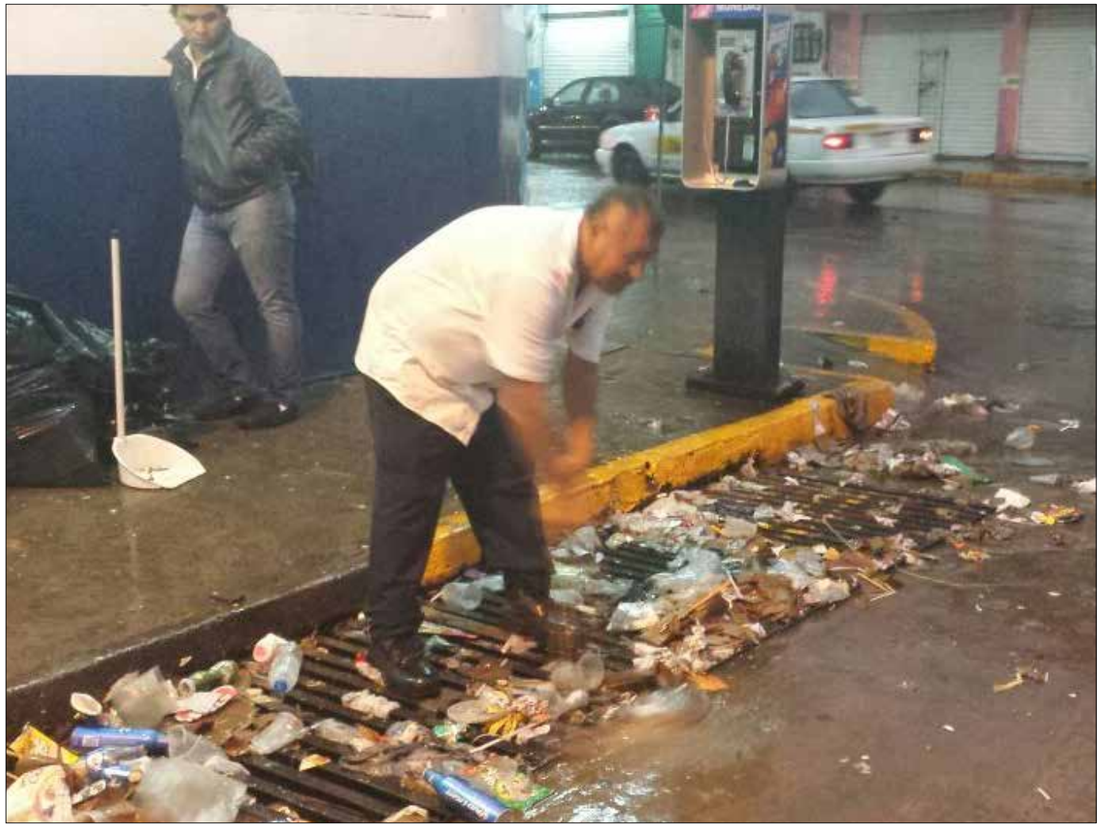
Una segunda sección de importancia en los fenómenos de anegamiento provocados por lluvias extremas se presenta en el área comprendida por las calles Manuel M. Bruno, Mariano Arista y Manuel Doblado. Esta, posiblemente sea el área más baja de la zona Centro y puede en ocasiones alcanzar tirantes de 35 a 40 cm en las partes más críticas.

Otro sector de conflicto se encuentra en el crucero conformado por las calles Arteaga y Peredo; así como el que forman las calles Miguel Hidalgo e Iguala en este mismo distrito. Ambos son susceptibles de acumular fuertes cantidades de agua, ya que reciben la escorrentía de Loma de Esquipulas.

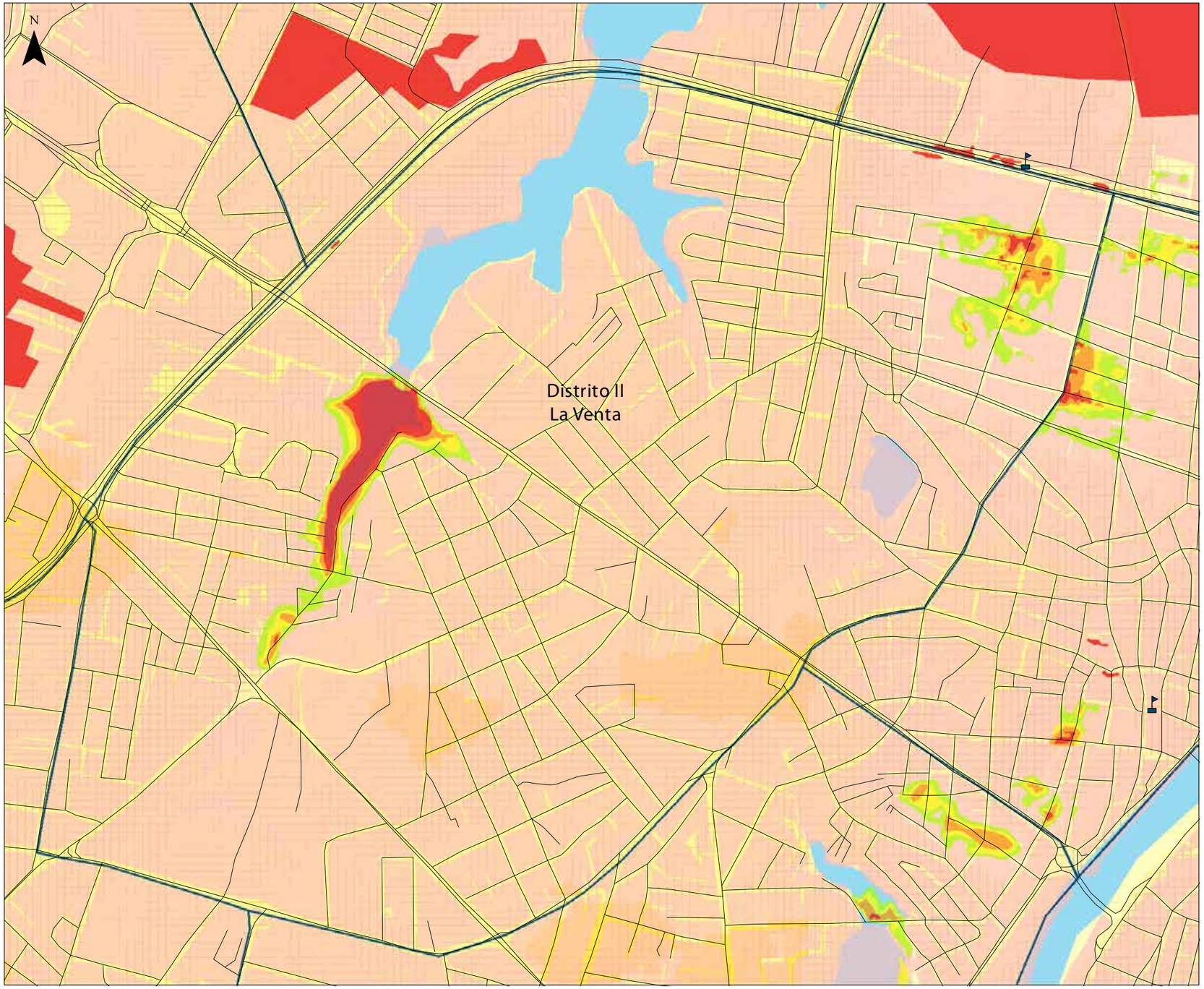
Otra cara del escurrimiento de esta loma se encuentra por la calle General Ignacio Zaragoza para continuar por la calle Cuauhtémoc, drenando por la esquina de la calle Eusebio Castillo, Avenida Gregorio Méndez Magaña y Cuauhtémoc. En esta parte no se presentan anegamientos debido al tamaño y la frecuente limpieza de las entradas al drenaje. Esta problemática de inundación, ha prevalecido desde hace muchos años, lo que se refleja en la mayoría de las construcciones de la zona. La mayor parte de las casas antiguas presentan una sobre elevación de 40 cm o más, lo que representa un mecanismo de adaptación para evitar los daños por los anegamientos e inundaciones.

Uno de los elementos que contribuye a disminuir el impacto de este tipo de fenómeno es la red de drenaje existente. Aun cuando el drenaje pluvial y sanitario se encuentra combinado, la capacidad de bombeo de los equipos instalados drena el agua en periodos breves de tiempo, por lo que los anegamientos no sobrepasan más allá de los 15 minutos después de la tormenta.

Esta situación es por supuesto, ajena a elementos como la falta de mantenimiento y combustible para el correcto funcionamiento de los equipos de bombeo. Otro factor que puede potenciar el efecto de estos fenómenos es la saturación y bloqueo de las bocas de tormenta con residuos sólidos por la falta de una cultura responsable de manejo de residuos por parte de los ciudadanos. Efectivamente, uno de los problemas principales en el drenaje de la Ciudad es consecuencia del inefectivo manejo de los residuos sólidos, así como al arrastre de sedimentos en las tuberías que pueden llegar a bloquear por completo el libre tránsito del agua.



La basura en las bocas de tormenta obstruye el paso del agua generando problemas en el drenaje.
Fotografía de Grupo Presente Multimedios.



Mapa 5.3. Peligro por anegamiento en el Distrito II.

Distrito II .La Venta

En este distrito, la situación es un poco más complicada que en el primer distrito, debido al tirante que alcanza el agua en algunas ocasiones. Inicialmente se puede decir que el distrito se encuentra apoyado por dos estaciones de bombeo. Una de ellas provee servicio a la zona de las colonias Centro, García, Nueva Villahermosa y Florida. La segunda estación presta servicio a las colonias Lindavista, Rovirosa, Atasta y José Colomo.

Esta situación divide al distrito en dos áreas de trabajo. La primera de ellas se ve fuertemente afectada en el corredor formado por la calle Lamberto Castellanos entre Domingo Borrego y Francisco Javier Mina. En esta zona también conocida como arboledas, los tirantes de inundación en eventos con precipitaciones superiores a 50 mm pueden generar láminas de agua de más de 40 cm, lo que paraliza parte del tránsito en la zona.

Se reconoce comúnmente a la zona como arboledas porque en algunas partes de las calles, aún quedan remanentes de la vegetación natural. Estos árboles conocidos como Tinto (Haematoxilum campechanium) son nativos de las zonas inundables de Tabasco y Campeche, por lo que su presencia en estas zonas permite hacerse una idea general de las características naturales que se presentan en el área.

En la misma área de influencia del cárcamo Méndez se presenta una segunda zona de anegamiento, en la confluencia de la calle Andrés Sánchez Magallanes y la Avenida Francisco Javier Mina. Esta área se extiende hasta el cruce de las calles Abelardo Reyes y Manuel Gil y Sáenz. En esta parte la situación es menos intensa ya que las láminas de agua no superan los 30 cm.

Al igual que en el Distrito I, el desalojo del agua en este distrito depende de factores humanos imponderables. Sin embargo, desde el punto de vista de capacidad del cárcamo, este cumple con la demanda en más del 90 por ciento de las veces que es requerido.

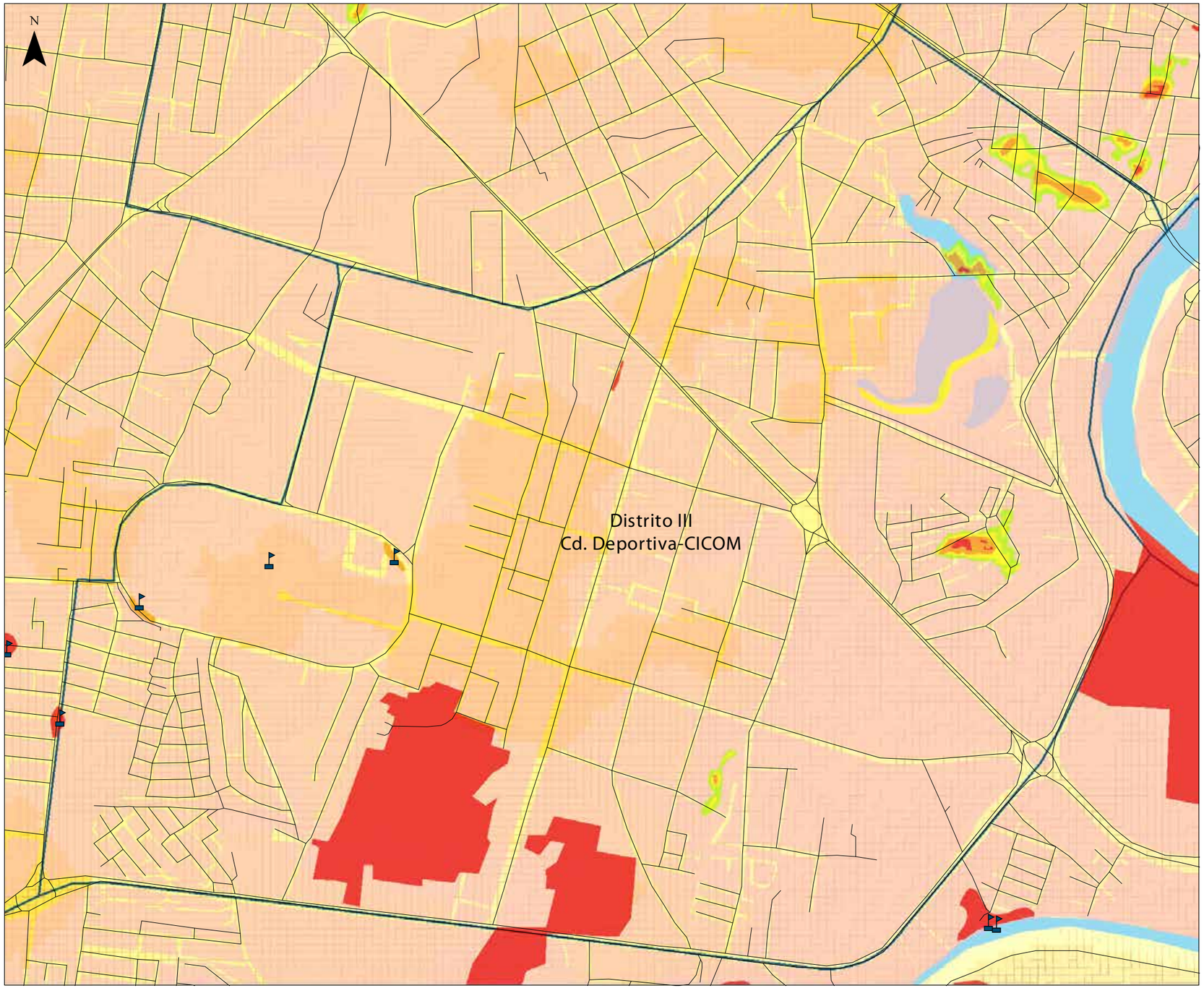
Una segunda zona de trabajo de este distrito se encuentra atendida por el cárcamo de Ernesto Malda. El mismo presta servicio de drenaje a la zona de las colonias Lindavista, Rovirosa, Atasta y José Colomo y se conecta con el cárcamo Lindavista brindando apoyo en el drenaje pluvial de la referida zona. La lámina de agua que se genera en esta parte, es producto del aporte de la cuenca del Vaso Cencalli que transporta agua desde la Ciudad Deportiva, así como de las colonias Atasta y Lindavista, por lo que el volumen de agua que escurre en eventos extraordinarios excede por completo la capacidad del vaso, inundando la zona aledaña al mismo con tirantes que sobrepasan los 50 cm en las partes más bajas frente a la estatua de la Mujer Ceiba.

Finalmente en el cruce de la Avenida Gregorio Méndez Magaña y Avenida Paseo Usumacinta, en la parte baja del paso a desnivel, los escurrimientos pueden llegar a acumular agua con tirantes de más de 30 cm, por lo que el tránsito para vehículos pequeños puede ser dificil.

Estas zonas llevan años con esta problemática por lo que al igual que en el distrito anterior, la población afectada a construido muretes sencillos para mantener sus posesiones a salvo.

Sobre la vía pública los inconvenientes se reducen a la limitación del tránsito por algunos minutos que corresponden al tiempo de duración de la máxima precipitación, siempre y cuando los sistemas de drenado no se vean bloqueados con basura o sedimentos. En estos casos es necesario aplicar un tratamiento de limpieza y/o desazolve para corregir la situación.

Arriba a la derecha, anegamiento por el vaso Cencalli a un costado de la Mujer Ceiba. Abajo a la derecha, anegamiento bajo el paso a desnivel en el cruce de las Avenidas Gregorio Méndez Magaña y Avenida Paseo Usumacinta.
Fotografías del dominio público en Internet



Mapa 5.4. Peligro por anegamiento en el Distrito III.

Distrito III.- Ciudad Deportiva - CICOM

El Distrito III incorpora para su servicio cuatro estaciones de bombeo (la Pólvora, el Parque, Guayabal y Tulipanes) con 21 equipos que en conjunto presentan una capacidad nominal de 21,800 l/s.

La primera zona de trabajo es la correspondiente al cárcamo de la Pólvora. Este proporciona servicio a la zona de escurrimientos que baja por la calle Centenario del Instituto Juárez a la laguna La Pólvora. De hecho, un pequeño vaso que se encuentra fuera del Parque la Pólvora era originalmente un brazo de la propia laguna. Por las condiciones de abandono y la presencia de grandes cantidades de popalería en el vaso, es posible que en eventos extremos desborde un poco hacia la calle señalada sin mayor impacto.

La segunda zona de interés es atendida por el cárcamo del Fraccionamiento Del Parque. Esta zona escurre desde la Avenida General Augusto Cesar Sandino hasta llegar a la calle Circuito del Parque, en lo que era una zona baja inundable que se conectaba con la laguna la Pólvora y con la zona baja inundable que se encuentra entre la Avenida 16 de Septiembre y Avenida Paseo Usumacinta. En esta zona en condiciones normales de funcionamiento de los cárcamos, se pueden presentar

láminas de agua de no más de 5 cm en algunas partes, las cuales desaparecen en corto tiempo. Caso contrario al que ocurre cuando fallan los sistemas de bombeo y entonces se presentan áreas de anegación con más de 50 cm de profundidad que pueden llegar a permanecer en la zona por más de 24 horas.

El cárcamo Tulipanes presta servicio de apoyo al Fraccionamiento Guayabal, a la colonia Las Brisas y atiende a la zona comercial que se encuentra en la misma área. En la calle Agapito Domínguez Canabal, se puede apreciar el tamaño y extensión de las rejillas del drenaje que prácticamente corren paralelos a la calle en lo que es un canal directo a la laguna de regulación.

El área de atención denominada Guayabal se extiende desde la calle José Moreno Irabién hasta la Avenida Paseo Usumacinta. Esta área comprende un drenaje natural que se encuentra enmarcado por el triángulo que conforman las Avenidas Paseo Usumacinta, Paseo de la Sierra y Avenida 16 de Septiembre. Este escurrimiento baja de la Avenida 16 de Septiembre hacia el Periférico Carlos Pellicer Cámara cruzando por la Privada el Caminero donde se llegan a presentar eventos de anegamiento con láminas de 15 a 20 cm.

Finalmente, una zona que no tiene identificado el mecanismo de drenaje escurre de manera natural por la loma que se encuentra entre las calles Belisario Domínguez y la Avenida General Augusto Cesar Sandino con dirección a la laguna de La Aduana. Esta, forma parte del drenaje natural de la zona y transcurre por un arroyo natural que pasa lateralmente por una institución académica y termina en la Avenida General Augusto Cesar Sandino para pasar por abajo del Periférico Carlos Pellicer Cámara hacia la laguna la Aduana. En casos extremos, en este cruce se puede presentar anegamiento si se supera la capacidad de flujo de las alcantarillas que cruzan a la laguna.

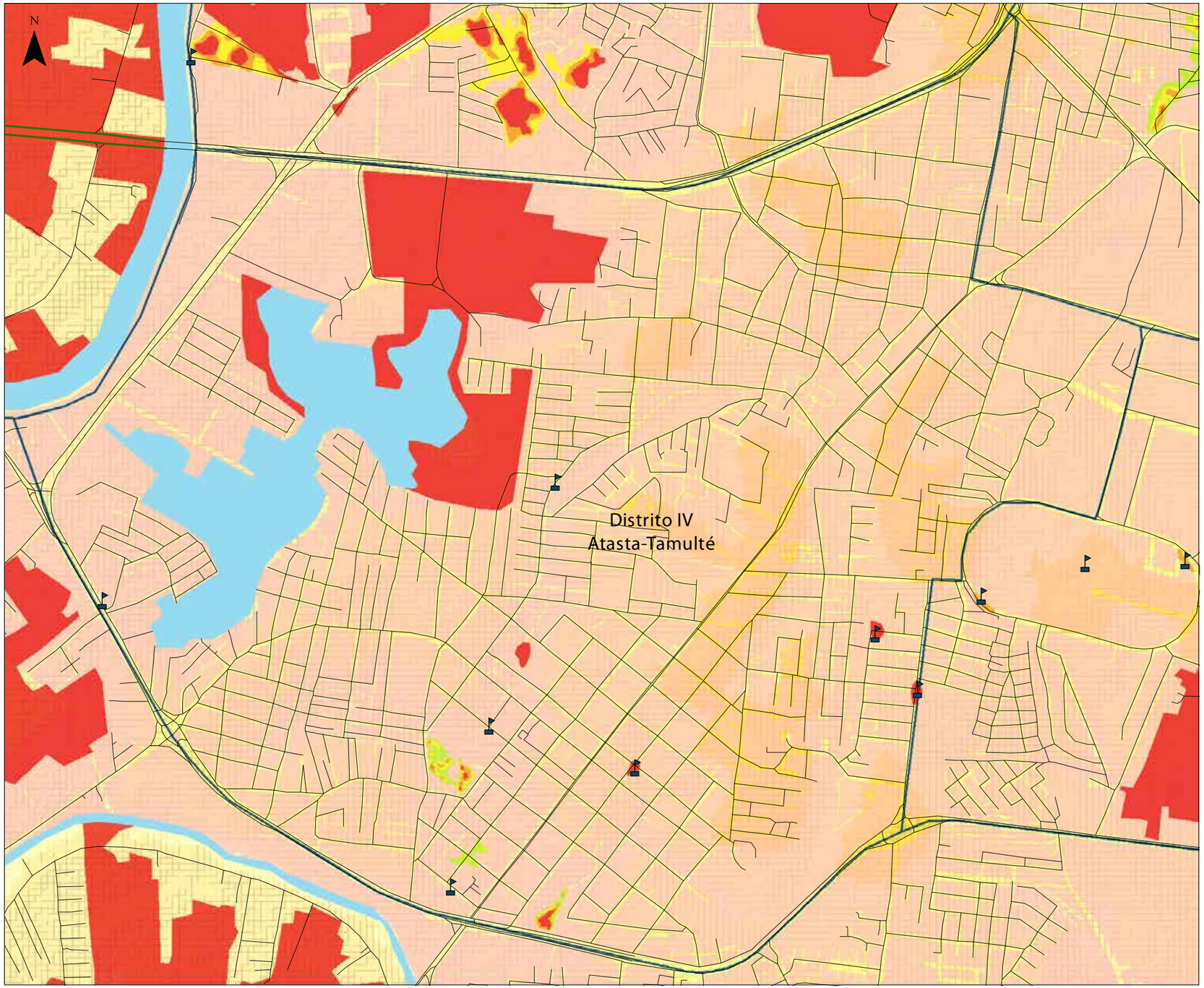
Zonas de anegamiento en diferentes áreas del Distrito.

Abajo a la izquierda; vaso regulador del Fraccionamiento las Brisas y el Parque ubicado entre la calle Agapito Dominguez y las fuentes

Arriba a la derecha; vaso regulador entre las avenidas Paseo Usumacinta y 16 de Septiembre

En medio a la derecha; Vaso regulador al final de la Privada del Caminero

Abajo a la derecha; Entrada de escurrimientos y vaso regulador de la Laguna de las Ilusiones por la calle Centenario del Instituto Juárez



Mapa 5.5. Peligro por anegamiento en el Distrito IV.

Distrito IV.- Atasta - Tamulté

Uno de los distritos más extensos y complejos es el distrito Tamulté – Atasta. En esta zona se favorecen los procesos de anegamiento por la topografía propia del área. En efecto, a diferencia de la mayor parte del territorio municipal, el área del Distrito IV presenta algunos lomeríos, lo que además de acelerar los escurrimientos ayuda a concentrar los mismos en áreas reducidas, por lo que es posible ver múltiples encharcamientos en la zona.

Una de las áreas que resulta frecuentemente afectada por las lluvias es el velódromo de la Ciudad Deportiva. En este, la inclinación de la pista favorece la diferencia de niveles, por ello, es común que el agua se concentre en las cabeceras que se encuentran frente a la salida de la Avenida Mario Brown Peralta y frente al Colegio de Bachilleres Plantel No 1.

Cercana a esa área, después de llover, con frecuencia se acumula un importante volumen de agua sobre la Avenida México esquina con Macuilis perteneciente a la Colonia del Bosque. En estas partes, el tirante de agua puede alcanzar los 20 cm cuando se presentan tormentas fuertes y en presencia de lluvias extremas puede alcanzar hasta los 40 cm.

Pocas cuadras más adelante en la esquina formada por las Calles Doctor Cárdenas y Ejido, se pueden alcanzar tirantes de agua que rebasan los 40 cm, por lo que el tránsito en esa área llega incluso a suspenderse para vehículos pequeños.

Justo en la zona del cruce entre Abraham Bandala y Cristóbal Colón se realizaron recientemente obras para canalizar el agua de los escurrimientos que ahí se acumulan, hacia los remanentes de un pequeño arroyo cercano que es el colector natural de la cuenca.

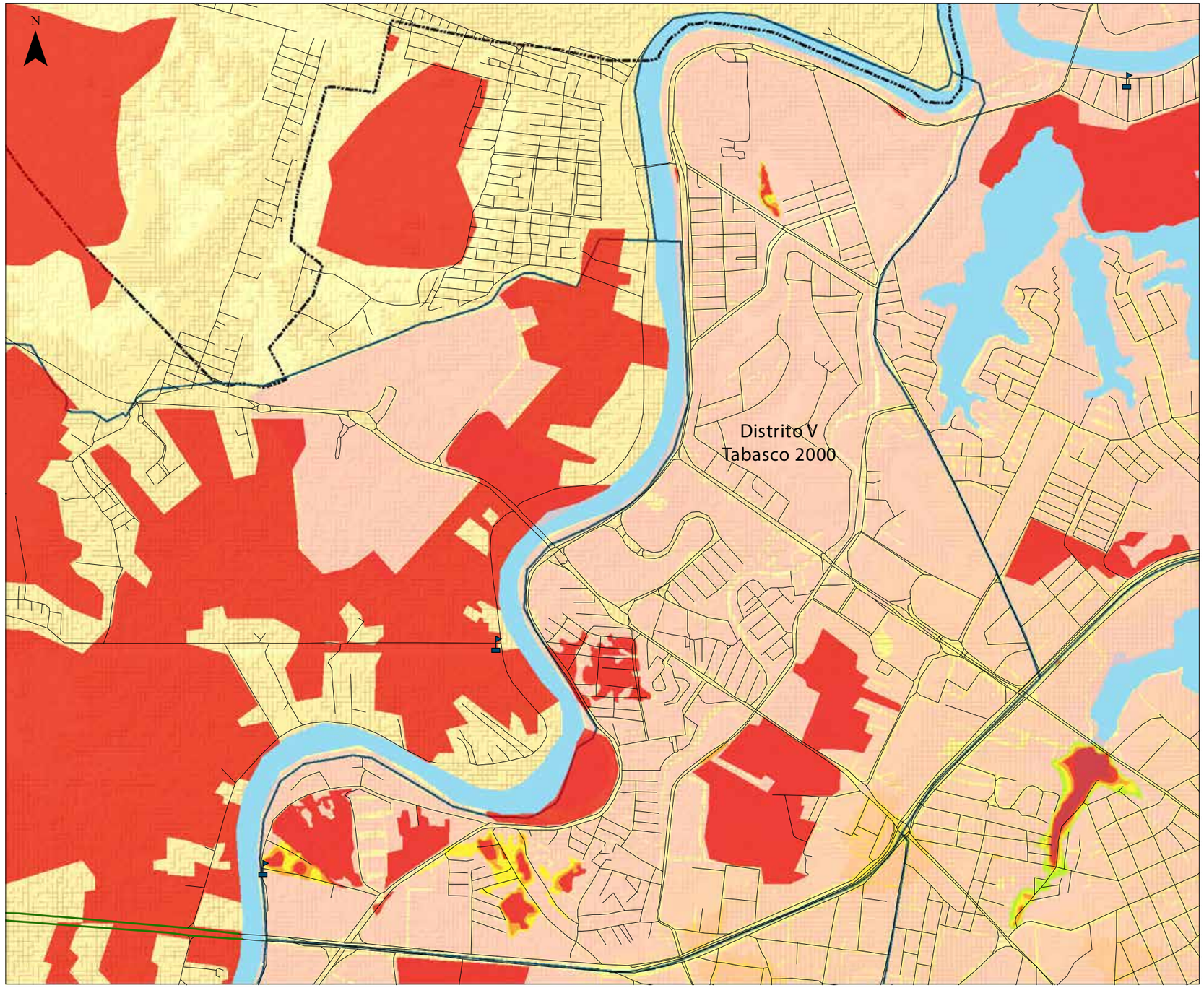
Otras zonas de anegamiento se presentan en las esquinas formadas por las calles Manuel Doblado y Libertad; Libertad y Vicente Guerrero; Libertad y Miguel Hidalgo; Melchor Ocampo y Alberto de la Fuente; Juan Graham Mc Gregor y Gustavo Carpizo; así como a orillas de la laguna El Espejo; Boulevard Adolfo Ruiz Cortines frente a la agencia Ford; calle Margaritas y Manuel Ávila Camacho entre otras. En términos generales todas estas zonas cuentan con acceso a los sistemas de bombeo. Sin embargo, problemas como la basura o la falta de mantenimiento de las estaciones de bombeo ocasionan anegamientos severos por poco tiempo después de las lluvias.

Especial mención requiere el arroyo El Chinín que corre paralelo a la Avenida Gregorio Méndez Magaña y que capta parte importante de los escurrimientos de la zona alta de la Colonia Tamulté. El Chinín más que arroyo, ahora es un canal de desagüe que se encuentra seriamente contaminado y que los vecinos utilizan como sitio de disposición final de residuos sólidos domiciliares. Al igual que otros arroyos urbanos, su cauce se ve afectado, motivo por el cual estos pueden llegar a perder capacidad de tránsito ocasionando tapones y anegamientos. En lluvias extremas, el caudal recogido es llevado al vaso regulador que se encuentra entre las calles Marcelino García Barragán y Melchor Ocampo. De ahí, los excesos son transferidos por bombeo al cárcamo para desalojar en el cauce del río Viejo.

Por las características del área y el caudal que aporta, es una zona delicada, que en caso del no funcionar el cárcamo se inunda inmediatamente como sucedió a finales de 2014, donde una importante superficie aledaña a la laguna padeció una fuerte afectación debido a que el cárcamo no entró en operación cuando se requirió.

Foto laguna El Chinín en colonia Tamulté.

Arriba: Nivelación y relleno para evitar los encharcamientos en la esquina de Dr. Cárdenas y calle Ejido.
Izquierda: Protección contra el anegamiento en la Avenida México.
Fotografías del dominio público en Internet.



Mapa 5.6. Peligro por anegamiento en el Distrito V.

Distrito V.- Tabasco 2000

El Distrito V considera una importante extensión de superficie con amplia relación al agua y al anegamiento. Este distrito comprende la margen derecha del río carrizal hasta topar con el Boulevard Adolfo Ruiz Cortines y por el otro lado continúa por la Avenida Samarkanda hasta la parte posterior del Centro Técnico Administrativo Región Sur Pemex denominado "La Herradura".

Justamente el área del Boulevard Adolfo Ruiz Cortines, es la parte más alta de un lomerío que inicia desde la laguna de Las Ilusiones hasta su declive que comienza a 150 m de la prolongación 27 de Febrero. Hacia el norte, esta loma termina en parte de una extensa planicie de inundación, que además cuenta con un arroyo que drena los escurrimientos del área, por lo que los impactos de las lluvias extraordinarias se pueden resentir en amplias zonas que aún no se encuentran urbanizadas y en otras zonas más puntuales donde ya existen importantes desarrollos de vivienda.

Una de las áreas más conflictivas de las zonas habitadas del Distrito V corresponde a las colonias el Espejo I y Espejo II, donde se pueden presentar láminas de agua de hasta 20 cm en eventos de lluvia extraordinarios.

En la colonia Espejo I existen múltiples zonas conflictivas en este sentido, lo que principalmente se debe a que esta es un área bastante baja. Algunos de los eventos que ocurren con mayor frecuencia suceden en las inmediaciones de la calle Felipe Carrillo Puerto hasta su entronque con el Periférico Carlos Pellicer Cámara. Otros más ocurren sobre la misma calle pero haciendo esquina con la calle Océano Atlántico en la misma Colonia. Por el mismo rumbo, pero un poco más al Oeste, se producen algunos encharcamientos hacia la salida del Centro Comercial Sam's Club, por el costado que da a la Calle Carrizal. En el área de la Central de Abastos también se presentan anegaciones gracias a que adicionalmente al problema de la poca altura del territorio se suma la gran cantidad de basura que se genera como resultado de las actividades diarias de los locales, mucha de la cual termina en las rejillas de las alcantarillas, tapando las entradas del drenaje.

Referente a la Colonia Espejo II, se han reportado algunos encharcamientos en la Avenida Paseo de la Pigua, en las calles Río Puxcatán y Soto la Marina. Sin embargo, si el cárcamo funciona correctamente y a tiempo, estos se mantienen controlados.

Rumbo a la parte norte del distrito, se encuentra el Fraccionamiento Carrizal, el cual presenta anegamientos de más de 30 cm cuando los cárcamos fallan. Las zonas identificadas que padecen de esta problemática se encuentran sobre la calle Campo Cunducán, la Avenida Samarkanda y la calle Campo Teapa. Justamente en este lugar, existen algunas áreas de regulación que aún no han sido urbanizadas. Por la zona también transcurre un arroyo que drena hacia el río Carrizal por medio de un sistema de bombeo, este corre paralelo a la calle Orquídeas y recibe aportes de toda la cuenca.

De los lugares urbanizados destacan varias zonas de amortiguamiento hidráulico que reciben los aportes de las lluvias y por lo tanto llegan a presentar algunos efectos de la anegación. Una de ellas se encuentra entre la Avenida Paseo Usumacinta y la Prolongación 27 de Febrero (figura 5.2.16.); la segunda es continuación de esta primera y se encuentra ubicada de Paseo Usumacinta hacia Tabasco 2000 pasando por detrás de la CORAT y de las oficinas de Telmex (figura 5.2.20 superior). En conjunto, esta parte del territorio municipal tiene poco más de 26 ha de zonas de recarga y amortiguamiento hidráulico que se han rellenado paulatinamente como el caso del Fraccionamiento Villas del Sol, mismo que se aprecia en la Figura 5.2.16. superior izquierda y que prácticamente corta el cuerpo de la laguna. Otra zona de relleno se puede apreciar casi al final de la Avenida de Los Ríos (figura 5.2.18.). En esta calle se han construido viviendas y estacionamientos y para ello se han tenido que rellenar las áreas de amortiguamiento.

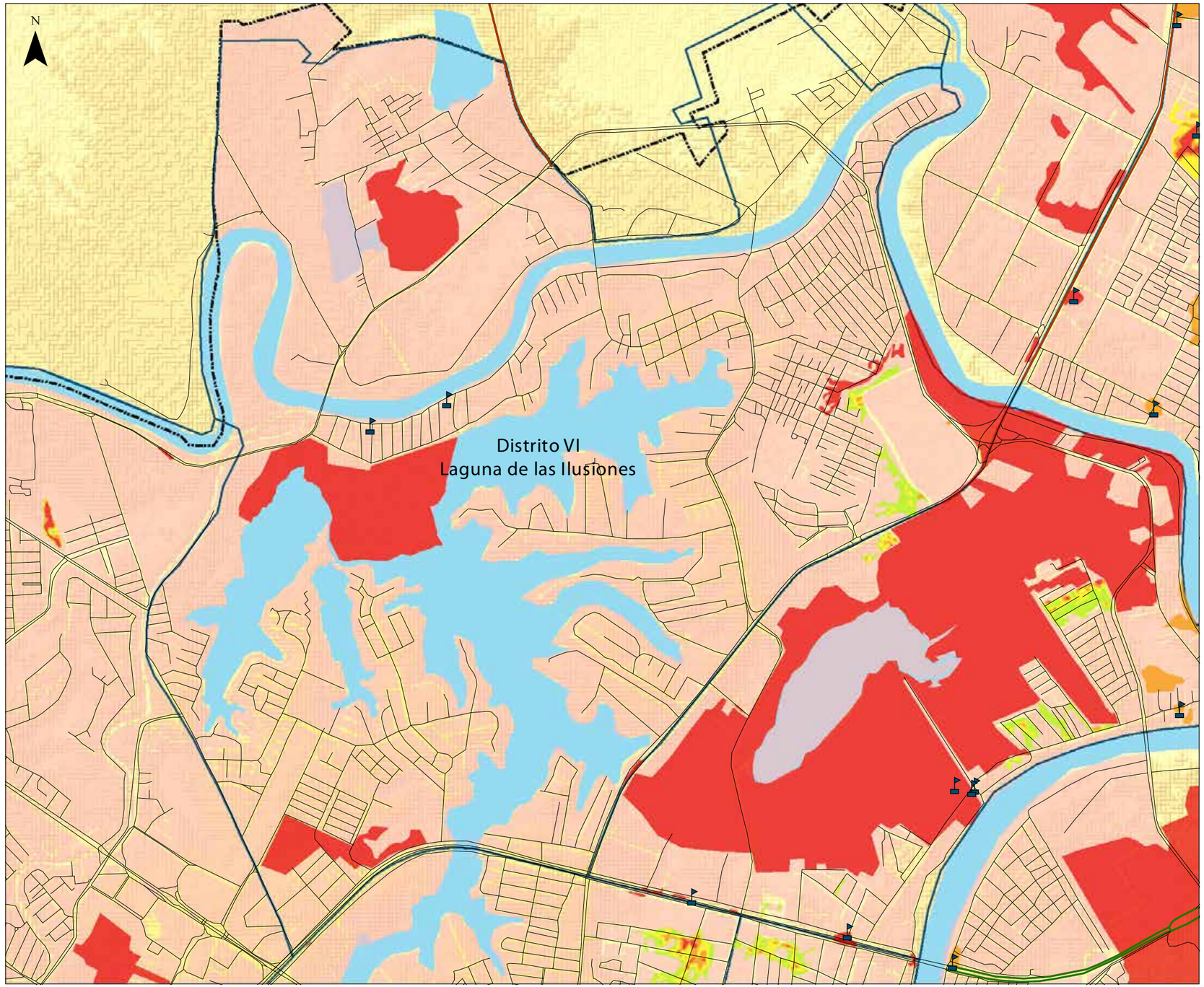
En esta misma zona se aprecian aún varias áreas de anegamiento que corresponden plenamente con las características fisiográficas del lugar. Por ejemplo, la primera de ellas se puede localizar en la cabecera norte de la laguna de Las Ilusiones. En ella es posible observar amplios espacios de anegamiento e inundación que van paralelos al costado derecho de la calle Orquídeas en el Fraccionamiento Carrizal y se extienden hacia la parte posterior del Tec Milenio (5.2.17.). De hecho, parte del terreno utilizado para la construcción del edificio de esta Institución Educativa se realizó sobre rellenos como muchos otros de la zona. En la figura 5.2.19. se puede apreciar un claro ejemplo de como se van segmentando los cuerpos de agua por efecto de la construcción de infraestructura.

Figura 5.2.16. Vaso regulador de la cuenca, entre la Avenida Paseo Usumacinta y Prolongación 27 de Febrero en el V Distrito.

Figura 5.2.18. Extensión del área de amortiguamiento hidráulico del arroyo y que prácticamente ha quedado aislada en la zona de la Avenida Paseo Usumacinta y Prolongación 27 de Febrero.

Figura 5.2.17. Zona de anegamiento por escurrimiento en la zona contigua a la Central de Abastos

Figura 5.2.19. Laguna aislada en la parte posterior del Fraccionamiento Carrizal.



Mapa 5.7. Peligro por anegamiento en el Distrito VI.

Distrito VI.- Laguna de las Ilusiones

Uno de los sectores más emblematicos de la Ciudad de Villahermosa, es el que corresponde a la Laguna de las Ilusiones y aun cuando el perimetro de la Laguna hace contacto con varios distritos este es el que mayor superficie incorpora. En el VI Distrito se encuentran áreas importantes dedicadas a la vivienda, la educación y la salud.

Una de estas zonas ubicada al norte de la laguna de las Ilusiones corresponde a una amplia zona de amortiguamiento hidráulico que además sirve como refugio y zona de anidamiento para importantes especies de fauna silvestre. Entre las que destaca el Crocodylus moreletti.

Tambien en la zona norte del distrito se ubica otra amplia área de anegamiento. Esta se encuentra íntimamente relacionada con la zona de construcción de la Plaza Sendero y la colonia José María Pino Suárez (antes Tierra Colorada), principalmente hacia la calle Asunción Castellanos y los asentamientos irregulares que se localizan en ese lugar que tienen salida al Arco Noreste, ya que todas estas construcciones se llevaron a cabo sobre zonas de amortiguamiento hidráulico, aunque en algunos casos de construcción

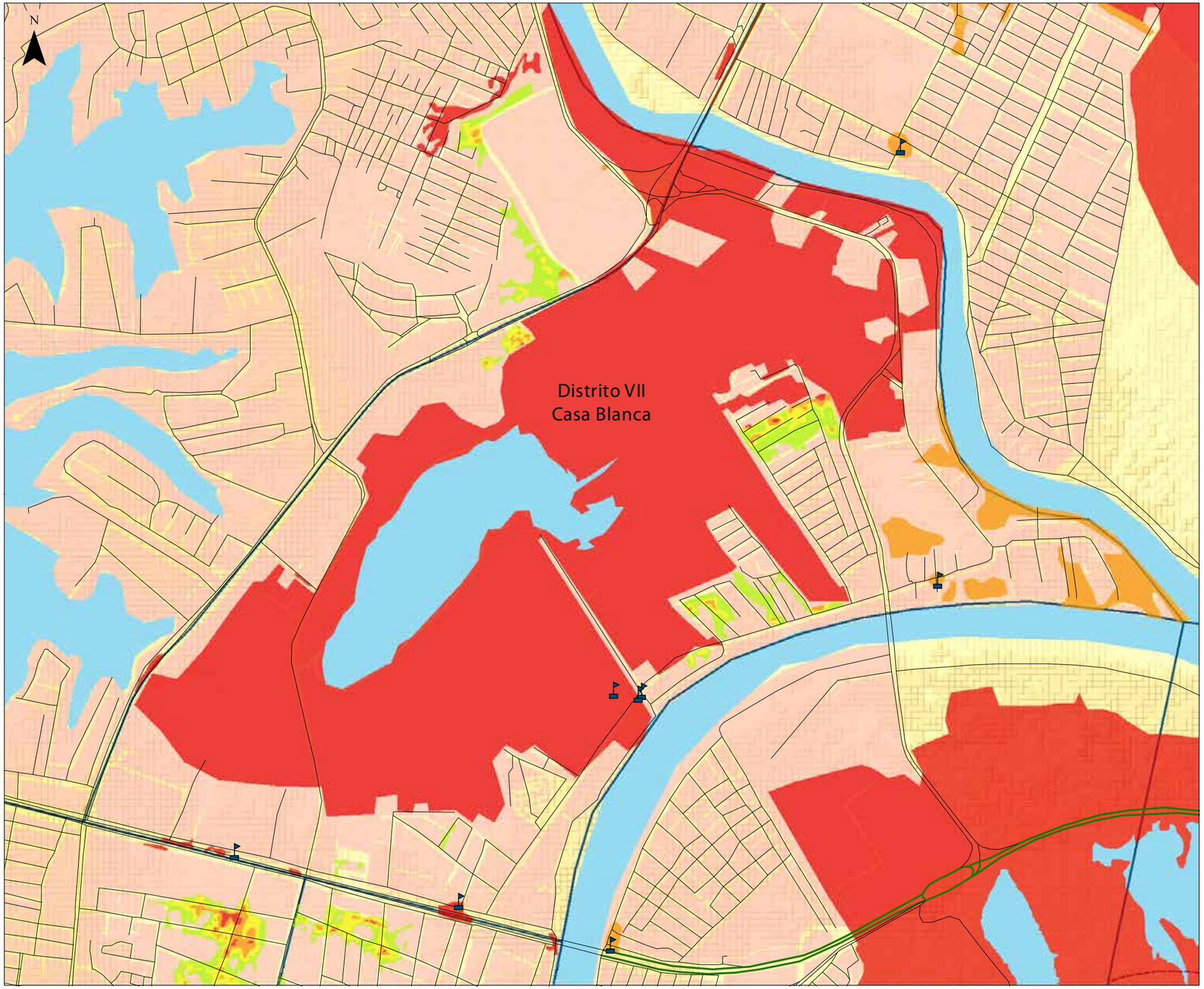
de viviendas estas áreas no se rellenaron. De ahí, que frecuentemente se presenten anegamientos en la zona. Como se puede apreciar en la Figura 5.2.20. toda el área correspondiente a la Plaza Sendero y la zona de casas habitación que aparecen en la imagen están asentadas en zonas de anegamiento e inundación.

Una zona de importancia que se está desarrollando sobre terrenos anegables y sujetos a inundación se encuentra al norte del distrito en lo que corresponde a la colonia José María Pino Suarez (Tierra Colorada III), en la parte norte de la prolongación del Periferico Carlos Pellicer Cámara. En la Figura 5.2.22 se puede apreciar al centro una gran superficie de vegetación hidrófila que indica claramente las características de la zona. Cabe señalar que parte importante de las viviendas construidas en el área, se encuentran sobre relleno para resistir los anegamientos e inundaciones propias del sistema.

Figura 5.2.20. Zona de amortiguamiento hidráulico en la colonia Asunción Castellanos. En la imagen se aprecia una importante zona anegamiento (color azul) donde se incluye a la calle Asunción Castellanos. Originalmente el área conformaba una zona de amortiguamiento hidráulico para las crecidas del río Carrizal y como parte de un brazo de la Laguna de las Ilusiones. Sin embargo, como todo asentamiento irregular en Villahermosa este se estableció sobre uma zona inundable. En color rojo se aprecia además el polígono del relleno de Plaza Sendero.

Figura 5.2.21. Parte de la zona norte de amortiguamiento hidráulico de la Laguna de las Ilusiones.

Figura 5.2.22. Zona de amortiguamiento hidráulico dividida por la prolongación del Periférico Carlos Pellicer Cámara.



Mapa 5.8. Peligro por anegamiento en el Distrito VII.

Distrito VII.- Casa Blanca

El Distrito Casa Blanca se encuentra delimitado al Sur por el Boulevard Adolfo Ruiz Cortines, al Oeste por la prolongación de la Avenida Francisco Javier Mina, al Norte por el río Carrizal y al Este por el río de la Sierra. Justamente al centro del distrito se encuentra el espacio de la laguna El Negro. Esta es una zona de captación de escurrimientos, que anteriormente funcionaba además como zona de amortiguamiento en las crecientes del río Carrizal y el río de la Sierra. Incluso es posible que formara parte del cuerpo de la laguna de Las Ilusiones hace aproximadamente 100 años. No obstante, con el desarrollo de la Ciudad, la laguna de Las Ilusiones se fue seccionando y uno de sus remanentes es la zona del Negro.

Como casi la mayoría de las lagunas de este tipo, su profundidad promedio no es mayor al metro, por lo que permite el rápido crecimiento de vegetación hidrófila. Esta situación combinada con la disminución de aportes por parte del río ha minimizado el espejo de la misma. Sin embargo, en ocasiones especiales este suele aumentar de tamaño producto de las lluvias o de las inundaciones, lo que afecta a parte de la población que se encuentra asentada en el sitio.

Otro fragmento de la laguna se encuentra al norte entre el Periférico Carlos Pellicer Cámara y la calle Río Mezcalapa, este fragmento lagunar se encuentra rodeado de casas, por lo que poco a poco ha ido desapareciendo ante la falta de una política que proteja estos espacios.

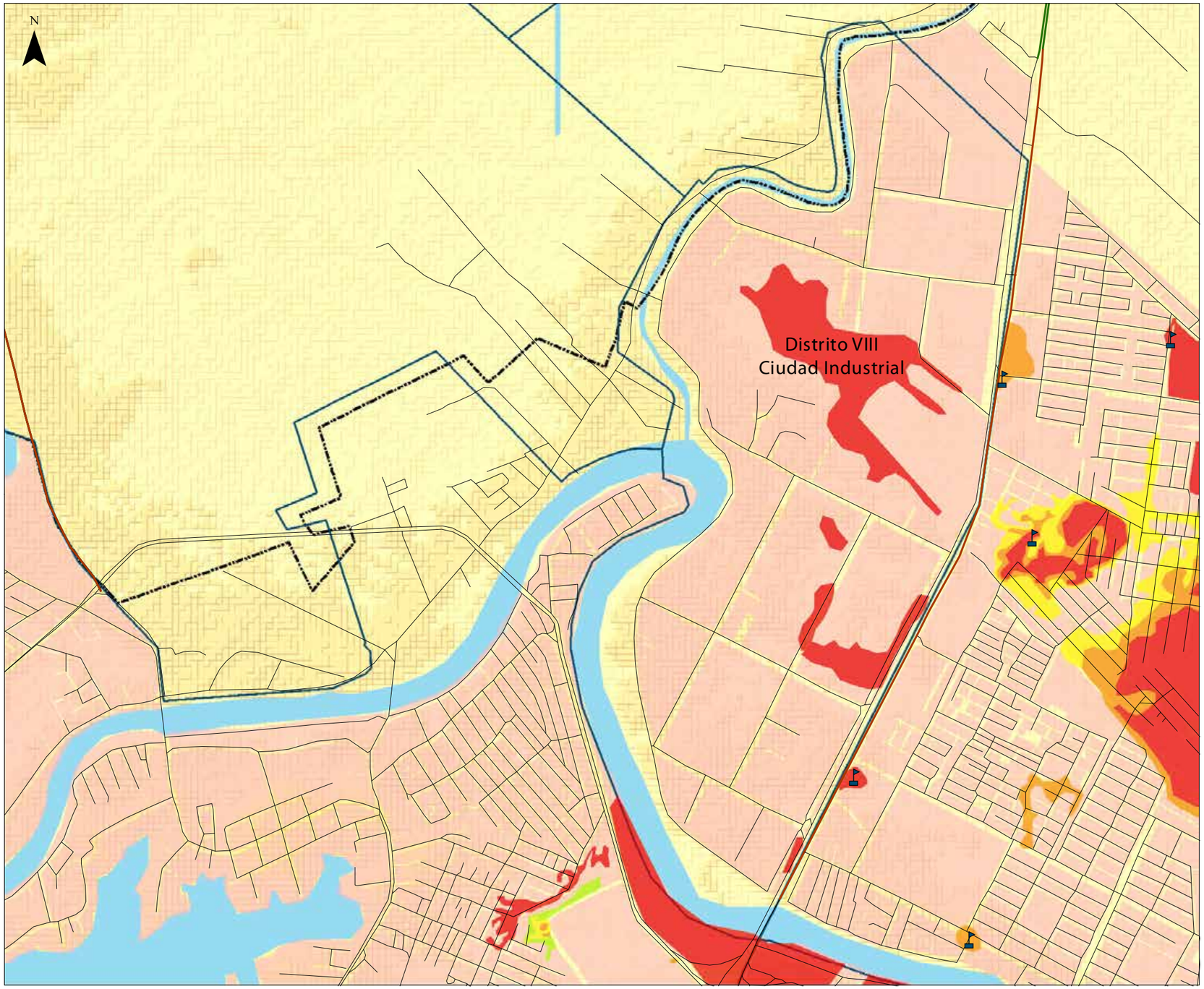
Entre las zonas urbanizadas de este distrito que presentan anegamientos frecuentes se encuentra el área de la Central Camionera, en las calles Río Usumacinta y Río de la Sierra. Igualmente en las calles El Limón, Nogales y Robles.

Es evidente que la mayor parte de estos problemas tienen que ver con las características de orígen del territorio donde se realizaron las construcciones. En la figura 5.2.23 se puede apreciar las zonas de la laguna El Negro, que con el paso del tiempo se han rellenado para realizar construcciones.

Figura 5.2.23. Laguna El Negro, una de las zonas más conflictivas de la ciudad. Prácticamente el área que ocupa la laguna corresponde al 80% del total de la superficie del Distrito del mismo nombre.

La problemática que se irá presentando en esta laguna, es que con la construcción de muros de protección para la Ciudad se cortó la alimentación del río, por lo que el cuerpo de la laguna acelerará su proceso de eutroficación y desecación. Lo anterior, puede convertir en atractivo el espacio dentro de la Ciudad para los constructores de vivienda e infraestructura de comunicaciones y servicios.

Sin embargo, no debe perderse de vista que cuando ocurren eventos atípicos, esta zona concentra los excedentes de precipitación y la lámina de agua varía en función de la intensidad y duración del evento, por lo que construir sobre el cuerpo seco de la laguna no es recomendable.



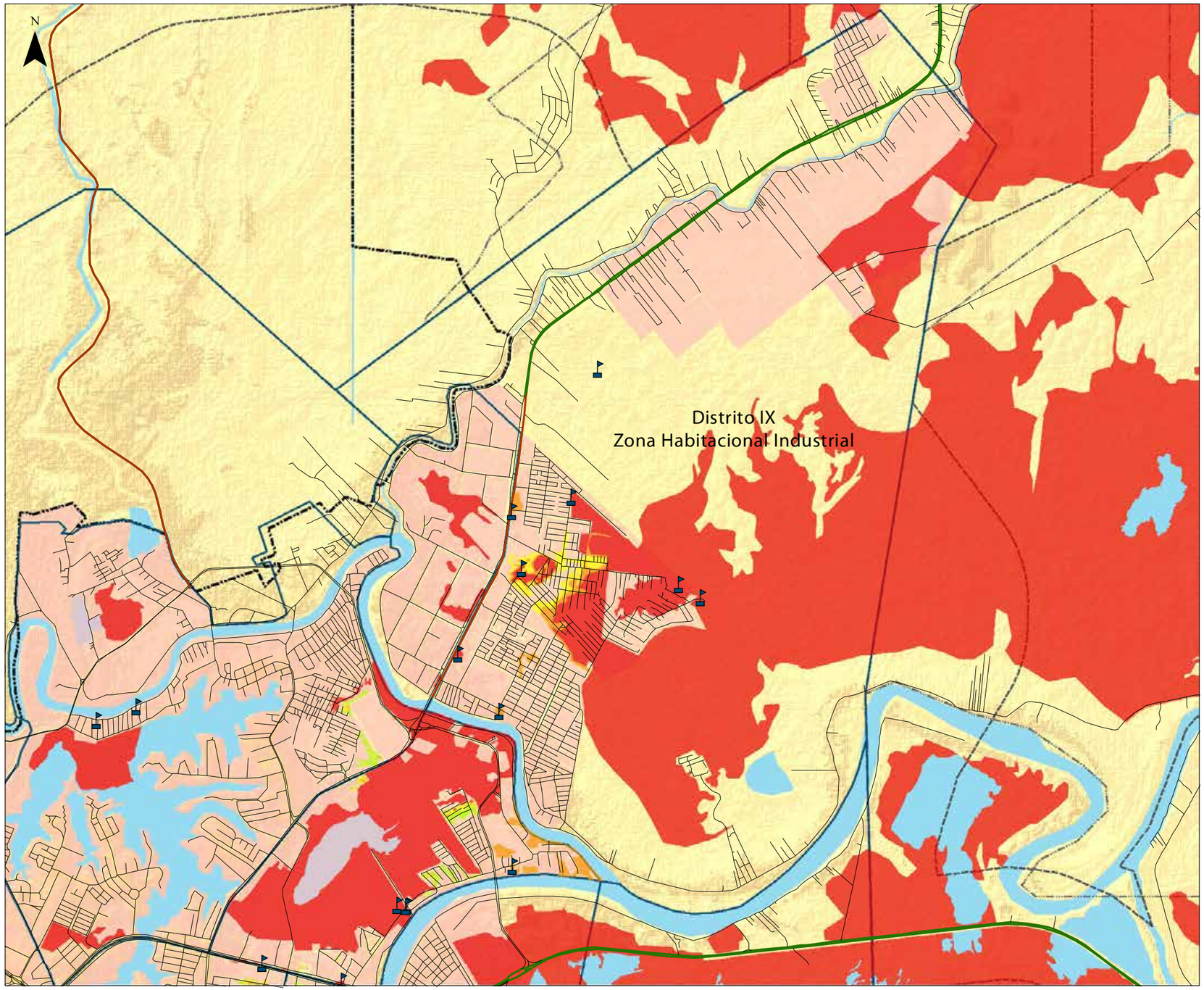
Mapa 5.9. Peligro por anegamiento en el Distrito VIII.

Distrito VIII.- Ciudad Industrial

Este distrito se caracteriza por estar enfocado a la actividad comercial y de servicios. Se le ha denominado Ciudad Industrial, aunque la mayoría de las industrias de la transformación que se encontraban en esta zona han desaparecido. Empresas como Bimbo y Oleaginosas del Sureste han desaparecido o cambiado su sede por las condiciones del mercado o por problemas económicos y políticos que las han llevado al cierre. Por lo tanto, la mayor parte de la actividad actual en esta área se vincula con el almacenaje y distribución de productos. Existen en el área empresas de mensajería, almacenes de muebles, alimentos, refacciones automotrices, materiales para construcción y empresas de servicios, entre otros que se mantienen en la zona.

Las calles que mayor incidencia de anegamiento tienen en la zona son la Avenida Cobre y Cerrada Cobre. La Avenida Industria Nacional también sufre de fuertes encharcamientos, aunque con la construcción del distribuidor vial en dicha Avenida, se espera que estos problemas dejen de producirse. También se presentan algunas dificultades de anegación en la Cerrada de Níquel y en la Cerrada Cromo.

Otro lugar que llega a presentar problemas de anegamiento en esta misma zona, es el interior del Centro de Reinserción Social, lo que ha generado incluso problemas sociales al interior del mismo.



Mapa 5.10. Peligro por anegamiento en el Distrito IX.

Distrito IX.- Zona Habitacional Industrial

En esta área se han presentado algunos reportes de anegamiento vinculados a lluvias extraordinarias. Dentro de las zonas que mayor problema reportan se encuentra la zona de Infonavit en Ciudad Industrial en las calles la Jícara, del Bush, Tapanco y del Fogón. También en la misma zona se reportan las calles de la Hamaca y del Comal. En estas áreas se pueden presentar anegamientos que van de ligeros a severos que pueden alcanzar incluso los 20 cm en algunas partes.

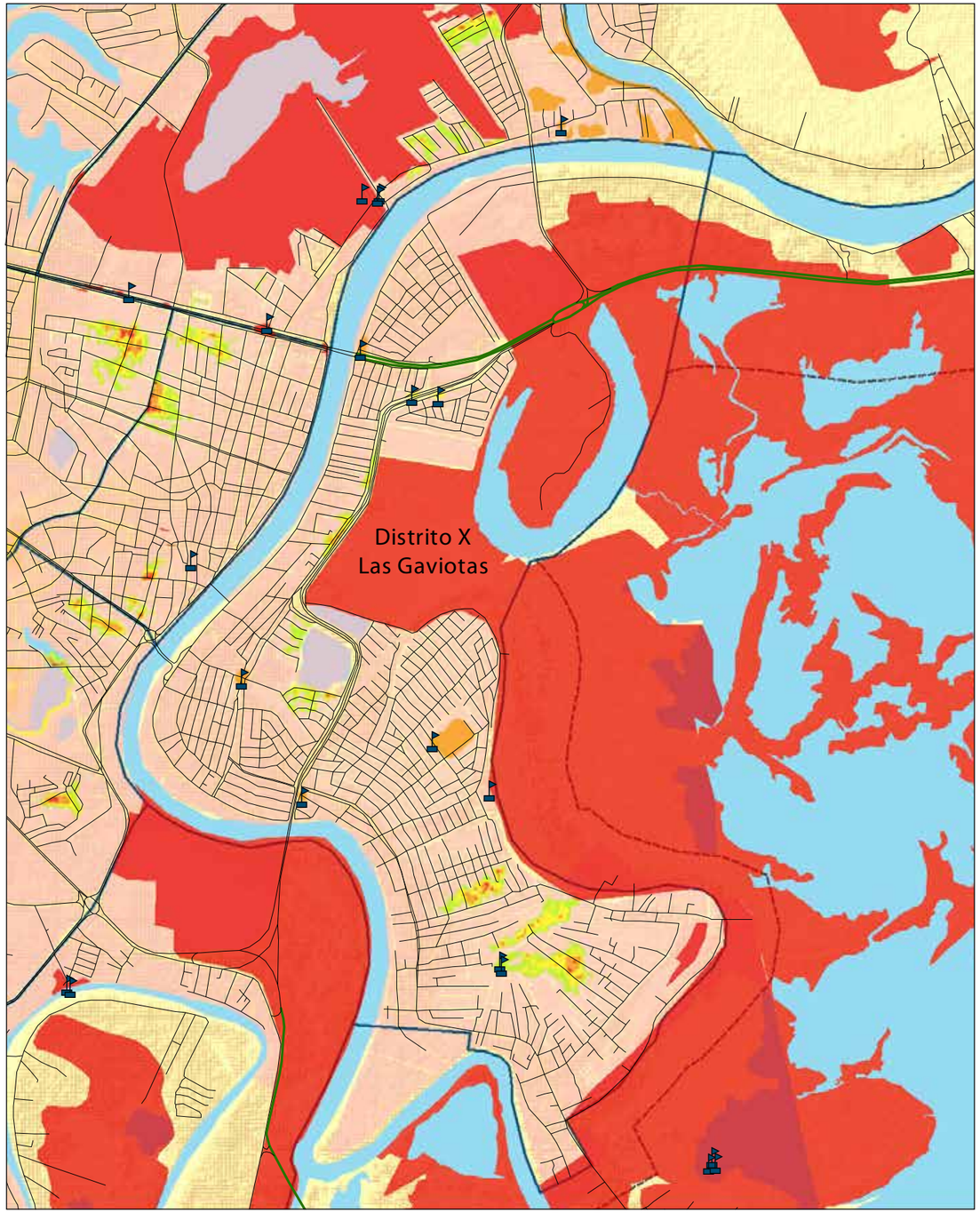
Por otro lado se encuentra la colonia Roberto Madrazo Pintado. En esta se presentan problemas de anegamiento en las calles Cuauhtémoc, Francisco Márquez y Agustín Melgar, donde los encharcamientos suelen ser ligeros oscilando entre los 5 y 15 cm de profundidad según la zona. Hacia la parte final del Fraccionamiento Lagunas se encuentran las calles 12, 13, 14 y Lázaro Cárdenas del Río, donde también se pueden presentar anegamientos con láminas de agua someras. La misma situación se repite en el Fraccionamiento San Ángel con algunos encharcamientos ligeros que llegan a desaparecer al poco tiempo de terminada la lluvia.

Mención especial merecen en este distrito, los asentamientos irregulares que existen rumbo a la parte de Acachapan y Colmena así como las áreas de regulación ubicadas detrás de la zona habitacional de Ciudad Industrial, ambas fuertemente relacionadas (figura 5.2.24). En primera instancia, se hace referencia a los asentamientos irregulares, porque estos se han construido como muchas otras partes de la Ciudad, rellenando zonas inundables. Por el momento la mayor parte de los asentamientos no cuentan con drenaje y pavimento por lo que en caso de lluvias extremas además de los escurrimientos y encharcamientos

propios, se generan otros problemas como lodo y la contaminación de los cuerpos de agua.

Este problema se repite para la zona de Jardines del Paraíso, Fraccionamiento Alfa y Omega, así como todos aquellos asentamientos que corren paralelos a la carretera Villahermosa – Frontera. Estas áreas se llegan a anegar fuertemente producto no de un fenómeno aislado como puede ser una lluvia extrema, si no que más bien responden al conjunto de la temporada de lluvias; ya que al quedar aisladas y por las características propias del suelo, prácticamente el proceso de infiltración se ve reducido a su mínima expresión, por lo que el agua se acumula y va ganando espacio hasta afectar a las viviendas aledañas a los cuerpos de agua.

Figura 5.2.24. Parte trasera de la zona habitacional de Ciudad Industrial. Donde se aprecia claramente que es una importante zona de regulación.



Mapa 5.11. Peligro por anegamiento en el Distrito X.

Distrito X.- Las Gaviotas

Otro distrito construido sobre una zona inundable es el de Gaviotas. Aquí las zonas más afectadas por anegamiento son el Sector Armenia en las calles Tinto, Jaguey y Laguna, todas ellas al costado del primer camellón o bordo de defensa que se construyó. Al igual que en los asentamientos irregulares del Distrito IX, en el Sector Armenia, una gran parte de las calles no cuentan con los servicios básicos como drenaje y pavimento, por lo que es común ver lodo y pozas que acumulan el agua complicando el tránsito de la población y de los vehículos.

Más al Norte del distrito se encuentra Gaviotas Norte, sector popular donde los problemas se concentran en las calles Del Cedro, Francisco Hernández Mandujano y Tomasa Morales, todas ellas haciendo esquina con la Avenida Luis Donaldo Colosio Murrieta.
De igual forma, en Gaviotas Norte Sector Explanada, se presentan casos de anegamiento en las áreas aledañas a la laguna La Encantada. Ahí es frecuente encontrar encharcamientos en las calles Ejido, Chacté, las Raíces y Cucuyulapa, incluso a finales del 2014 se desbordó la laguna arriba mencionada.

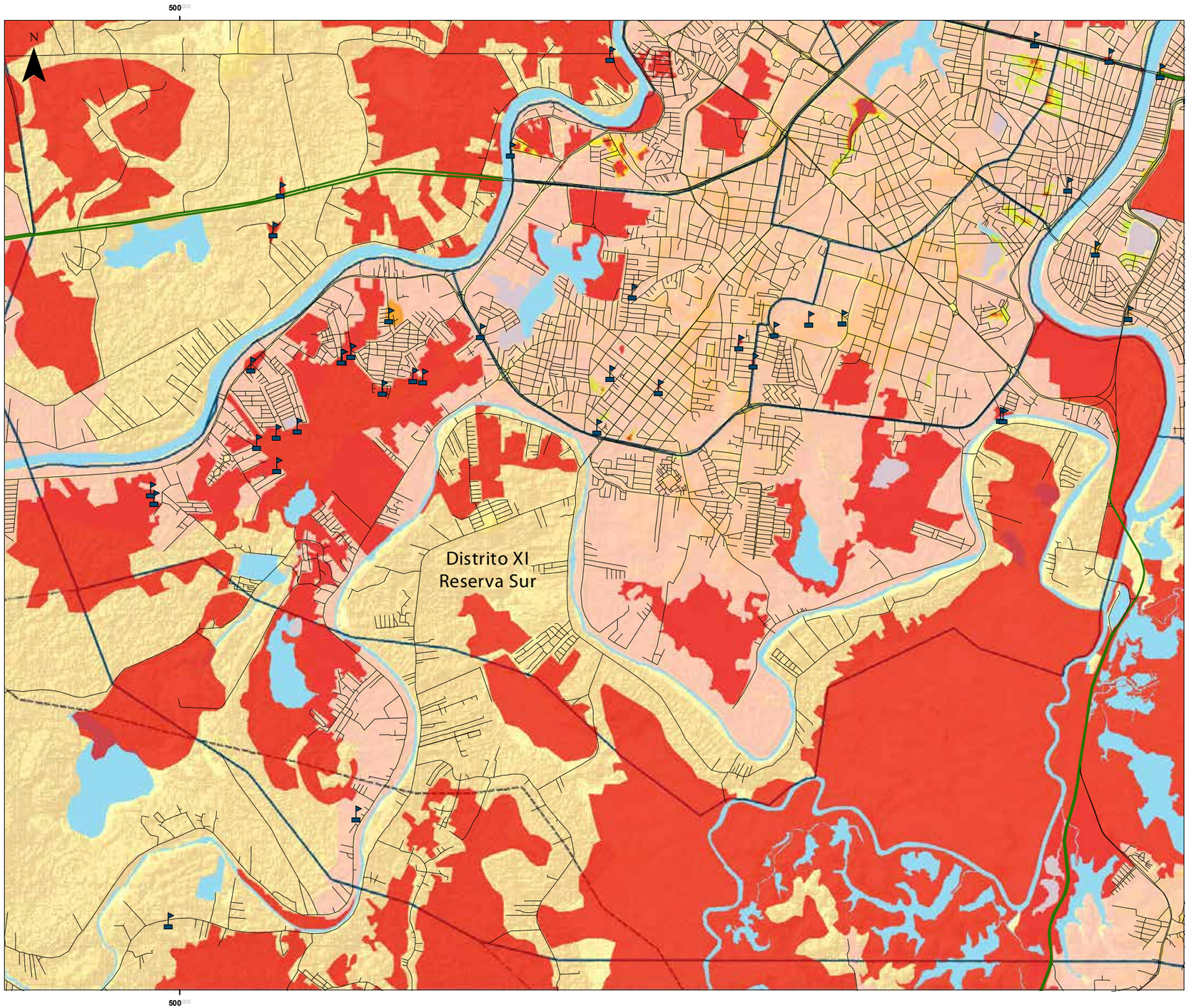
Así mismo, entre la calle Agrónomo y Río Grijalva en el mismo sector se pueden apreciar encharcamientos ocasionales.

En La Manga I, las calles con mayores problemas de anegación son Torno Largo y Ejido, justamente en la parte posterior de donde se encuentra ubicado el edificio de Protección Civil del Estado. Al respecto cabe señalar que este último fue construido en una zona de amortiguamiento hidráulico.

Figura 5.2.25. Dos áreas contiguas de anegamiento ubicadas en la zona norte del Distrito en lo que corresponde a la Manga segunda sección. Esta superficie fue rellenada para construir el Instituto de Protección Civil del Estado, así como una Estación de Servicio.

Figura 5.2.26. Zona El Monal, una de las áreas populares de las Gaviotas con más problemas de anegamiento.

Figura 2.2.27. Zona de amortiguamiento hidrológico de los Zapotes y la Laguna el Camarón



Mapa 5.12. Peligro por anegamiento en el Distrito XI.

Distrito XI.- Reserva Sur

Como la mayoría de las áreas que circundan a la ciudad de Villahermosa, el Distrito XI Reserva Sur mantiene las características de planicie inundable que tanto afecta a los desarrollos urbanos que se asientan en la zona. Basta con ver la imagen del área correspondiente al distrito para entender que esta zona forma parte importante del complejo sistema hidrológico de la región. Por lo tanto, ya sea por lluvias extremas o por desbordamiento de los ríos, una amplia zona del Distrito XI se verá afectada.

Un ejemplo claro de esta situación se presenta en el área de la laguna La Aduana y Curahueso (figura 5.2.27). Ambos cuerpos de agua son producto de los continuos escurrimientos de la cuenca y de las inundaciones anuales que provenían de la margen izquierda del río Viejo. Actualmente con la construcción de una barda de protección para impedir el desbordamiento del río y limitado el escurrimiento de la cuenca por la construcción del Periférico Carlos Pellicer Cámara, el nivel y comportamiento de ambos cuerpos de agua ha cambiado volviéndose someros y temporales.

Figura 5.2.28. Zona de regulación ubicada atrás de Soriana Guayabal.

Figura 5.2.29. Zona Norte de Curahueso

Figura 5.2.30. Lagunas de La Aduana y Curahueso con el relleno realizado para la construcción del Fraccionamiento Centropolis.

Figura 5.2.31. Zona Sur de Curahueso.

Esta situación ha sido aprovechada por los desarrolladores que han construido un fraccionamiento sobre el relleno del cuerpo de la laguna La Aduana, lo que en eventos extraordinarios podría tener algunas consecuencias para los asentamientos humanos localizados en el área del vaso. Lo anterior, sin contar con el daño ecológico que representa el disminuir un cuerpo de agua de esa forma. A la problemática anterior, hay que adicionar que se ha construido un camino (calle 20 de Noviembre) que cruza del Periférico Carlos Pellicer Cámara a la carretera que bordea el río rumbo a la ranchería Ixtacomitán. Esta obra trae a consecuencia que el espejo de la laguna se seccione en dos partes.

Otra zona de anegamiento en este distrito se localiza a un costado y por la parte posterior del centro comercial Soriana ubicado en la Colonia Guayabal, donde se rellenó una parte amplia del vaso regulador para el establecimiento del supermercado y del centro comercial en general, así como otras construcciones ajenas al mismo (figura 5.2.28.). Adicionalmente, se construyó un camellón de defensa para evitar el desbordamiento del río. Este último limita los escurrimientos naturales provocando la intensificación del anegamiento.

Siguiendo por la carretera a Ixtacomitán 3ra y 4ta sección, en lo que se conoce como Sabina y la calle 20 de Noviembre, en la parte posterior de Centropolis, se encuentra otra zona de anegamiento e inundación que igualmente formaba parte del área de influencia de la laguna La Aduana y del río Viejo. Esta área es contigua a un importante fraccionamiento en construcción que amenaza con ocupar el área de amortiguamiento hidráulico. El área a que se hace referencia se localiza atrás de las cerradas Pedro Ramos, Juan Ramos, Manuel Pérez y por la calle principal que comunica a

Figura 5.2.32. Zona Sur de Samarkanda con el área de amortiguamiento rellena para el establecimiento de un nuevo fraccionamiento.

Figura 5.2.33. Laguna Covadonga

Prolongación Ignacio Allende a un costado del Recinto Memorial.

De igual forma, entre la calle Emiliano Zapata y la carretera a Ixtacomitán 2da sección se encuentra otra zona de regulación que debe observarse detenidamente antes de fomentar la construcción de vivienda en este espacio, ya que debe considerarse el área y volumen adecuado para soportar los escurrimientos que generan las lluvias y el desbordamiento del río.

Por otra parte, en lo que corresponde a la margen derecha del río Viejo entre la ranchería Buena Vista y río Viejo 1ra sección, existen importantes zonas de amortiguamiento. Estas prácticamente se extienden desde la desembocadura del río Viejo con el río de la Sierra, hasta el límite del distrito en el lado poniente del mismo. Cabe señalar que esta zona no se ha desarrollado intensamente como otras en el Municipio debido a la amenaza de inundación y a la dificultad que representa el traslado por la falta de puentes. Solo existen dos estructuras de este tipo que cruzan el río Viejo. Uno de ellos recientemente construido en la entrada a la ranchería Ixtacomitán y el otro de tipo tubular que se encuentra por el área de Curahueso (figura 5.2.29.).

Finalmente, por la parte posterior de la ranchería Miguel Hidalgo y el Fraccionamiento Carlos Alberto Madrazo Becerra, se encuentra otra zona importante de anegamiento, en lo que constituye el espacio de crecimiento de la laguna Covadonga. Esta extensión territorial se extiende de forma paralela al río Carrizal y al río Viejo, hasta llegar al Fraccionamiento Estrellas de Buenavista (figura 5.2.35).

Figura 5.2.34. Zona de amortiguamiento al sur de Soriana San Joaquín.

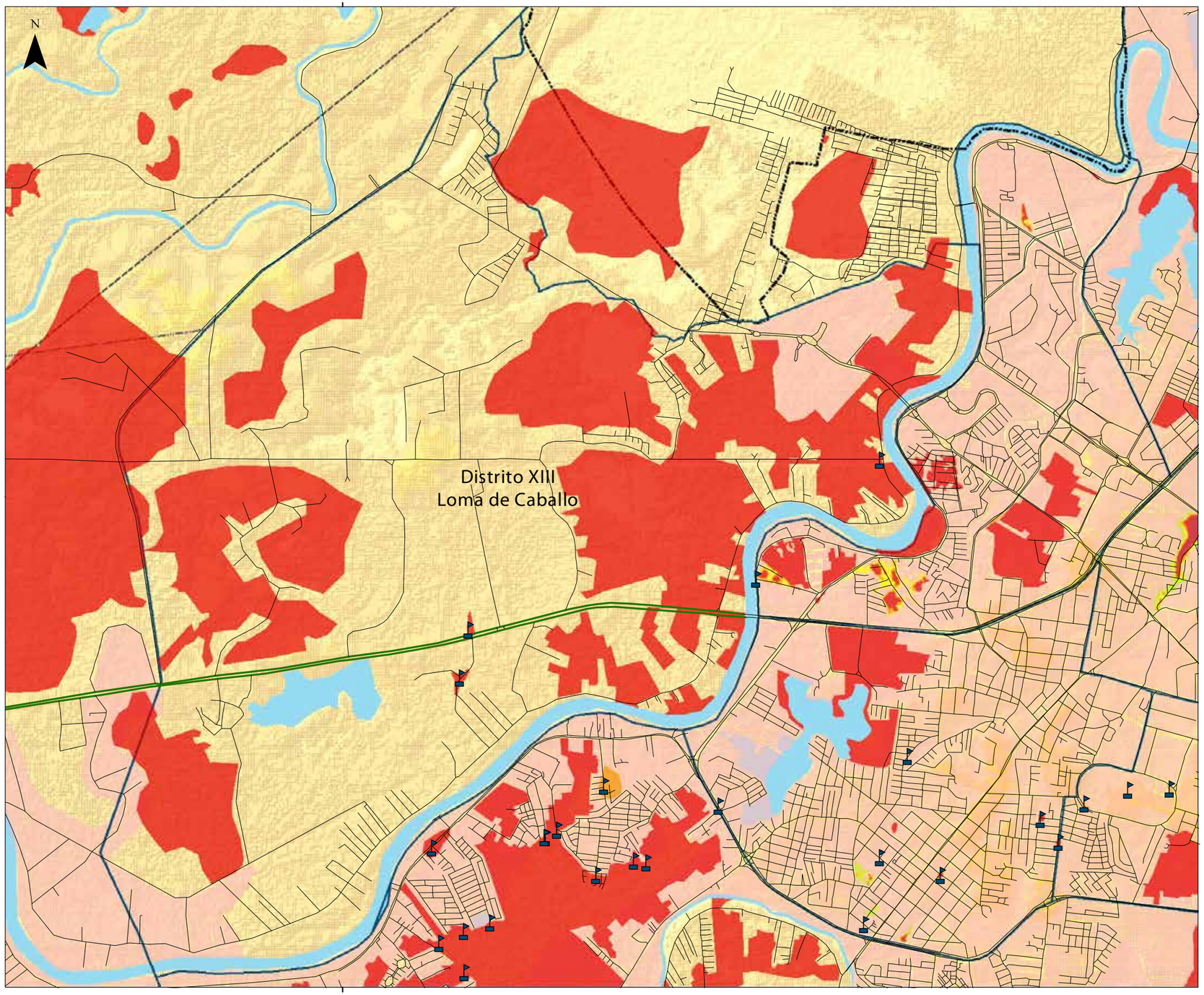
Figura 5.2.35. Zona de amortiguamiento en el sector oeste de Miguel Hidalgo y Estrellas de Buenavista.

Distrito XIII.- Loma de Caballo

El Distrito XIII, es quiza junto con el Distrito XI los que mayor presión de crecimiento y desarrollo tienen, por lo que resulta importante tener en cuenta las características naturales del sitio para no modificarlas y con ello evitar la alteración del frágil equilibrio que aún mantienen.

Después de la inundación en 2007, gran parte de la zona se ha rellenado para dar paso a importantes compañías de servicios petroleros y comerciales. Un ejemplo de esta pérdida de captación se presenta al lado izquierdo de la carretera Villahermosa – Cárdenas donde se construyó el Centro de Distribución Soriana y una base de operaciones de Schlumberger (figura 5.2.36. y 5.2.37.).

A un costado del Parque Tabasco se encuentra otra importante zona de anegamiento. Esta se extiende hacia el norte rumbo a Bosques de Saloya y al poniente al costado de Olimpia XXI (figura5.2.38.) En la zona central del Distrito justo al norte de la carrtera federal Villahermosa -Cárdenas se encuentra otra importante zona de anegamiento que se extiende a la parte sur de la Ra Emiliano Zapata (figura 5.2.39.). Esta zona se extiende hasta el poniente hacia las zona donde se encontraba el tiradero municipal. Ahí se encuentran importantes zonas de anegamiento y lagunillas que sirven como vasos



Mapa 5.13. Peligro por anegamiento en el Distrito XIII.

Figura 5.2.36. Zona de amortiguamiento que fue sistemáticamente rellenada. En la imagen se aprecia el área en el año 2003.

Figura 5.2.37. Áreas perdidas por la construcción de instalaciones. Imagen actual.

reguladores de la precipitación en el área. En este distrito existe una importante zona de captación que se extiende frente a la Universidad Autónoma de Guadalajara hacia el Sur, detrás del Fraccionamiento Las Puertas. Esta sigue de forma paralela por un camino vecinal que pasa al costado de la estación de almacenamiento regional de combustible (figura 5.2.40 y 5.2.41)

Antes de la construcción de la carretera federal Villahermosa-Cárdenas, esta área se comunicaba con la laguna de Loma de Caballo en una amplia zona que regulaba las inundaciones del río Carrizal por toda la margen izquierda. Sin embargo, ahora se encuentra prácticamente aislada por lo que depende del bombeo para sacar los excedentes de agua.

Figura 5.2.38. Zona de anegamiento en la zona aledaña al Parque Tabasco lugar donde se realiza la feria anual

Figura 5.2.40. Zona de anegamiento ubicada al sur de la avenida Bicentenario

Figura 5.2.39. Zona de anegamiento ubicada en la zona sur oeste de la laguna Loma de Caballo.

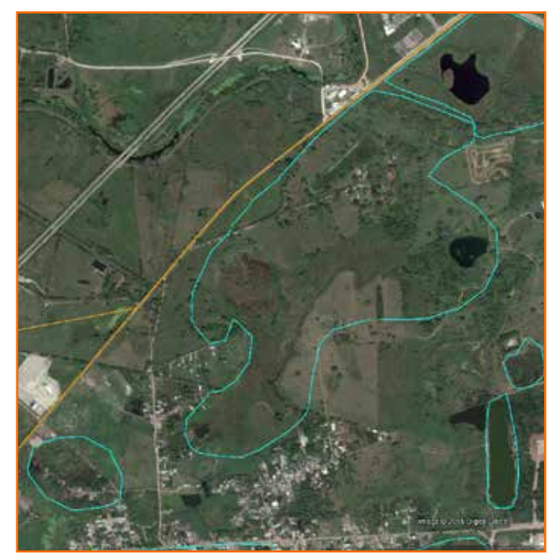
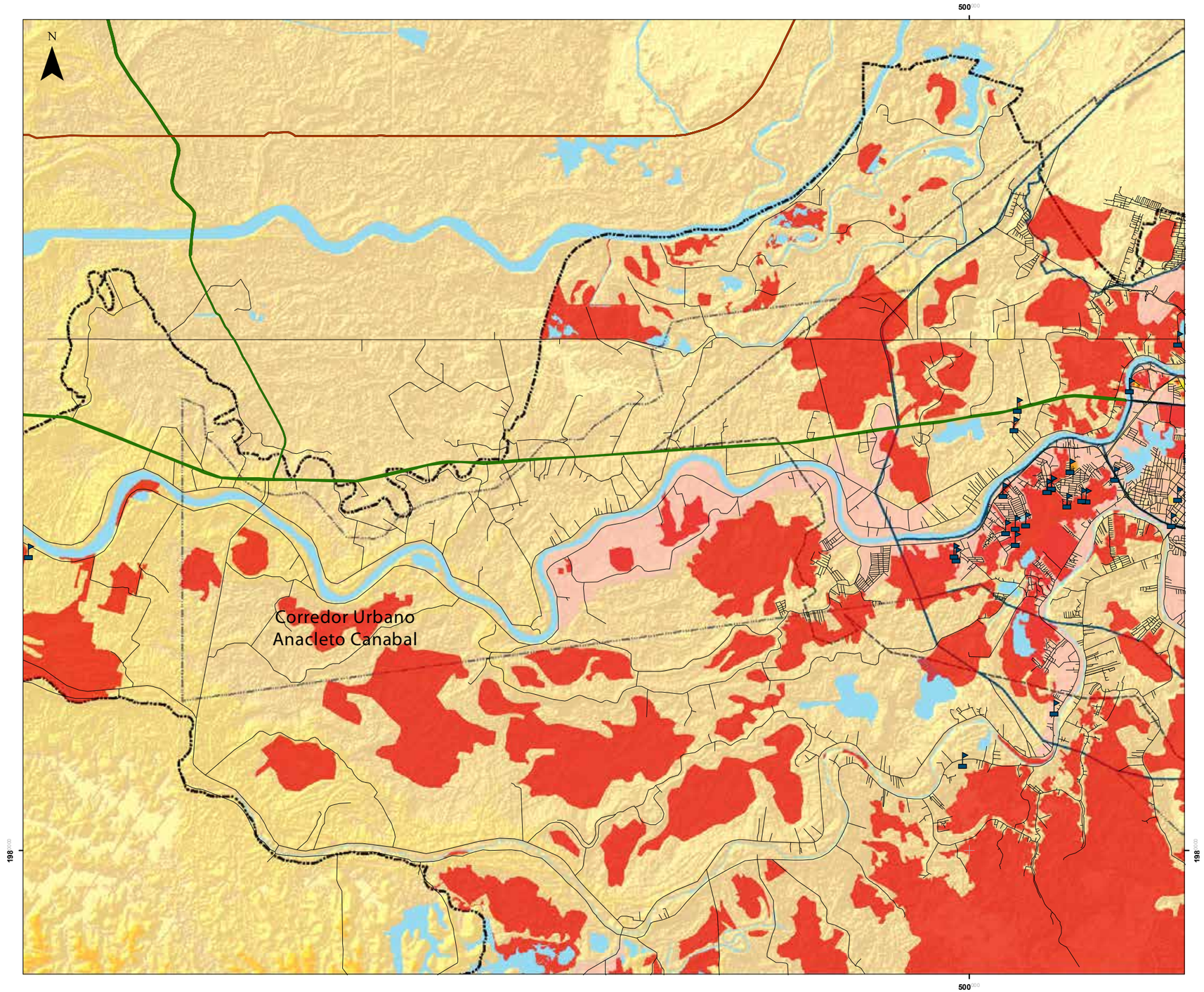


Figura 5.2.41. Zona de anegamiento ubicada al poniente del fraccionamiento las Puertas

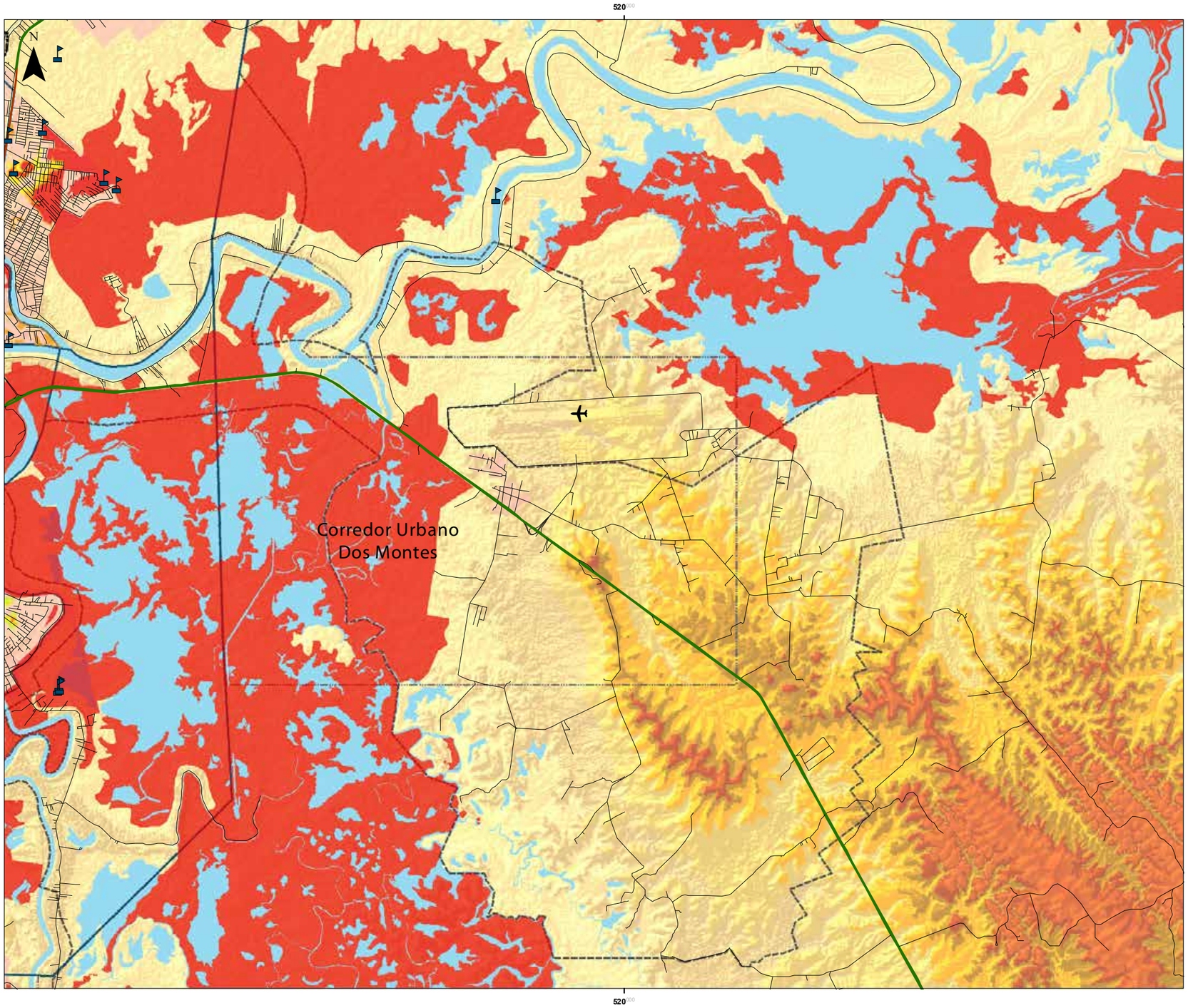
Corredor Urbano Anacleto Canabal

El corredor urbano Anacleto Canabal se extiende por ambas márgenes del río Carrizal. Se encuentra más habitado por la ranchería Buenavista Río Nuevo 1ra sección y en menor grado por las rancherías González 1ra y 2da sección. En esta zona del Municipio, las áreas de anegamiento se concentran en el corredor que se forma entre el libramiento y la carretera que conecta con la Avenida Bicentenario.

Otras zonas de anegamiento se encuentran al Sur de la carretera Villahermosa – Cárdenas y en menor número por el área de influencia al Sur del río Carrizal. Todas ellas por el momento no se encuentran habitadas.



Mapa 5.14. Peligro por anegamiento en el Corredor Urbano Anacleto Canabal.



Mapa 5.15. Peligro por anegamiento en el Corredor Urbano Dos Montes.

Corredor Urbano Dos Montes y Ciudad Esmeralda

En relación a las zonas bajas del distrito, estas se encuentran ubicadas al Norte por el Yumká y al Suroeste por el área de influencia de los arroyos denominados los Zapotes, que son extensiones territoriales fuertemente inundables y sujetos a anegamiento. El resto del territorio en el distrito actualmente se puede considerar una zona con muy bajo peligro de anegamiento.

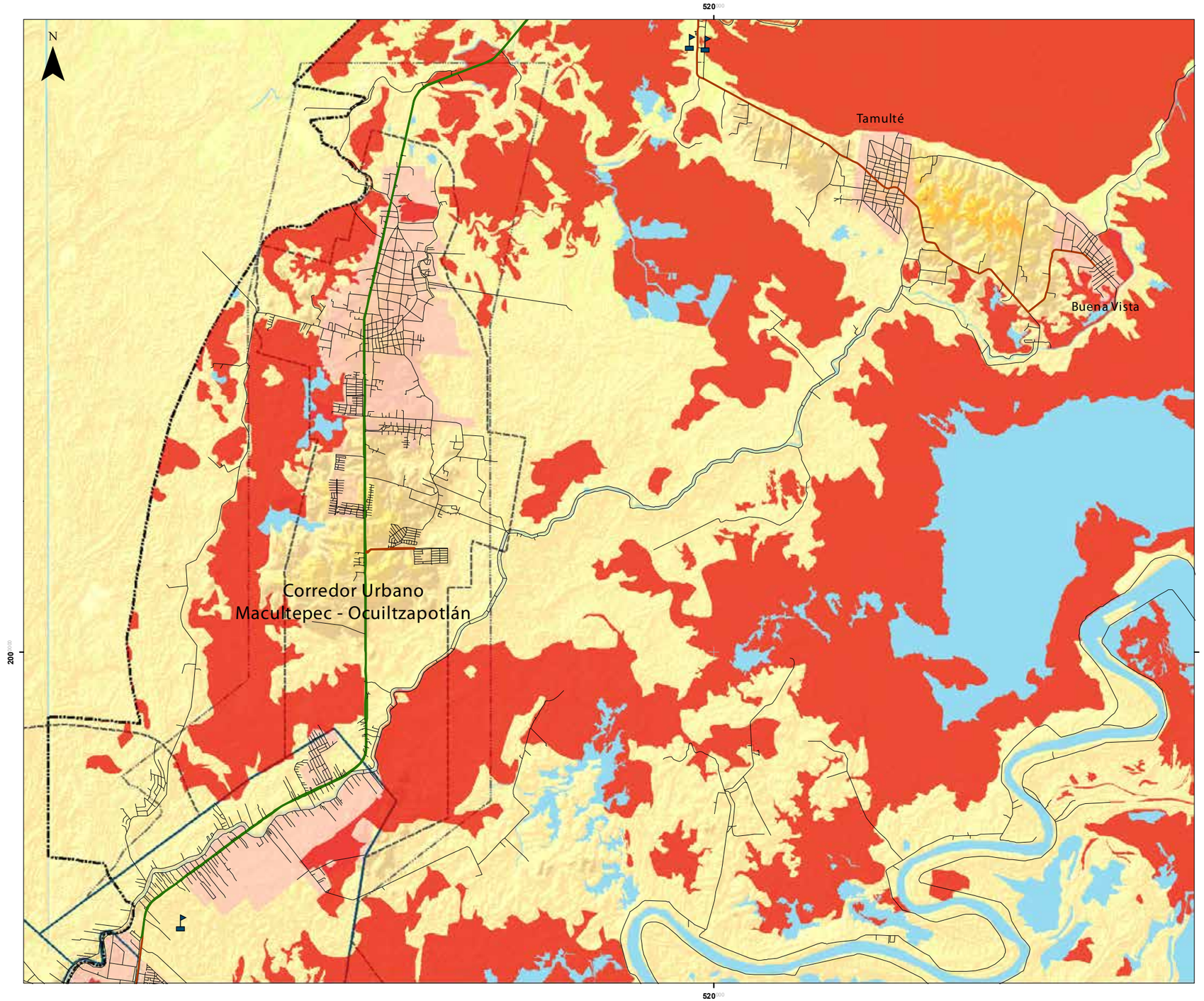
En efecto, por sus características topográficas la zona de Dos Montes y Ciudad Esmeralda en su mayor porcentaje es propensa a los anegamientos. En esta área, la elevación promedio es de 20 m.s.n.m. y en la mayoría de los sitios no existen condiciones que retengan el agua por tiempos prolongados.

Sin embargo, siendo lomeríos expuestos a precipitaciones intensas, se debe considerar para las zonas de concentración de escurrimientos, mecanismos adecuados para el desalojo de los grandes volúmenes de precipitación que se pueden esperar en estas áreas y de esa forma prevenir los futuros problemas por falta de planeación.

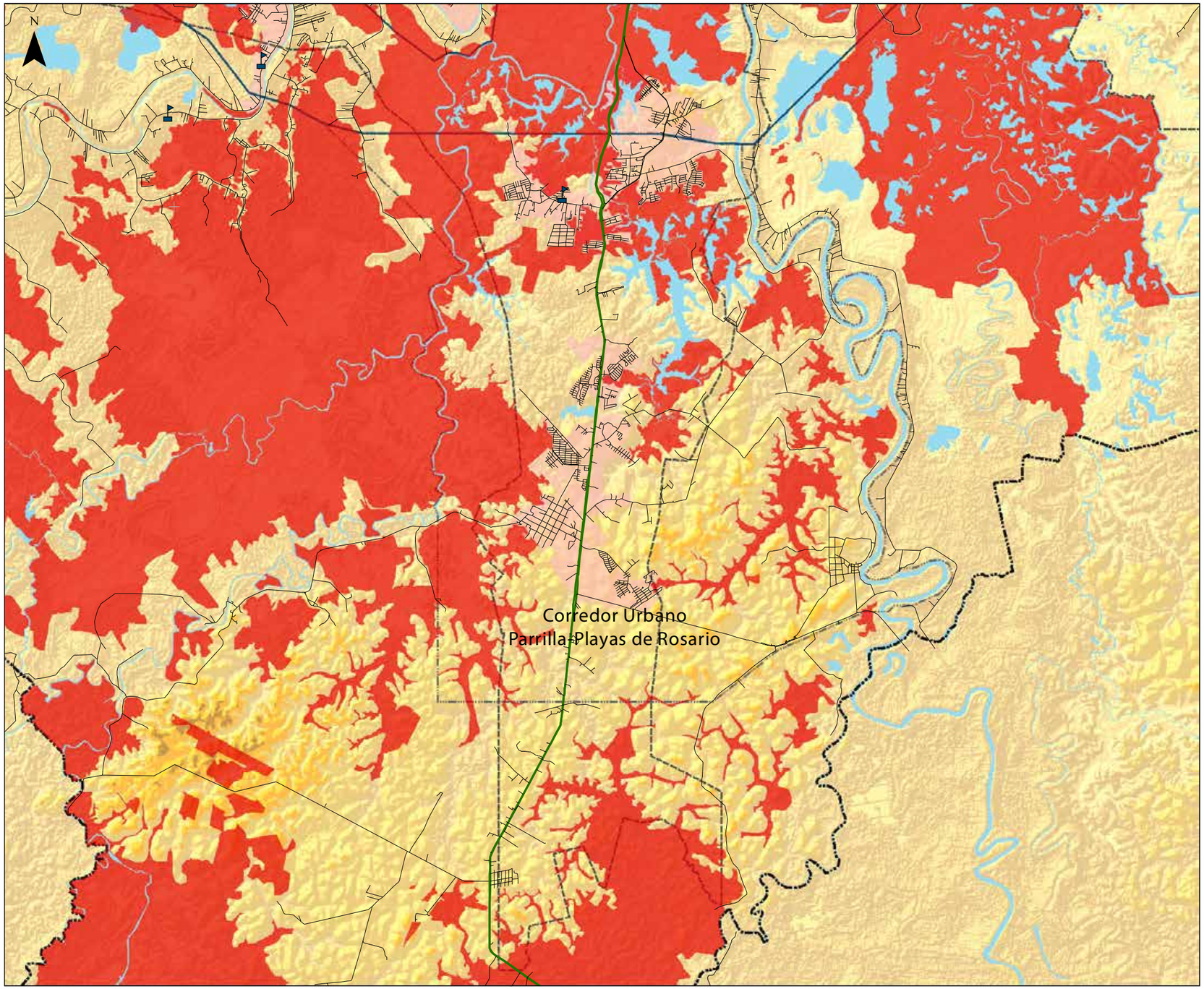
Corredor Urbano Macultepec Ocuiltzapotlán

Una de las zonas con mayor intensidad de crecimiento en el municipio de Centro, es la zona del corredor Macultepec Ocuiltzapotlán, ya que en esta área se están impulsando importantes desarrollos de interés social y media que se están asentando sobre las lomas disponibles en el área.

Sin embargo, también existen importantes superficies que son utilizadas para la regulación del sistema, por lo que almacenan importantes cantidades de agua en las temporadas de lluvia. Estas se encuentran principalmente en la parte Poniente y corren de forma paralela a la carretera federal. Estas áreas corresponden a la zona de influencia de efluente del río Carrizal, que nace en la zona de Tierra Colorada y continúa por las rancherías aledañas alimentando las zonas lagunares locales. Aunque la entrada de este arroyo prácticamente fue cerrada, sigue siendo una zona de captación y escurrimiento natural de la cuenca, por lo que cuando existen precipitaciones extremas o frecuentes, el arroyo se carga y desborda en algunas zonas.



Mapa 5.16. Peligro por anegamiento en el Corredor Urbano Macultepec - Ocuiltzapotlán.



Mapa 5.17. Peligro por anegamiento en el Corredor Urbano Parrilla - Playas del Rosario

Corredor Urbano Parrilla Playas del Rosario

Otra zona de lomerío que también ha experimentado un fuerte crecimiento en el municipio de Centro es el corredor Urbano Parrilla – Playas del Rosario. Sin embargo, al igual que el caso de Macultepec – Ocuiltzapotlán, el corredor Parrilla se compone de un conjunto de lomeríos que corre en paralelo a la carretera federal Villahermosa – Teapa, por lo que se encuentra rodeado de agua. En efecto, hacia el lado derecho de la carretera transcurre el río de la Sierra y hacia el lado izquierdo el río Pichucalco, lo que dispone de importantes áreas de anegamiento a ambos lados de los asentamientos humanos ahí establecidos.

Del mismo modo, al costado derecho del corredor se encuentran dos áreas de escurrimiento claramente identificadas que dan forma a igual número de lagunas. Una de ellas resulta cercana al Fraccionamiento Villa Floresta y El Encanto; mientras que la segunda se encuentra más al Sur entre Pueblo Nuevo de las Raíces y el Fraccionamiento Revolución Mexicana. A diferencia de la primer área de escurrimiento descrita, esta es una parte somera que precisamente por sus características puede llegarse a perder de vista el peligro que encierra. Vulnerabilidad

Inundación

Por las características hidrológicas del área de estudio se puede realizar el análisis de las inundaciones esquematizando la zona en diferentes secciones derivadas de las cuencas y subcuencas correspondientes. Como se especifica previamente en el capítulo tercero, el municipio de Centro corresponde a la Cuenca Grijalva-Usumacinta. En ella, el mayor efecto se recibe de los escurrimientos que provienen del Sistema Mezcalapa-Grijalva.

Este sistema se compone de dos vertientes principales (figura 5.2.42.). El Mezcalapa que se divide en dos brazos, pocos kilómetros antes de la compuerta del Macayo. Uno de ellos, el del río Carrizal que actualmente cruza por la zona poniente del municipio con un gasto promedio de 350 m^3/s. El otro brazo corresponde al río Samaria que se ha constituido como el drenaje más grande del Estado alcanzando en algunas situaciones más de 3000 m^3/s.

Por el oriente, la situación es un poco diferente en lo que corresponde al río de la Sierra, ya que sobre este afluente se han desarrollado obras de infraestructura diferentes, que utilizan un método menos restrictivo de la corriente y aprovecha las características naturales del entorno para almacenar agua y mantener la biodiversidad.

Esta corriente integra los escurrimientos del río Pichalco, el río Teapa y el río Tacotalpa. Todos ellos confluyen pocos kilómetros antes de la ciudad de Villahermosa. A este sistema es necesario agregar el río Viejo Mezcalapa, el cual es un brazo desarticulado del Sistema Mezcalapa – Grijalva y que aun cuando no tiene corriente, en temporada de lluvias constituye el canal natural de escurrimiento de una importante superficie del municipio de Centro. Además, cuando el sistema de la Sierra se encuentra saturado, el Viejo Mezcalapa cambia la dirección de la corriente para ingresar agua rumbo a la zona de Ixtacomitán.

Hasta hace algunos años el río de la Sierra fluía sin control alguno, por lo que generaba importantes daños a su paso por las zonas urbanas. Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado una serie de estructuras de alivio para el sistema, lo que en conjunto con las obras de protección realizadas en el territorio municipal, han mejorado relativamente la situación (figura 5.2.44.). Entre las obras de control realizadas para evitar los problemas de inundación, se pueden señalar dos escotaduras que se ubican en la margen izquierda del río, a la altura de la ranchería el Censo.

Actualmente se construye una tercera escotadura en el mismo tramo, con lo que se pretende aumentar el volumen de agua derivada.

Figura 5.2.42. Cuencas que afectan al territorio del municipio de Centro.
De izquierda a derecha Mezcalapa - Grijalva y de la Sierra
Fuente: Límites de cuenca elaborados por el autor, a partir de análisis geográfico y mapa base cortesía de ESRI (Arcgis on line).

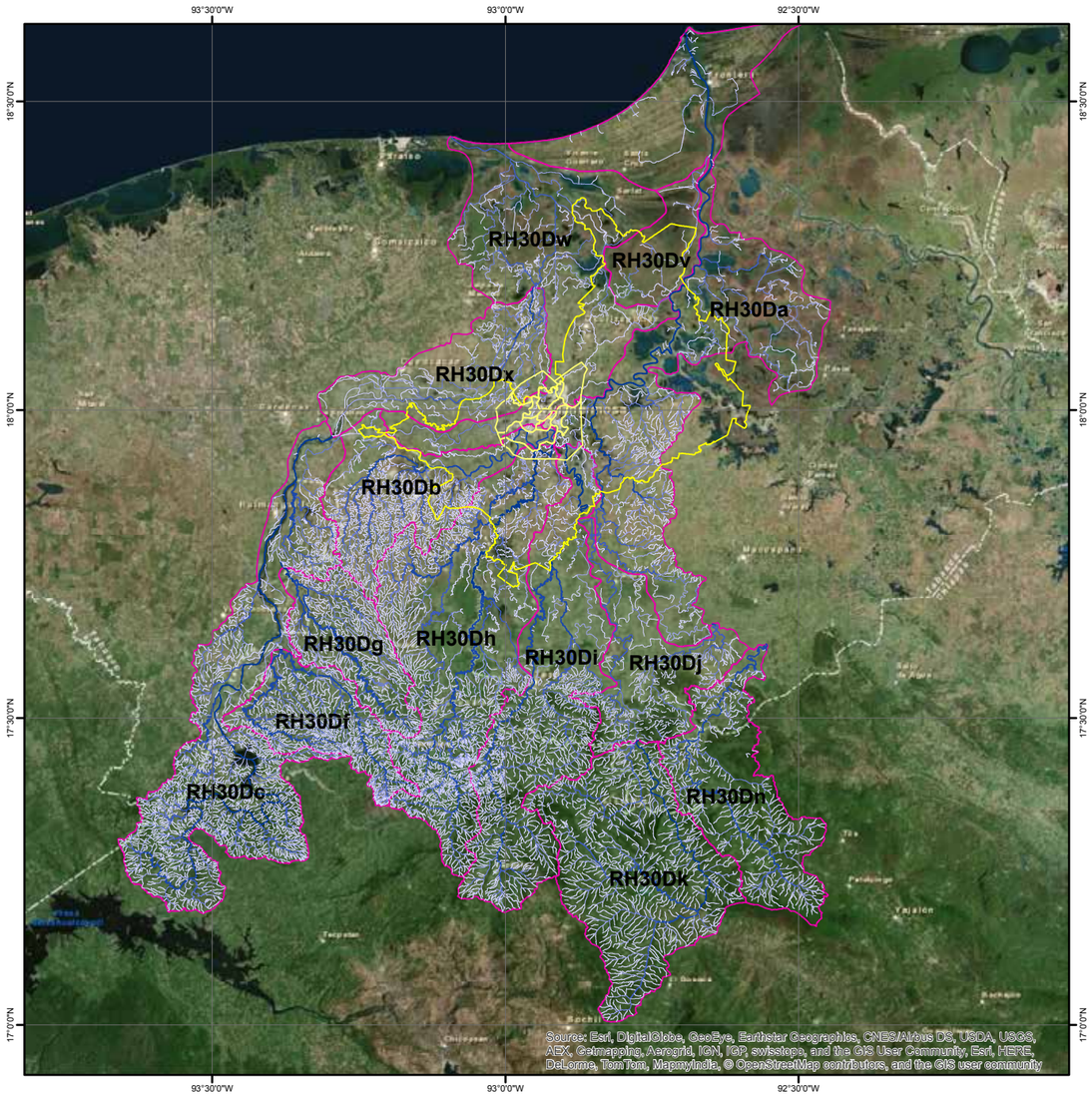
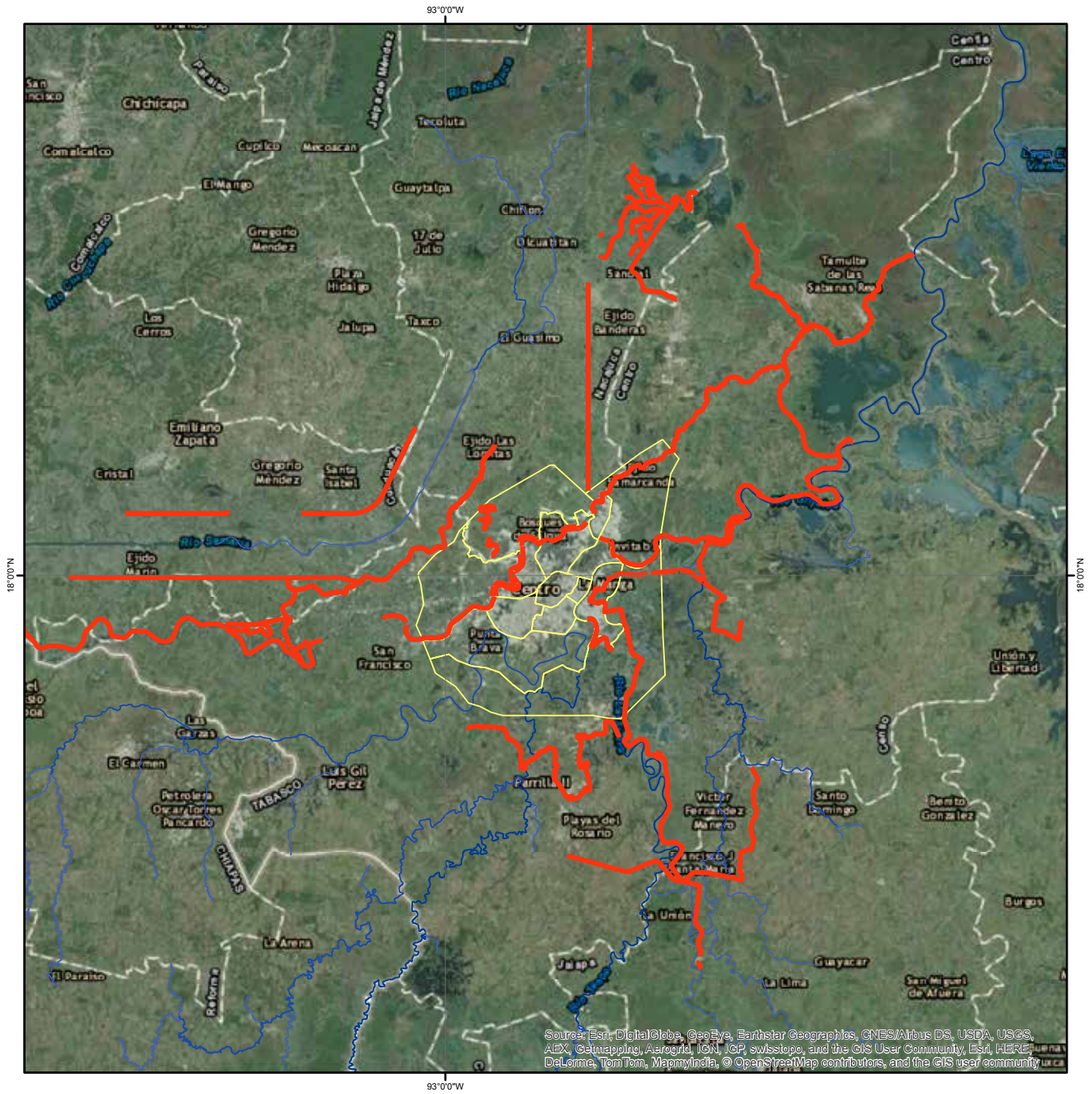


Figura 5.2.43. Hidrología superficial de la zona de estudio.


93°0'0"W
18°0'0"N
Chichicapa
Comalcalco
Cupilco
Mecoacan
Tecoluta
Guaytalpa
Chiltoria
Gregorio Mendez
17 de Julio
Oxiuatitan
Plaza Hidalgo
Jalupa
Taxco
El Guasimo
Los Cerros
Emiliano Zapata
Cristal
Santa Isabel
Ejido Las Lomas
Ejido Marin
Centro
La Manga
Punta Brava
San Francisco
Las Gaviotas
El Carmen
Luis Gil Perez
Ferrillal
Playas del Rosario
Victor Fernandez Manero
Santo Domingo
Benito Gonzalez
Tamulte de las Sabanas
Unión y Libertad
Burgas
Guayacar
San Miguel de Afuera
La Unión
La Lima
La Arena
Jalapa
Rio Seco
Rio Nacajuca
Rio Samaria
Rio Carrizal
Rio Mezcalapa
Rio Grijalva
Rio Tonalá
Rio Chilapa
Rio Tacotalpa
Rio Puxcatan
Rio Chilapa
Rio Tacotalpa
Rio Puxcatan
Rio Mezcalapa
Rio Grijalva
Rio Tonalá

La función de las referidas escotaduras es derramar parte del caudal del río hacia el área de los Zapotes en la zona de Dos Montes. Ahí existe una estructura de paso que permite el flujo libre del agua y a la vez facilita el tránsito de vehículos por la carretera federal a Escárcega.

Otras escotaduras se encuentran en el tramo inferior del río, ya en espacio perteneciente al río Grijalva. Estas escotaduras tienen como función ingresar agua a los humedales para amortiguar la inundación y mantener la zona de humedales de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla.

Las obras de protección establecidas en la parte correspondiente al río de la Sierra se pueden agrupar en dos partes. Por un lado se encuentran los muros de contención que bordean prácticamente el centro de la Ciudad y por otra parte se sitúan los bordos de contención que rodean externamente a Villahermosa.

Estas obras limitan fuertemente las inundaciones, restringiendo su campo de acción en función de su intensidad. Por lo tanto, es comprensible que para periodos de retorno cortos y medios, las zonas inundadas se encuentren hacia la periferia de la Ciudad. No obstante, existe la posibilidad de que en un escenario extraordinario se pueda repetir una situación un tanto similar a la ocurrida durante la inundación del año 2007. Aunque en dado caso, podrían presentarse mayores alcances en los daños.

Igualmente existe el peligro potencial de que en una situación dada pueda ocurrir alguna falla en cualquiera de las estructuras construidas para la protección de la Ciudad, lo que podría desencadenar a la par, un escenario con muchos daños.

Escotadura de Sabanilla.

Derivado de las obras de protección se construyeron dos escotaduras en la margen derecha del río la Sierra a la altura de la localidad denominada el Censo. Por ahí se desvía un caudal importante de agua una vez que el río sobrepasa el nivel de acceso.

Una tercera escotadura se está contruyendo en el mismo tramo para incrementar con ello el volumen de agua desviado al sistema de los Zapotes que pasa por la parte posterior de la colonia Gaviotas.

Lo anterior, aunado a los kilómetros de bordos y muros construidos ofrece amplia protección a la zona urbana de la ciudad de Villahermosa que corresponde a la zona de mayor vulnerabilidad.

Compuerta del Macayo

Por su costo, complejidad e importancia en el control de las avenidas, la compuerta del Macayo es una de las estructuras de mayor relevancia en el Plan Hídrico Integral de Tabasco. El diseño y construcción de esta estructura se comienza en el 2003 como parte de los trabajos del Programa Integral Contra Inundaciones (PICI), sin embargo, no es hasta 2013 que finalmente se concluye su construcción como parte del Plan Nacional Hídrico 2007 - 2012.

La estructura de control sobre el río Carrizal tiene como objetivo disminuir el caudal proveniente del río Mezcalapa atenuando así al máximo las condiciones de riesgo y vulnerabilidad a que está sujeta la población y sus actividades económicas frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos que afectan la planicie costera de Tabasco.

El Macayo consta de un canal en la margen izquierda con tres compuertas radiales; una cortina permeable de enrocamiento; bolsas de mortero; un canal en la margen de la derecha con cuatro compuertas radiales, así como caminos de acceso.

Por la margen izquierda, se controlan 350 m^3/s, y por la margen derecha, se controlan 500 m^3/s, lo que limita el flujo de agua del río Carrizal a 850 m^3/s.

Arriba a la izquierda; aspectos generales de la construcción de la compuerta del Macayo.
Abajo a la izquierda se observa la estructura ya terminada.
A la derecha se aprecia una de las siete compuertas radiales que conforman la estructura de control.
Fotografías del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto AC en Construcción y Tecnología del Cemento, 2013.

Delimitación de Subcuencas y Microcuencas

La delimitación de subcuencas y microcuencas se realizó con el módulo "Watershed", el cual permitió definirlas de acuerdo al tamaño establecido en el Diario Oficial de la Federación (DOF) publicado en el año 2004. En este se especifica que para que pueda ser considerada una subcuenca, la misma debe tener una superficie de al menos 50,000 hectáreas, mientras que para considerarla una microcuenca, esta debe tener como mínimo 3,000 hectáreas considerando una resolución de 100 m^2 para la imagen SRTM del Modelo Digital de Elevación (MDE). Por lo que la conversión en celdas requerida por el módulo Watershed fue definido por 50,000 y 3,000 celdas respectivamente. Para el caso de las imágenes LIDAR en la delimitación de microcuencas, la resolución fue de 25 m^2 por lo que para 1 ha (10,000 m^2) se requieren 400 celdas (25m^2 x 400 celdas = 10,000 m^2), por lo tanto, para 3000 ha se requirieron 1,200,000 celdas (400 celdas x 3000 ha = 1,200,000 celdas) (figura 5.2.45.).

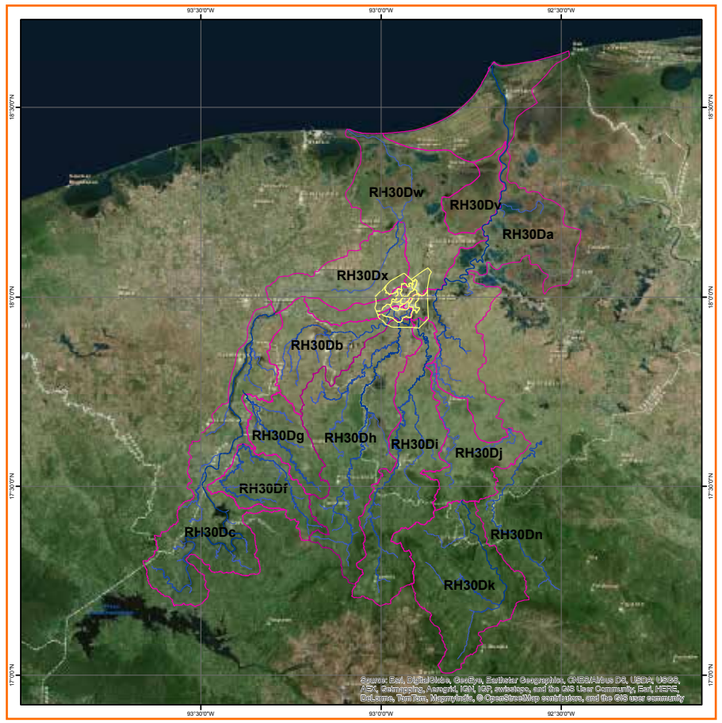


Figura 5.2.45. Subcuencas utilizadas en el análisis de los escurrimientos

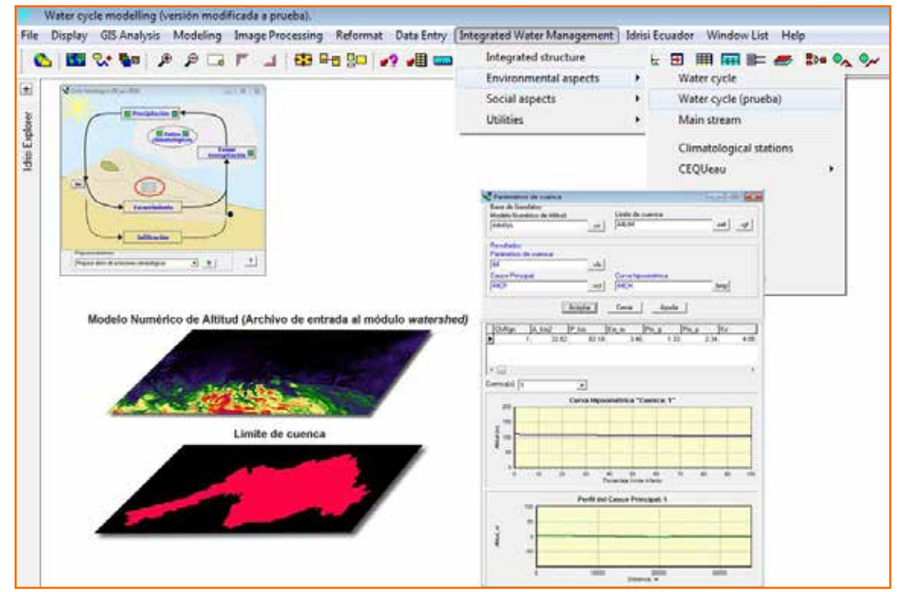


Figura 5.2.46. Módulo de parámetros de cuenca.

Parámetros físicos de la cuenca

Una vez delimitadas las subcuencas y microcuencas, la siguiente etapa fue la obtención de los parámetros fisiográficos por medio del módulo "WaterCycle/parámetros de cuenca." Aplicando el procedimiento para las microcuencas obtenidas con imágenes SRTM y las obtenidas con la imagen LIDAR. Los datos de entrada fueron el Modelo Digital de Elevación y el límite (s) de cuenca (figura 5.2.46.).

Como resultado se obtuvo una base de datos por cada subcuenca, desglosando los parámetros principales de las diferentes microcuencas: clave de la microcuenca (ClvRgn), superficie de la microcuenca en km^2 (A), perímetro en km (P), elevación media de la microcuenca en msnm (H), pendiente media de la microcuenca en grados (S°), pendiente media de la microcuenca en % (S%), coeficiente de compacidad (Kc), relación de circularidad (Rci), relación hipsométrica (Rh), longitud del eje del río principal en km (Lc), longitud directa del río principal en km (La), coeficiente de sinuosidad hidráulico (Sh), elevación máxima del río principal en msnm (Hmx), elevación mínima del río principal en msnm (Hmn), pendiente promedio del río principal (Sc), tiempo de concentración de Kirpich en horas (Tc_Kirpich_h) y tiempo de concentración de California Higways and Public Works en horas (Tc_CHPW_h). Posteriormente se realizó la integración en una única base de datos en Access.

Balance hidrológico

Evapotranspiración

La evapotranspiración es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera, tanto por transpiración de la vegetación como por evaporación del suelo. Su magnitud depende del agua realmente disponible; es decir, el agua que el suelo ha logrado retener para el consumo de la vegetación, así como la que ha sido interceptada por esta.

Existen varios métodos para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET0); sin embargo, para el presente trabajo se seleccionó dentro del módulo del ciclo hidrológico el método de Turc, por ser a nivel anual. Para realizar el proceso se requiere como variable de entrada la temperatura promedio, misma que se obtuvo del WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005).

Infiltración

Se define como la capacidad de infiltración a la velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo. La capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto.

$$Ipj = Pj - (Pj * Kej)$$

Donde:

Ipj = Infiltración potencial mensual, en mm

Pj = Precipitación mensual promedio, en mm

Kej = Coeficiente de escurrimiento mensual, adimensional.

j = Indicador del mes considerado.

El coeficiente de escurrimiento es obtenido a partir de la tabla desarrollada por Benítez y colaboradores, misma que puede consultarse en el cuadro Cuadro 5.2.16. Características de estructuración para el cálculo del coeficiente de escurrimiento. En este se consideran la cobertura de suelo, el tipo de suelo y la pendiente en porcentaje, con las características que se observan en el cuadro antes referido.

La información geográfica de cobertura y tipo de suelo se encuentran disponibles en el sitio de internet de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (http://www.conabio.gob.mx/). De esta forma, dentro de la plataforma de IDRISI se generaron las clases (proceso de reclasificación de valores) para la cobertura de suelo, 1 (sin vegetación), 2 (cultivos), 3 (pastos y vegetación ligera), 4 (hierba) y 5 (bosque y vegetación densa).

Para el tipo de suelo las clases quedaron como: 1 (impermeable), 2 (semipermeable) y 3 (permeable). Finalmente para la pendiente se establecieron como: 1 (0-1), 2 (1-5), 3 (5-20), 4 (20-50) y 5 (>50).

De forma paralela y para el uso de la información en HEC - HMS se calculó el Número de Curva (NC) conforme a la metodología de la USDA TR55 Capítulo 2 (1986). Para ello se le asignó a cada tipo de vegetación y uso de suelo las variables hidrológicas necesarias. Esta información fue procesada por el módulo Geo HecHMS y convertida en diferentes mapas ráster que se utilizaron para calcular el porcentaje de impermeabilidad de las cuencas y subcuencas, así como el NC de cada una de ellas.

Tipo de Cobertura	Tipo de suelo	Pendiente (%)				
		>50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin Vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.35	0.20	0.15
Hierbas	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Cuadro 5.2.16. Características de estructuración para el cálculo del coeficiente de escurrimiento.
Fuente: Benítez et al., 1980.

Escurrimientos superficiales

Una vez delimitadas las cuencas y subcuencas y calculados los parámetros físicos requeridos se procedió a calcular los escurrimientos superficiales, mismo que se obtuvieron mediante el uso del programa Hec Hms. Este fue alimentado con los parámetros físicos calculados previamente tanto de las cuencas como de la precipitación (figura 5.2.47.).

Para introducir los valores de precipitación se utilizaron los resultados de la simulación de láminas de precipitación, los

Estación	NAME		NAMO	
	Escala	Gasto	Escala	Gasto
Samaria	18.50	3,570	14.9	1,185
Oxolotán	47.37	3,770	39.53	2,000
Puyacatengo	31.35	915	29.65	727
Tapijulapa	28.15	3,386	24.63	2,500
San Joaquín	26.66	575	23.12	221
Teapa	39.56	734	37.71	518
González	10.20	1,191	8.77	739
Pueblo Nuevo	8.40	1,103	7.49	788
Gaviotas	7.85	1,626		
El Porvenir	6.67	1,517		

Cuadro 5.2.17. Estaciones hidrométricas con su respectivo valor de NAME[1] y NAMO[2] utilizadas para el análisis.
Fuente: Comisión Nacional del Agua

1 NAME.- Nivel de Aguas Máximo Extraordinario. Nivel de agua alcanzado en eventos extraordinarios.
2 NAMO.- Nivel de Agua Máximo Ordinario. Nivel de agua observado de forma frecuente en un río y que se considera sin afectación.

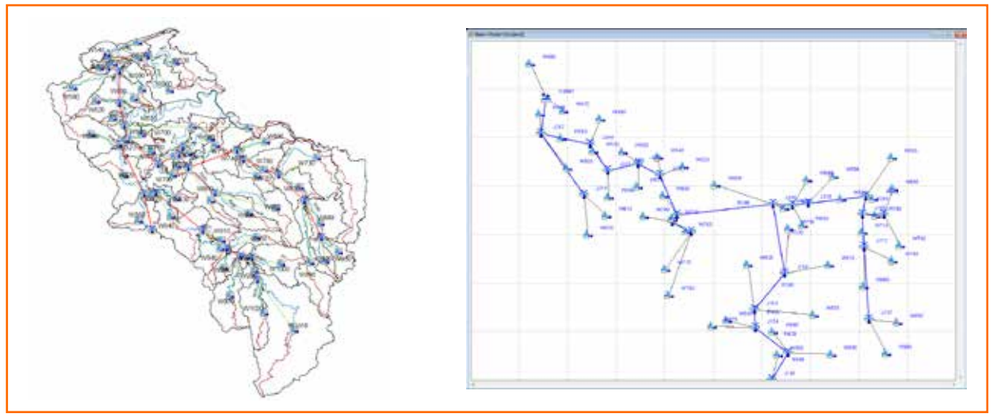
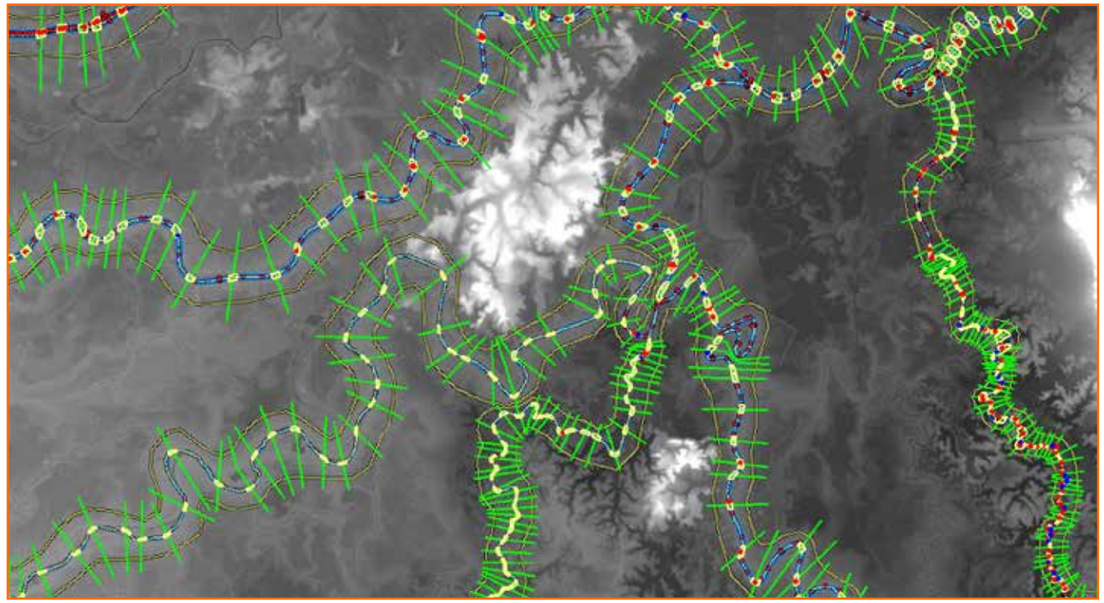
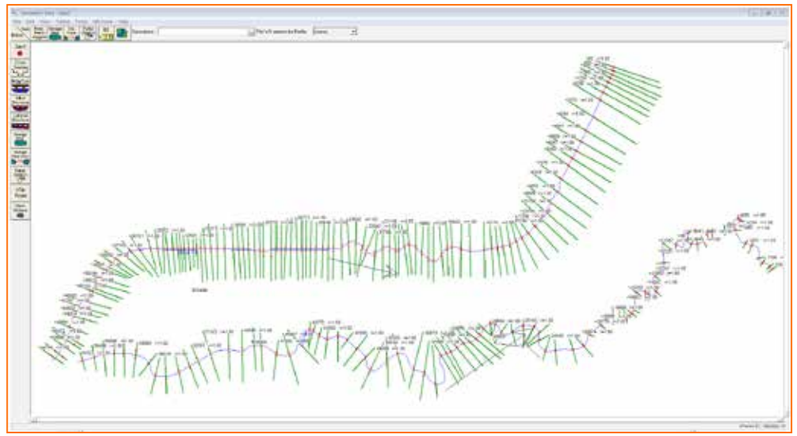


Figura 5.2.47. Ejemplo de los modelos Geo Hec Hms y Hec Hms utilizados para el cálculo de los escurrimientos.





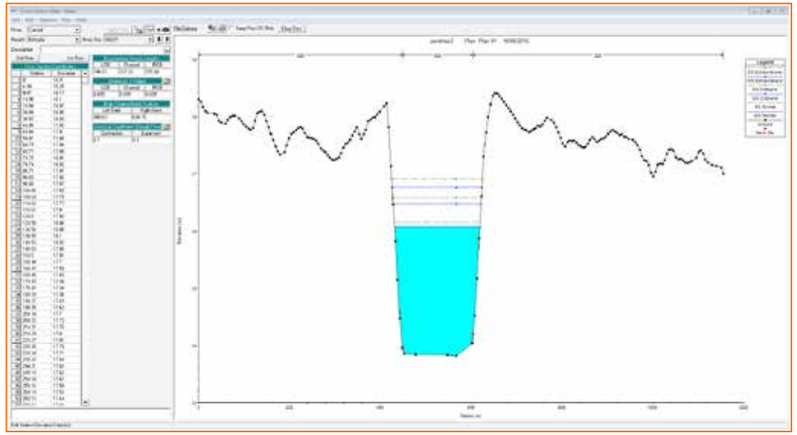


Figura 5.2.48. Algunos aspectos del análisis hidráulico.
a) Arriba a la izquierda Modelo digital LIDAR utilizado para construir los modelos hidáulicos en el módulo HEC-GeoRAS.
b) Arriba a la derecha. Diagrama de las secciones utilizadas en el cálculo de los ríos Samaria y Carrizal.
c) Abajo a la derecha ejemplo de una sección calculada.

hietogramas y demás insumos generados. En esta fase lo que se buscó desarrollar fueron los gastos necesarios para la alimentación del modelo hidráulico. Este modelo fue calibrado con los datos disponibles de las estaciones hidrométricas registradas en el territorio, mismas que fueron utilizadas en la simulación de gastos para determinar el gasto base de la simulación de escenarios (cuadro 5.2.17).

Una vez obtenidos los gastos, se desarrollaron los modelos hidráulicos correspondientes mediante el uso de ArcGis y el módulo HEC-GeoRAS y con esto se generó el modelo final en Hec Ras (figura 5.2.48. a,b y c).

Para la construcción de los modelos en HEC-GeoRAS se utilizó el modelo digital LIDAR por lo que la resolución de los pixeles en las láminas de agua es de 5m. Esta resolución permite una gran precisión en los resultados alcanzados. El modelo LIDAR fue complementado con un levantamiento batimétrico de los cauces para los principales ríos y cuerpos de agua analizados. El levantamiento fue realizado utilizando una eco sonda con GPS montada en un lancha. Con este procedimiento se buscó dar énfasis al levantamiento de secciones en tramos abiertos y al centro del cauce.

El resultado fue un conjunto de láminas de agua para los diferentes periodos de retorno analizados.

La verificación de los resultados se realizó mediante recorridos de campo, donde se observó la coincidencia de las características físicas y bióticas con lo obtenido en los modelos. De esta forma, se determinó que en la mayoría de los casos las áreas inundables sobre todo en zonas rurales resultan fácilmente identificables por el tipo de vegetación que en ellas predomina. En efecto, la vegetación que se presenta en estas zonas son pastizales inundables: grama de agua *(Panicum purpurascens)* y el arrocillo *(Echinochloa polystachya),* popal *(Thalia geniculata),* tular *(Typha latifolia)* y en general vegetación hidrófila como lirio acuático *(Eichhornia crassipes),* lechuga de agua *(Pistia stratiotes),* lenteja de agua *(Lemna minor)* y pan caliente *(Nymphea ampla).* Otras zonas inundables aunque con menor frecuencia se caracterizan por la presencia de especies arbóreas como el tinto *(Haematoxylum campechianum)* y el pucté *(Bucida buceras)* que son resistentes a las inundaciones y que denotan las características de esas zonas.

Escenarios de Inundación

Es importante señalar que la amenaza de inundación en la entidad es un fenómeno multi factorial. Esto quiere decir, que la probabilidad de que se presente una inundación en un momento dado, en un lugar específico, depende de varios factores como: la precipitación pluvial en el área del municipio; la precipitación general en la cuenca alta (cantidad de lluvia que escurre de las zonas altas) y desde luego, las condiciones iniciales en que se desarrolla un evento.

Este último punto es de gran relevancia y está conformado a su vez por otros factores muy importantes como la saturación del suelo, la evaporación y la velocidad de drenaje en general. Estos elementos son fundamentales al determinar la capacidad de carga del sistema al inicio de un evento. En efecto, no es lo mismo un periodo de lluvias intensas que se presenta después de un periodo de secas y que gracias a esas condiciones mantiene una gran capacidad de almacenamiento, a que el mismo evento se presente en una temporada de lluvias intensa cuando los cuerpos de agua se encuentran saturados y fácilmente se desbordan inundando zonas aledañas.

Tampoco es posible saber de antemano que dos eventos intensos se pueden encadenar en una misma temporada, pero si se puede estimar la probabilidad de que eso ocurra.

Otros factores que intervienen en la ocurrencia de una inundación son el área de influencia de los fenómenos.

Por ejemplo, en la inundación de 1999, la zona inundada dependía enteramente de los efectos del río Carrizal y del agua liberada para el desfogue de la presa Peñitas que es la última presa del sistema Grijalva – Mezcalapa.

La inundación del año 2007 tuvo estrecha relación con la presencia del frente frío No 4, el cual se combinó con las condiciones extremas que presentaba el estado de Tabasco que ya se encontraba sobresaturado de agua debido a la presencia de lluvias atípicas ocurridas durante los meses de septiembre y octubre, mismas que se sumaron a las lluvias procedentes de la tormenta tropical Noel. La tormenta tropical generó sobre el área de Tabasco y Chiapas un sistema de lluvias intensas y constantes a partir del 22 de octubre de ese año. El efecto de este sistema de lluvias intensas y constantes que se colocaron por encima de las medias históricas observadas, hizo sinergia con el frente frío, lo que tuvo consecuencias extremadamente severas en Tabasco y en particular en el municipio de Centro.

Es necesario también señalar que en la actualidad, el desbordamiento de los ríos se produce con mayor frecuencia y con escurrimientos menores, respecto a los que provocaban tales efectos en el pasado. Lo anterior, se explica como un efecto que mezcla componentes evolutivos naturales de la planicie y resultados de las actividades antrópicas de la siguiente manera.

La planicie tabasqueña es un territorio en formación, por lo que continuamente tienen lugar cambios morfológicos y adaptaciones resultantes de las condiciones hidráulicas y sedimentológicas propias de la zona. Sin embargo, los aportes líquidos y de sedimentos que históricamente habían ocurrido, se han visto modificados por la construcción de las presas en el sistema Mezcalapa - Grijalva.

A esta situación es necesario adicionar la construcción de otras obras hidráulicas de defensa como bordos en márgenes, rectificaciones de cauces, espigones, así como la extracción continua de material del lecho del río por parte de pobladores que cambian la distribución de los sedimentos quedando estos en el fondo de los cauces y disminuyendo así su capacidad hidráulica.

Finalmente, los procesos de deforestación en las partes altas de la cuenca incrementa los procesos de erosión que ante lluvias más intensas arrastran mayor cantidad

Ductos de PEMEX formando un tapón por la basura y vegetación retenida. Fotografía: CENAPRED, 2008.

de material que no se distribuye sobre la planicie y colmata los cauces naturales. Un fenómeno natural que aceleró este proceso de colmatación de cauces fue la erupción del volcán Chichonal en 1982.

Otro factor de gran peso en el comportamiento de las inundaciones anuales en la entidad y el Municipio es la construcción indiscriminada de infraestructura que modifica y afecta el libre tránsito del agua. La edificación de caminos, ductos, drenes, canales y obras de protección que se han realizado contra las inundaciones, han perdido de vista en múltiples ocasiones el efecto que tienen sobre los patrones naturales de escurrimiento (figura 5.2.31). Estos cambios sobre los patrones pueden a su vez modificar de forma drástica los cálculos y escenarios planteados en las modelaciones hidrológicas.

Por lo tanto es importante destacar que lo que se presenta en este apartado son escenarios que se cumplen bajo determinadas características y condiciones de partida, y que sirven de base para determinar criterios de apoyo a la toma de decisiones. No obstante, aun cuando la información utilizada en este trabajo para el modelamiento de los escurrimientos es lo más actual en contenido y tecnología disponible, estos escenarios se pueden y deben mejorar con el paso del tiempo incorporando registros y estudios detallados de los efectos y fenómenos que afecten al territorio en estudio durante los próximos años.

De la misma manera, debe señalarse que con los datos que se entregan a las autoridades municipales en este trabajo, se pueden elaborar nuevos escenarios que permitan analizar la situación ante una condición inicial en particular. Los datos y ejemplos que se analizan en este apartado, corresponden a la simulación del comportamiento de las inundaciones para diferentes periodos de retorno. Estos escenarios responden a condiciones de partida específicas de precipitación pluvial y escurrimientos que muestran los alcances y efectos de los escenarios seleccionados, sin menoscabo de los que se puedan consultar y elaborar a partir de la base de datos correspondiente.

En color rojo se encuentran las áreas con mayor tirante de inundación y que asimismo son aquellas que se ven afectadas con mayor frecuencia por ser las zonas más bajas del municipio. Por lo anterior, aunque no presentan en general velocidades muy altas se clasifican como de Peligro Muy Alto. Eso significa que el promedio de su tirante de agua en eventos que tienen un periodo de retorno de 2 años y superan el metro con treinta centímetros de profundidad. La escala de colores utilizada en la simbología de la cartografía elaborada para este Atlas se puede consultar en la figura 5.2.32.

Esta áreas se caracterizan por ser en su gran mayoría cuerpos de agua temporales. Es decir, en tiempo de lluvias se cargan de humedad, pero en tiempo de secas desaparecen prácticamente por completo.

En un segundo grupo denominado Peligro Alto, se encuentran aquellas áreas con tirantes de inundación entre 0.85 m al 1.3 m. También son áreas de baja velocidad en la planicie y su frecuencia de inundación es más larga, por lo que son eventos que se pueden presentar cada 5 años en promedio. Por lo regular son áreas más extensas en el Municipio y afectan zonas agrícolas y pecuarias que genralmente resultan vecinas a los asentamientos humanos.

En tercer lugar se encuentran las áreas de Peligro Medio. Estas por lo general presentan un tirante de inundación ubicado entre 0.6 y 0.85 m. Para alcanzar este tirante, las áreas señaladas requieren un periodo de retorno aproximado de entre 10 y 15 años. En cuarto sitio, se encuentran las áreas declaradas como zonas de Peligro Bajo en función del tirante de inundación que alcanzan. Estas áreas por lo regular pueden alcanzar tirantes de entre los 30 y 65 cm y la velocidad del agua no excede de los 0.45 m/s. Para el Peligro Muy Bajo se encuentran las zonas con un tirante de inundación entre 0 y 30 cm y una velocidad de escurrimiento menor a 0.4 m/s. Estas áreas se presentan para fines de la zonificación como zonas con periodos de retorno largos de entre 20 y 50 años.

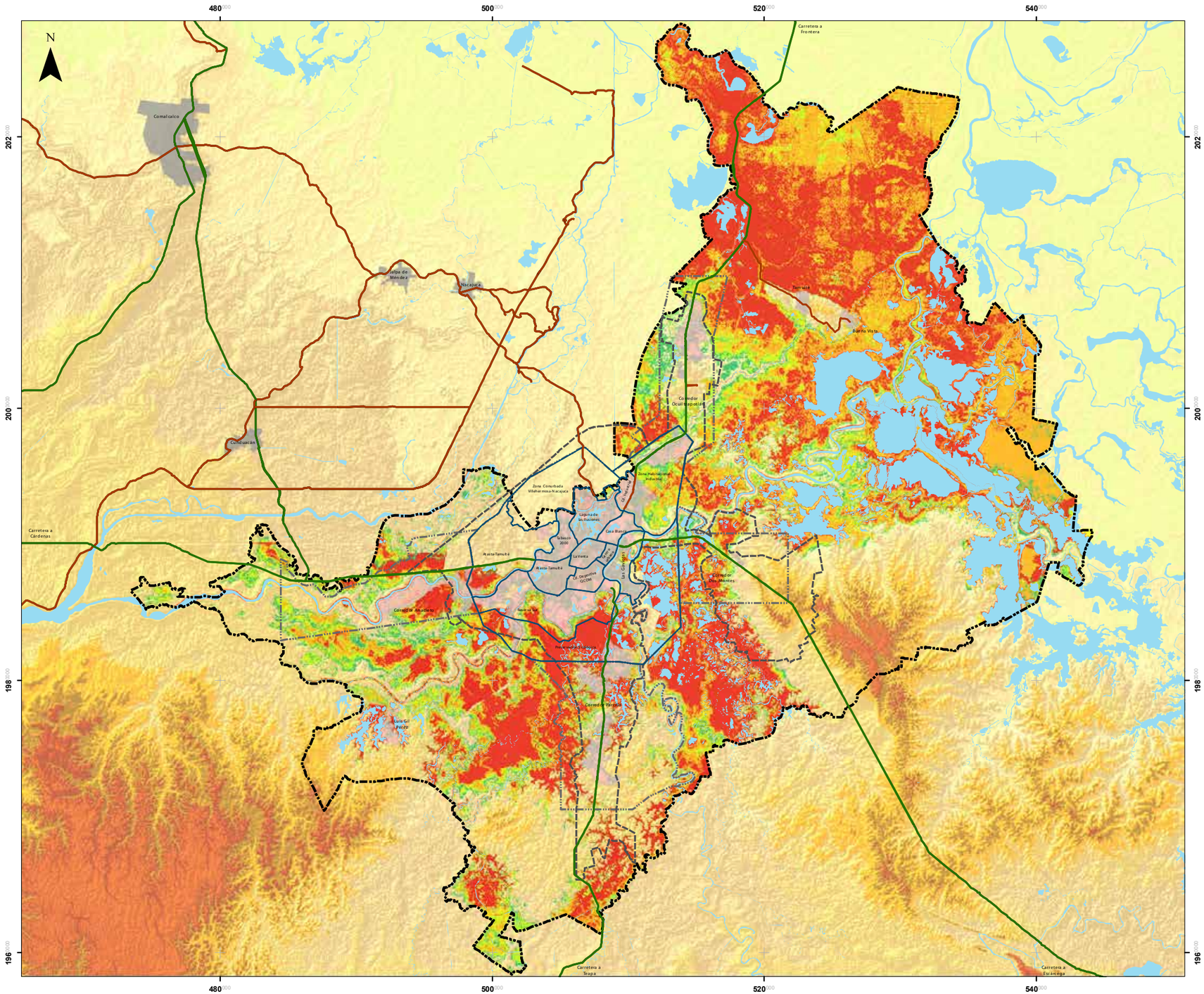
Inundaciones en el Municipio de Centro

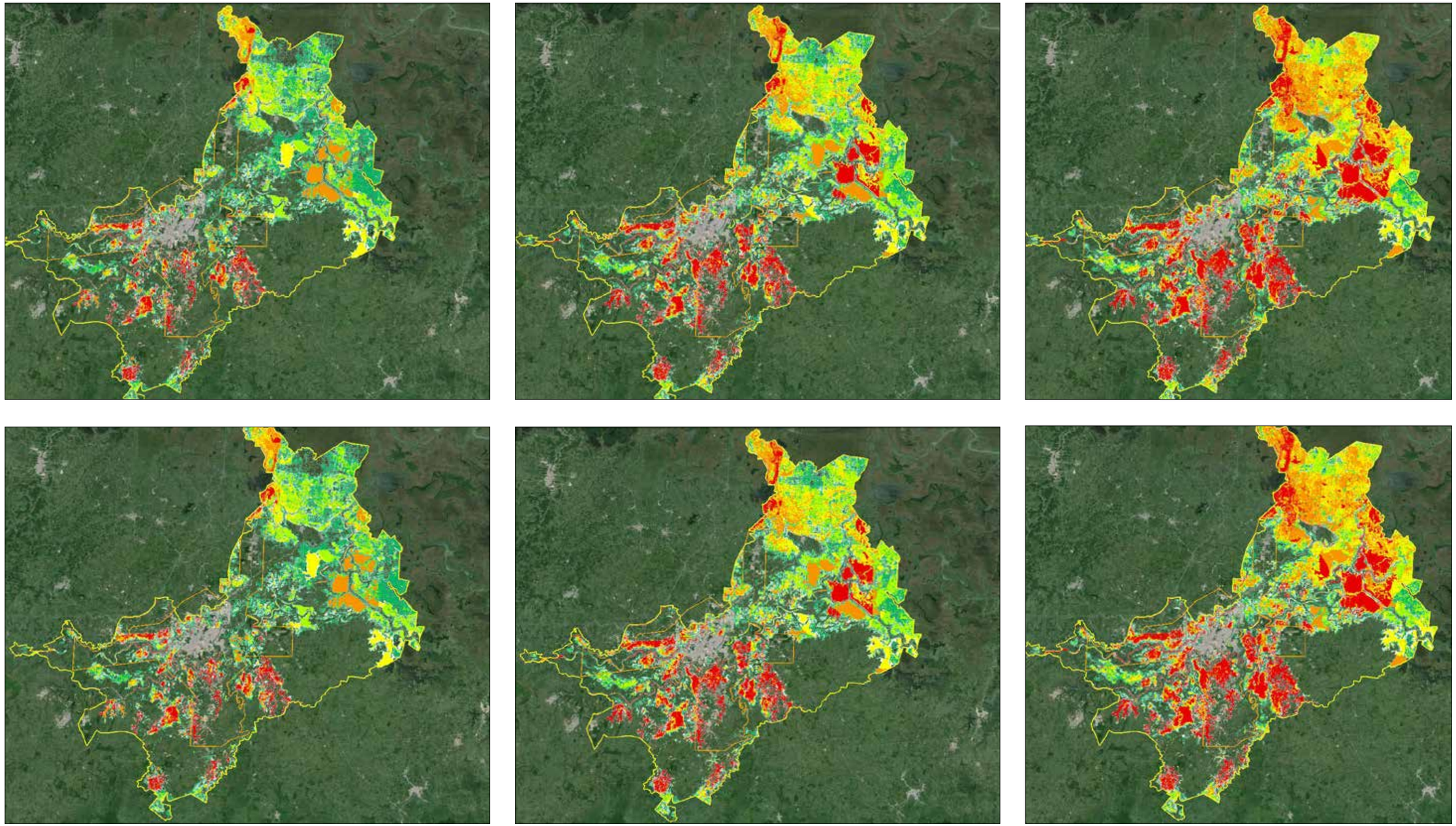
Como se puede apreciar en el Mapa 5.18. las áreas de mayor impacto por este fenómeno perturbador en el municipio de Centro se encuentran distribuidas en la zona sur, sureste y este de la ciudad de Villahermosa, como resultado de la influencia del río de la Sierra que no tiene el mismo control que el río Carrizal.

Actualmente una de las zonas de primer impacto en los procesos anuales de inundación se encuentran en la zona de Protección Ecológica (PEC). Justamente en esta zona se encuentra una gran cantidad de áreas de humedal que se benefician de los procesos de inundación para mantener su riqueza de especies. Además, son importantes áreas que ayudan a mantener el control natural de la inundación, por lo que no se debe limitar de forma alguna el acceso del agua para mantener la circulación natural sin modificar los patrones de escurrimientos.

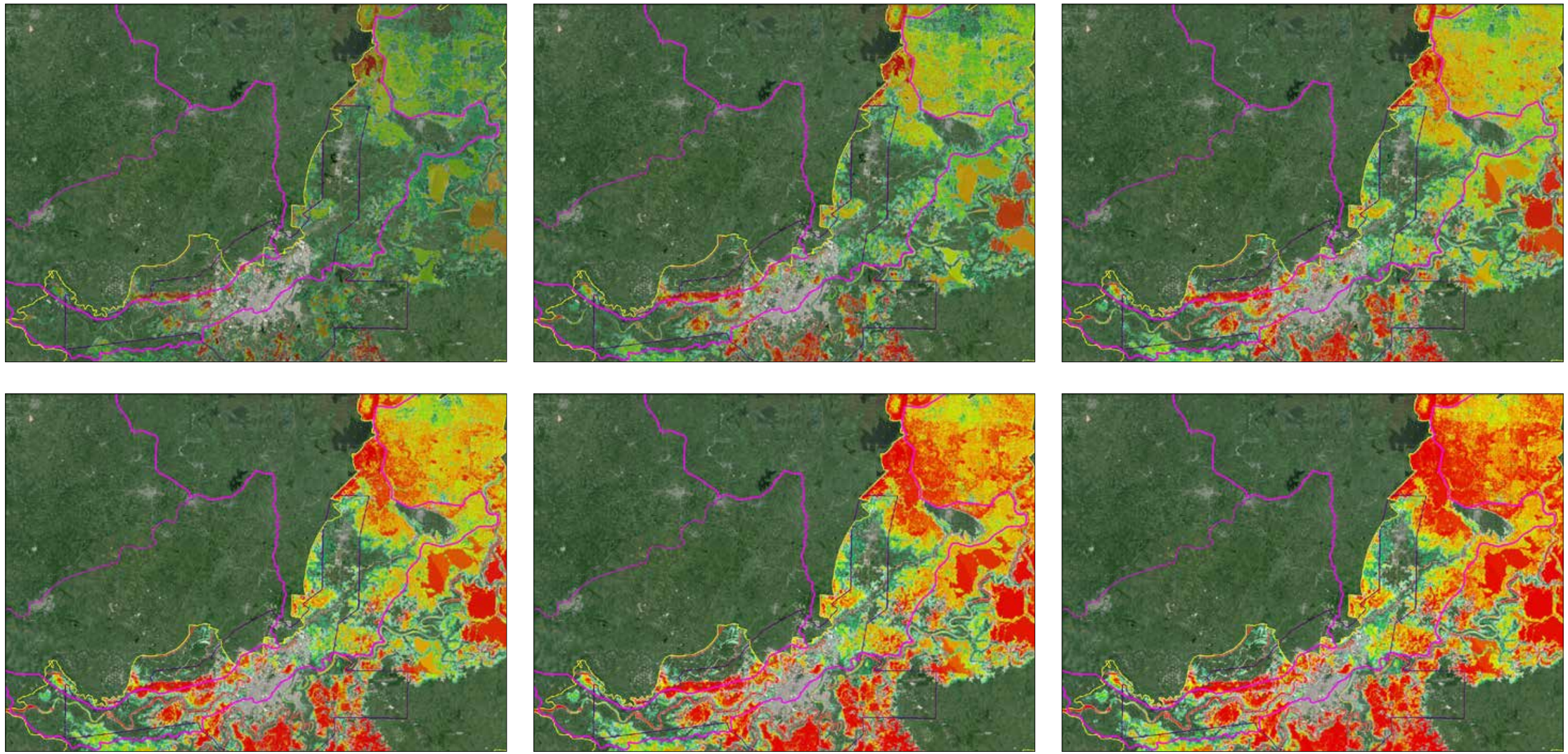
En los Mapas 5.19. al 5.24. se muestran las láminas de inundación para el municipio de Centro en diferentes periodos de retorno.

Estas se encuentran categorizadas conforme a los criterios del diagrama Dórrigo señalado por la SEDATU como base para la definición de zonas de amenaza por inundación.


480000
500000
520000
540000
202000
200000
198000
196000
N
Comalcalco
Jalpa de Méndez
Nacajuca
Cunduacán
Tamulté
Buena Vista
Carretera a Frontera
Carretera a Cárdenas
Carretera a Teapa
Carretera a Escárcega
Corredor Ocuilzapotlán
Corredor Villahermosa-Nacajuca
Corredor Ribereño
Corredor Tamulté
Corredor Río Mezcalapa
Corredor Anacleto
Corredor Tierra Blanca
Zona Habitacional Industrial
Zona Conurbada Villahermosa-Nacajuca
Laguna de las Ilusiones
Tabasco 2000
Casa Blanca
La Venta
Atasta-Tamulté
Atasta-Tamulté
Ex Deportivo CICOM
Las Gaviotas
Tierra Blanca
Tierra Blanca
Río Seco
Río Seco
Río Seco



Mapas 5.19. al 5.24. Escenarios de inundación para diferentes periodos de retorno en el municipio de Centro.



Mapas 5.25 al 5.30. Escenarios de inundación para diferentes periodos de retorno en el río Carrizal. Arriba izquierda Tr= 2 años; arriba en medio Tr= 5 años; arriba a la derechaTr = 10; abajo a la izquierda Tr = 20 años; abajo en medio Tr = 50 años; abajo a la derecha Tr = 100 años.

Río Carrizal

En la zona que corresponde al río Carrizal, como se ha expuesto en párrafos anteriores, existe un gran número de obras de protección que mantienen el área con una baja probabilidad de recibir los efectos de una inundación.

En el tramo del Macayo a la entrada de la ciudad de Villahermosa, se encuentran un camino vecinal que prácticamente funciona como un bordo de contención, por lo que esta zona se ha mantenido sin inundaciones en las crecientes de 1999 y 2007 consideradas las más fuertes registradas en los últimos cincuenta años. No obstante, algunos arroyos y escurrimientos que conectan la margen izquierda del río pueden en ocasiones ingresar agua a las zonas bajas que se encuentran en la parte posterior de las rancherías González y Anacleto Canabal. Incluso algunas de estas áreas en tiempo de lluvias pueden crecer hasta conectar con la laguna de Loma de Caballo.

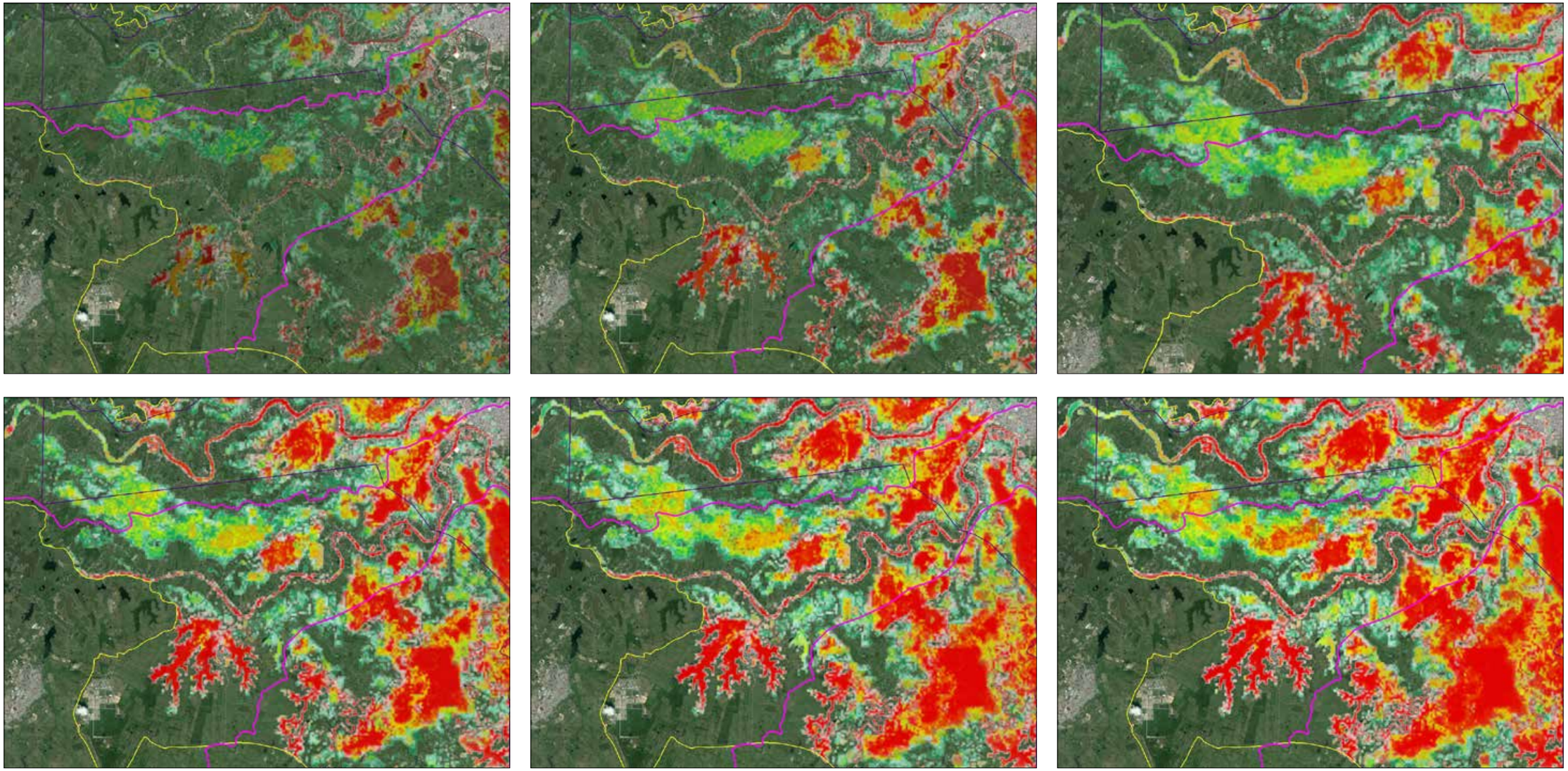
Ya en el tramo que bordea la zona poniente de la Ciudad, el paso del río se encuentra ampliamente protegido por la margen derecha con un muro de contención que no fue rebasado en el evento ocurrido an el año 2007. Sin embargo, sobre la margen izquierda del río se encuentran algunas zonas bajas que han sido superadas por las aguas del río en los eventos previos y que pueden en algunas ocasiones llegar a causar estragos en las zonas más bajas, así como en las áreas de entrada de afluentes a las zona bajas.

Por supuesto, hay que destacar y no perder de vista la posibilidad de que en el caso de que se presentara una falla de la infraestructura de protección, la entrada de agua podría llegar a ser tan violenta que se inundaría una importante zona en ambas márgenes del río, lo que podría causar pérdidas económicas muy elevadas e incluso algunas vidas humanas.
En estos casos, es necesario tener presente que la población que se encuentra establecida en estas zonas, debe estar preparada para la presencia de un fenómeno de esta naturaleza. De entrada hay que señalar puntualmente que estas zonas no son adecuadas para situar asentamientos humanos, ni actividades que permitan la agrupación de personas en ella. Sin embargo, en caso de que existan asentamientos en el área, se debe concientizar a la población de los peligros existentes, los riesgos y se les debe brindar información sobre las medidas a tomar en caso de una emergencia.

Más adelante rumbo a la salida de la Ciudad, el río carrizal encuentra un arroyo que ahora funciona como una medida de liberación y que recorre la división municipal entre los municipios tabasqueños de Nacajuca y Centro en lo que se constituye como la zona conurbada Villahermosa - Nacajuca.

La parte más intensa de los efectos de este río se dejará sentir en la parte norte, cuando esta corriente se une al río de la Sierra. A partir de esta intersección se considera como zona norte.

En los Mapas 5.25. al 5.30. se pueden observar los escenarios de inundación para los periodos de retorno 2 años, 5 años, 10 años, 20 años, 50 y 100 años en el río Carrizal.



Mapas 5.31 al 5.36. Escenarios de inundación para diferentes periodos de retorno en el río Viejo Mezcalapa. Arriba izquierda Tr= 2 años; arriba en medio Tr= 5 años; arriba a la derecha Tr = 10; abajo a la izquierda Tr = 20 años; abajo en medio Tr = 50 años; abajo a la derecha Tr = 100 años.

Río de la Sierra

El río de la Sierra se integra por varios afluentes pocos kilómetros antes de su entrada a la Ciudad de Villahermosa.

Uno de estos afluentes es el río Viejo Mezcalapa. Este río es un brazo del sistema Mezcalapa - Grijalva. Sin embargo, desde hace muchos años perdió su conexión, por lo que el caudal principal seguramente formó el cuerpo del río Carrizal. Ante la falta de corriente el río fue colmatando y perdiendo su cauce, por lo que en la actualidad el agua que transita por este cauce es derivada de las entradas que en tiempo de crecientes entran al sistema por parte del río de la Sierra y una segunda parte por los escurrimientos de la precipitación propia de la cuenca.

Otra parte de los aportes al río provienen de los sistemas de drenaje que descargan libremente en el cuerpo de río por lo que es uno de los sitios más contaminados del municipio.

En el tramo que bordea la zona poniente de la Ciudad, el paso del río se encuentra ampliamente protegido por la margen derecha con un muro de contención que no fue superado durante la inundación que se presentó en 2007. Sin embargo, debe señalarse que el lado izquierdo del río no cuenta con ningún tipo de protección, por lo que en caso de un desbordamiento el agua se extiende libremente por la planicie inundando parte de la zona sur del área urbana del Centro

Esta zona a que se hace referencia, resulta importante debido a que en ella se están construyendo un gran número de viviendas, que por lo regular se realizan con un relleno de tierra que pone bajo resguardo a la población de esas áreas.

Este tipo de técnicas compromete la viabilidad en el flujo de los escurrimientos y provoca elevaciones en el tirante de otras áreas, por lo que se debe reducir al mínimo este tipo de práctica.

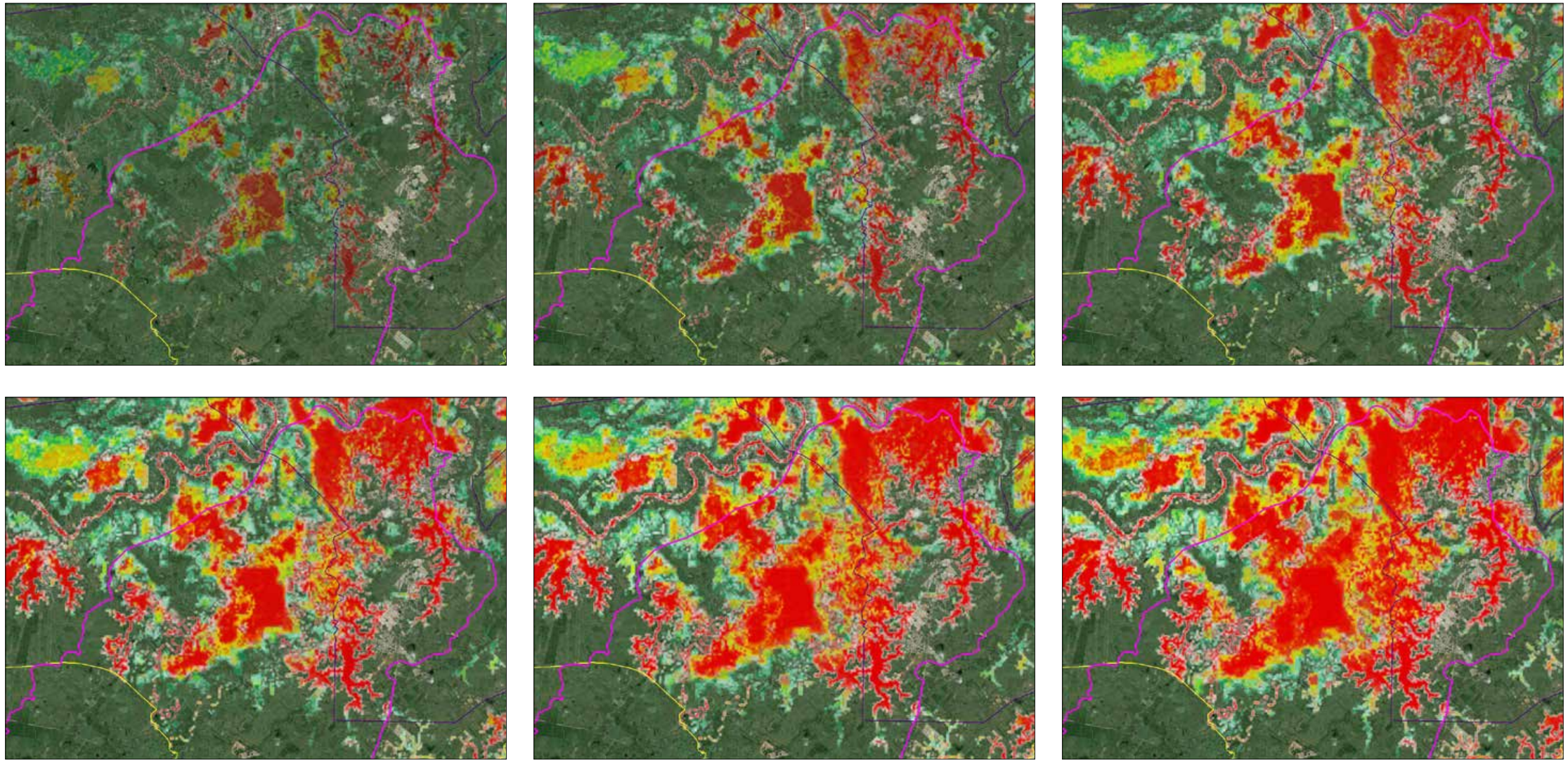
En los Mapas 5.31. al 5.36. se muestran las láminas de inundación para el municipio de Centro en diferentes periodos de retorno para el río Viejo Mezcalapa.

Arriba a la izquierda. Muro de contención en la margen derecha del río Viejo Mezcalapa.

A la derecha una secuencia de tres imágenes que muestran las características del cauce del río Viejo Mezcalapa. Arriba el inicio del cauce ya colmatado.

En la parte media el cauce con vegetación hidrófita superficial y signos de colmatación.

Abajo el cauce casi a su salida al río de la Sierra con abundante vegetación hidrófita superficial.



Mapas 5.37 al 5.42. Escenarios de inundación para diferentes periodos de retorno en el río Pichucalco. Arriba izquierda Tr= 2 años; arriba en medio Tr= 5 años; arriba a la derecha Tr = 10; abajo a la izquierda Tr = 20 años; abajo en medio Tr = 50 años; abajo a la derecha Tr = 100 años.

Un segundo elemento que igualmente forma parte del río de la Sierra, es el río Pichucalco o río Tepate. Este escurre desde la parte norte de Chiapas y a su paso por la planicie Tabasqueña modifica sus características incrementando su sinuosidad y disminuyendo la velocidad de tránsito.

Su profundidad es menor que la de los grandes ríos, por lo que con los escurrimientos que capta de la zona serrana se desborda rápidamente al entrar en territorio tabasqueño. Esta situación propicia la formación de importantes zonas de inundación en la parte cercana a Alvarado y en la parte poniente de Playas del Rosario.

Un elemento adicional que propicia la disminución de la intensidad de la corriente y los desbordamientos en áreas del Municipio, es el diferencial de presión que se origina en la salida al río de la Sierra. Ahí al igual que en el río Viejo, se detiene el flujo de la corriente y en ocasiones se revierte la dirección. Por lo que su zona de influencia es extensa.

Finalmente, el ramal que mayor caudal aporta al sistema es el río de la Sierra. En la zona de influencia de este río se pueden observar áreas de inundación en ambos lados del mismo.

Por la parte izquierda hay una gran zona de inundación que afecta la parte oriente de Parrilla y por la margen derecha existen unas estructuras de control que permiten la desviación de parte del caudal del sistema hacia una zona de inundación en la parte trasera de las Gaviotas conocida como los Zapotes.

Esta zona de amortiguamiento tiene una gran extensión y desemboca al río mediante los Zapotes. Estos son un par de arroyos que apoyados con un puente permiten el flujo de toda el área de amortiguamiento mencionada.

Zonas de inundación del Río Pichucalco.

Escotadura del Censo sobre el Río de la Sierra.

Como se puede apreciar en los Mapas 5.37. al 5.42. las áreas de mayor impacto por este fenómeno perturbador para esta zona corresponden a la zona de Preservación Ecológica (PEC) que se encuentra señalada en color rojo en la mayoría de los modelos.

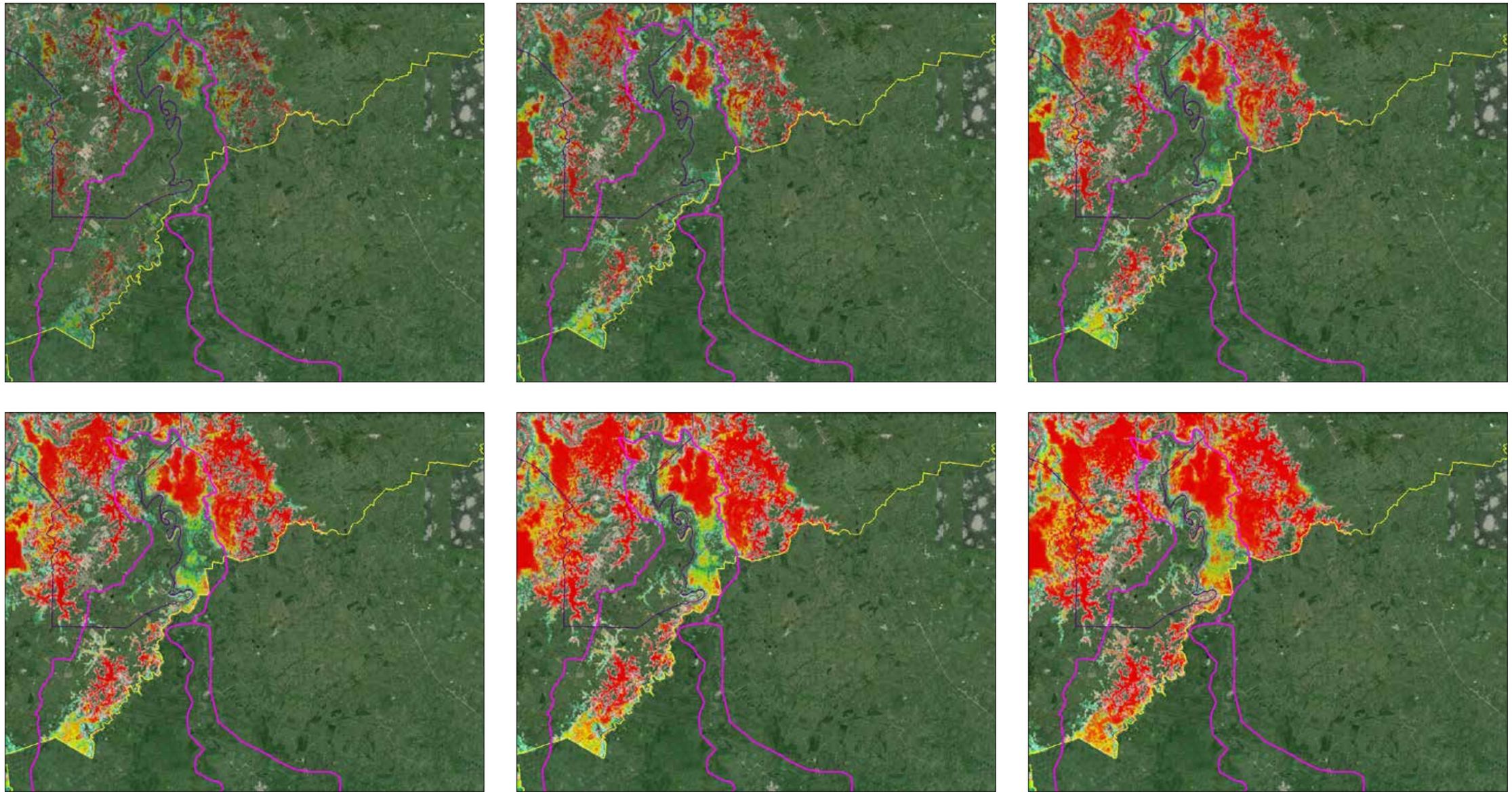
Un segmento adicional se encuentra conformado por las áreas que se observan impresas en color naranja, las cuales resultan por lo regular vecinas a los asentamientos humanos y tienen una frecuencia de inundación ligeramente menor que las de color rojo. En color amarillo se encuentran declaradas zonas de Peligro Medio en función del tirante de inundación y la velocidad del agua

Los principales fraccionamientos y comunidades afectados en la zona por el fenómeno perturbador son: Tumbulushal, Pueblo Nuevo de las Raíces, La Lima, La Huasteca 1ra sección, Guapinol, Estanzuela 1ra sección, La Isla y Parrilla.

En lo concerniente al territorio específico de la ciudad de Villahermosa, debido a las obras de protección la Ciudad, prácticamente ha quedado con un grado de Peligro Muy Bajo, ya que la CONAGUA especifica que los muros y obras de protección construidos están calculados para un periodo de retorno de cien años.

Sin embargo, es muy importante señalar que en caso de que se llegaran a presentar una serie de eventos extraordinarios conjuntos, haciendo sinergia con otros que ocurran en la cuenca alta, la Ciudad podría inundarse si la capacidad de carga del río se ve excedida.

Este escenario tendría graves consecuencias, debido a que el agua entraría a la Ciudad en cuestión de minutos y la velocidad de entrada del agua sería superior a la normal. Bajo estas condiciones, las inundaciones some-



Mapas 5.43 al 5.48. Escenarios de inundación para diferentes periodos de retorno en el río de la Sierra. Arriba izquierda Tr= 2 años; arriba en medio Tr= 5 años; arriba a la derecha Tr = 10; abajo a la izquierda Tr = 20 años; abajo en medio Tr = 50 años; abajo a la derecha Tr = 100 años.

ras y relativamente tranquilas a las que los ciudadanos del Centro están acostumbrados son cosa del pasado.

Esta misma situación podría llegar a presentarse en el caso de que por alguna falla o accidente los muros de protección sufrieran algún daño que permitiera la entrada violenta del agua como se ha señalado.

Otras áreas afetadas se encuentran en el Distrito XI Reserva Sur como la ranchería Ixtacomitán, Ixtacomitán 3ra sección, colonia Plutarco Elías Calles, la zona aledaña a Hacienda Esmeralda. Estas áreas han crecido fuertemente en los últimos años y su crecimiento ha sido sin supervisión por lo que los problemas en el área son importantes. En lo que a asentamientos humanos se refiere, estos presentan diferentes grados de peligro, sin embargo, una parte importante de esta zona, sobre todo la ubicada hacia la margen derecha del río Viejo se encuentra en Peligro Muy Alto.

En la zona Norte de la Ciudad, hacia el área del Corredor Urbano Macultepec - Ocuiltzapotlán poblaciones como Tierra Amarilla 3ra sección, Paso Real de la Victoria, Medellín y Madero 2da sección, Lagartera 1ra sección, el Zapotal, Constitución, Macultepec, Ocuiltzapotlán, Medellín y Pigua 3ra sección, Reforma Santa Isabel, Fraccionamiento ISSET, Fraccionamiento Ocuiltzapotlán, Fraccionamiento Las Rosas, San Isidro, Fraccionamiento La Ceiba, Villa Unión, entre otros presentan Peligro Alto a Medio.

En el Distrito VI Tierra Colorada – Laguna de las Ilusiones, Distrito VIII Ciudad Industrial y Distrito IX Zona Habitacional Ciudad Industrial, presentan un grado de Peligro Muy Bajo por inundación. Únicamente el Fraccionamiento Ciudad Industrial III, así como el Fraccionamiento Lagunas, ambos pertenecientes a la Zona Habitacional de Ciudad Industrial Distrito IX, se encuentran asentados en una zona con Peligro Alto.

A pesar de que en el resto del territorio de estos distritos el peligro es muy bajo, es importante señalar que algunas partes, sobre todo las pertenecientes al Distrito IX Zona Habitacional Ciudad Industrial, se encuentran rodeadas de áreas con grado de Peligro Alto y Medio, principalmente porque son zonas inundables que captan los excedentes de agua cuando el río desborda. Lo anterior favorece a estos distritos, ya que el agua escurre hacia las zonas bajas, lo que evita que las áreas de asentamientos humanos se vean perjudicadas.

Referente al Centro Metropolitano Luis Gil Pérez, este se encuentra establecido en una zona de Peligro Muy Bajo y cuenta a su alrededor con cuerpos de agua como la laguna del Pueblo y Huapacal, así como zonas inundables hacia las cuales escurren las aguas y se acumulan sin causar efectos indeseables en la zona de los asentamientos humanos.

Es importante señalar que estas condiciones corresponden a un lote de información particular que establecen una serie de condiciones para la modelación, por lo que si las condiciones cambian los resultados del modelado cambiarán igualmente. Esto significa que, si las condiciones del entorno cambian (por efecto de construcciones y rellenos, entre otros), el escenario para la zona de los asentamientos humanos también se modifica, aumentando las probabilidades de sufrir consecuencias por efecto del desborde de los ríos y de anegamiento.

En una zona cercana al Corredor Urbano Macultepec - Ocuiltzapotlán, pero sin pertenecer al mismo, se encuentran ubicados los Centros Metropolitanos Tamulté de las Sabanas y Buena Vista 2da sección. Estos centros de población, al igual que Tocoal presentan un Peligro por inundación Muy Bajo. Estas localidades se encuentran rodeadas de zonas de amortiguamiento que hasta el momento no han sido ocupadas como asentamientos humanos, no se ha construido ningún tipo de infraestructura, ni se han rellenado, lo que las beneficia ampliamente al contar con amplios espacios para la distribución del agua.

Otras localidades que pueden presentar problemas por inundación y que no se encuentran integradas a un distrito dentro de la zona urbana son: Álvaro Jimbal, Anacleto Canabal 2da sección, Anacleto Canabal 3ra sección, Aztlán 2da sección (El Corcho), Aztlán 4ta sección (El Bajío), Barrancas y Guanal González, Barrancas y Guanal López Portillo, Boquerón 1ra sección (San Pedro), Boquerón 2da sección, Boquerón 4ta sección (Laguna Nueva), Buena Vista 1ra sección, Buena Vista 2da sección, Buena Vista Río Nuevo 1ra sección, Buena Vista Río Nuevo 2da sección, Buena Vista Río Nuevo 3ra sección, Buena Vista Río Nuevo 4ta sección, Corregidora Ortiz 5ta sección, Estancia Vieja 1ra sección, González 2da sección, Guineo 1ra sección, Guineo 2da sección, Hueso de Puerco, Ixtacomitán 2da sección, Ixtacomitán 4ta sección, Medellín y Madero 3ra sección, Pablo L. Sidar, Pablo L. Sidar (Guineo), Luis Gil Pérez, Miramar, Parrilla II, Plátano y Cacao 4ta sección, Playas del Rosario (Subteniente García), Río Tinto 2da sección, Río Tinto 3ra sección, Río Viejo 1ra sección, Río Viejo 2da sección, Río Viejo 3ra sección y Tamulté de las Sabanas.

Cabe señalar que en la lista se hace mención conforme el área de las localidades más cercanas, esto debido a que en la mayor parte de las ocasiones, las viviendas afectadas se encuentran en la zona periférica y se desconocen los límites oficiales de las comunidades rurales.

En los Mapas 5.43. al 5.48. se pueden observar los escenarios de inundación para los periodos de retorno 2 años, 5 años, 10 años, 20 años, 50 y 100 años en el río de la Sierra.

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se define como la predisposición de un sistema a sufrir afectación ante la acción de una situación de amenaza específica. Como tal, la vulnerabilidad debe evaluarse y asignarse a partir de las características de cada uno de los componentes expuestos y para cada uno de los tipos de amenaza considerados.

Para efectos del presente estudio, se hace una clara diferenciación entre vulnerabilidad estructural (física) y vulnerabilidad humana. La vulnerabilidad estructural se refiere al daño o afectación que sufre un activo determinado ante una amenaza dada. Usualmente se mide en términos de un porcentaje medio de daño o valor económico requerido para reparar el bien afectado y llevarlo a un estado equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento y la incertidumbre asociada.

Por otro lado, la vulnerabilidad humana hace referencia al nivel de afectación a los ocupantes de una edificación en términos de número esperado de víctimas, heridos o en general cualquier nivel de afectación que se defina, en función de la intensidad del fenómeno amenazante.

La vulnerabilidad se expresa por lo tanto en términos de la llamada "función de vulnerabilidad". La función de vulnerabilidad define la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico. Se define mediante curvas que relacionan el valor esperado del daño y la desviación estándar del daño con la intensidad del fenómeno amenazante.

La mejor forma de generar las funciones de vulnerabilidad es a través del análisis de información producto del registro de los daños que provoca un fenómeno. Sin embargo, existen otros métodos que pueden considerar estudios experimentales de componentes estructurales o a través de funciones publicadas en la bibliografía internacional.

Vulnerabilidad ante inundacionesy anegamiento

La función de vulnerabilidad ante una inundación se desarrolla para los diferentes tipos constructivos característicos de la región. Esta se trabaja en función de dos parámetros principales: la profundidad de las aguas de inundación y la velocidad máxima del flujo.

Cuando la inundación se produce por efectos de un flujo de alta velocidad, los daños se asocian principalmente a fallas estructurales, socavamiento de estructuras, volteo y arrastre. Estos generalmente vienen acompañados con grandes cantidades de basura, vegetación y sedimentos que pueden incluso sepultar comunidades completas. En estos casos la pérdida por lo regular es total.

Sin embargo, cuando la velocidad del agua no es factor preponderante, los daños están centrados en la pérdida de muebles y documentos, así como otras amenazas asociadas como puede ser la presencia de animales silvestres y/o electrocución.

En esta sección del Atlas se presentan las funciones de vulnerabilidad desarrolladas para daños por inundación en los contenidos y estructuras, mismas que pueden ser utilizadas con diferentes configuraciones y contenidos (figura 5.2.49.). Los resultados finales se proponen para casas de un solo piso y se utilizan para el efecto, valores promedio para su análisis.

La expresión utilizada representa el daño para estructuras de un nivel y es una función polinomial de tercer grado que inicia en cero (CAPRA, 2009).

De esta forma se calcula el daño en función del valor de la vivienda o bien del contenido estimado de la misma. En la Figura 5.2.50. se puede observar una gráfica de la función de vulnerabilidad para viviendas.

$$\delta_{N1}(t) = a \cdot t^3 + b \cdot t^2 + c \cdot t$$

Donde:

t = Profundidad de inundación para el sitio analizado.

a, b, c = Constantes que definen el ajuste de la función a los valores promedio.

Figura 5.2.49. Función de vulnerabilidad para inundaciones y anegamiento vivienda. El cálculo se realiza para un solo nivel.

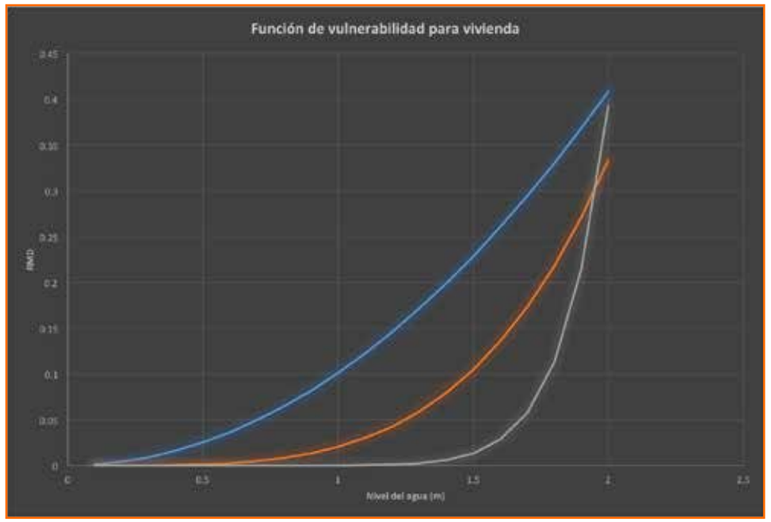


Figura 5.2.50. Gráfica de la función de vulnerabilidad presentada. De acuerdo al nivel de agua presentado se toma el valor del bien y se multiplica por el Riesgo Medio de Daño (RMD) para obtener el monto estimado del mismo.

Características de la vivienda.

Antiguamente, las viviendas según su ubicación y estatus eran una combinación de elementos constructivos que utilizaban barro, madera y/o jahuacte y palma. Si la vivienda era rural, para los pilares y los travesaños se utilizaba madera dura como el zapote y el tinto. Esta madera tiene la característica de resistir la constante humedad del medio. El techo de palma, es fresco y era una planta abundante. La construcción carecía por lo regular de ventanas y puertas. La mayoría de las viviendas tenían un tapanco que servía de almacén y refugio en caso de inundación.

La vivienda era ocupada por familias extensas, por lo que los solares tenían varias viviendas interrelacionadas. En caso necesario, la casa se desarmaba, se metía lo indispensable en los cayucos y la familia cambiaba de lugar de residencia.

Salvo en las zonas rurales donde aún se conservan algunas de las viejas costumbres, actualmente se ha impuesto la vivienda moderna. Esta se encuentra desplantada sobre una cimentación ligera o inexistente, por lo que los muros de block de cemento se sostienen con cadenas y castillos. La falta de cimentación y de un proyecto de construcción hace que la vivienda presente fisuras y asentamientos que en su mayoría se atribuyen a la industria petrolera.

El techo puede ser una losa de concreto[1], lámina de asbesto, lámina de zinc y algunas de teja de barro. En las zonas rurales, el 50% de las viviendas observadas presentan techos de lámina de zinc, lo que resulta resistente para las condiciones de lluvia. Sin embargo, en la época de calor, este tipo de material tiende a calentarse en exceso y la temperatura al interior de las viviendas se incrementa durante el día, lo que va en detrimento de las condiciones de vida de los habitantes de las localidades visitadas. Aunque también debe señalarse que las láminas pierden calor con rapidez, por lo que pueden también ayudar a las viviendas a refrescarse con mayor velocidad, en caso de que las temperaturas desciendan.

Los pisos de la vivienda son en su mayoría de cemento. Este puede ser rústico o pulido y representan el 92% de las viviendas visitadas. En las zonas urbanas el 90% de las viviendas presentan pisos de mosaico y solo un 2% mantienen aún pisos de tierra. El resto son de cemento pulido. Para el Municipio en general, solo 3.4% de las viviendas tienen todavía piso de tierra.

En las zonas urbanas el tipo de muro predominante es de block con acabado rústico de repello de arena y cemento, esta característica representa poco más del 95% de la vivienda. En zonas rurales se encontró otro tipo de materiales como la madera (4%) y lámina de zinc (3%).

En cuanto a las instalaciones al interior de la vivienda, en las zonas urbanas la mayor parte de ellas presenta instalaciones ocultas tanto para la electricidad como para el agua potable, mientras que en la zona rural no existe una instalación formal, por lo que la mayoría cuenta con instalaciones hechas por los mismos habitantes de la casa, que se sobreponen o adecuan a la misma.

Tipología de la vivienda adecuada

Para clasificar la vivienda se utilizó la tipología desarrollada por la SEDATU, en ella se describen los componentes y materiales con los que se realiza la clasificación (cuadro 5.2.18).

Con esta herramienta se determinó que en las zonas urbanas, el 90% de las viviendas son de tipo permanente y un 8% son de tipo semi - permanente, el restante son de tipo precaria y se encuentran diseminadas en zonas irregulares.

Por su parte en el ámbito rural, la mayor parte de la vivienda se encuentra dividida entre las de tipo permanente y semi - permanente, donde la primera ocupa un 75%, mientras que la segunda alcanza un 18%. El porcentaje restante se encuentra repartido en viviendas precarias.

Lo anterior significa que los daños ocasionados por un fenómeno de anegamiento o inundación para las condiciones estructurales de la vivienda no representan daños mayores en la estructura. La mayoría de los daños se registran en los acabados, en el azolvamiento de drenajes y coladeras y la necesidad de limpieza. Un segundo escalón de daños se presenta con relación al tiempo de retención de aguas. Mientras que los anegamientos urbanos son breves y no superan las 24 h, los que ocurren en zonas lagunares y aquellos por desbordamiento de cuerpos de agua, pueden generar además daños en puertas y ventanas de madera que por lo general solo se ven en zonas de vivienda de clases media y alta. Las viviendas de la clase social baja cuentan con puertas y ventanas externas de herrería, mientras que al interior no tienen puertas.

Por lo tanto, la mayor parte de los daños se presentan en el menaje de casa. En este sentido, es necesario precisar que hasta antes de la construcción de las obras de protección, las inundaciones eran paulatinas y se podían presentar en el transcurso de una semana con tirantes promedios de hasta 30 cm. Actualmente, gracias a las obras de protección, el esquema de las inundaciones ha cambiado; por lo que con la falla de un muro o bien de un bordo, se pueden registrar inundaciones de un tirante muy alto en cuestión de horas. Un ejemplo de esta situación sucedió en el año 2007 con el rompimiento del bordo de protección de la Colonia Gaviotas, lo que ocasiono pérdidas elevadas en vehículos y menaje de casa.

Tipo de vivienda	Características de la vivienda
Precaria o provisional	Son construcciones sin cimentación, que se elaboran mediante marcos estructurales de baja resistencia a las cargas (polines, palos, tubos etc.), estos a su vez son recubiertos con materiales prefabricados como láminas de asbesto, cartón, metal, plásticos, lonas, maderas o cualquier otro material provisional. No se utiliza algún tipo de cementante para unir las partes.
Semipermanente o no consolidada	Son construcciones que cuentan con cimentación o con algún tipo de estructura-base, donde el aglutinante principal es el cemento. Los muros están hechos de materiales pétreos aglutinados con cemento o con algún otro tipo de mortero. Cuentan con dalas de desplante, castillos y cadenas de concreto reforzados. El techo es de lámina de cartón, asbesto o metal, lonas o plásticos u otros materiales de mediana resistencia.
Permanente o consolidada	Son construcciones con estructura totalmente terminadas con o sin acabados que cuentan con los siguientes elementos estructurales: cimentación, muros de carga con castillos y cadenas o columnas y trabes, losa de concreto o algún otro material de alta resistencia.

Cuadro 5.2.18. Tipología de la Vivienda.
Fuente: Dirección General de Ordenamiento Territorial y de Atención de Zonas de Riesgo, 2014.

1. El techo de concreto por el tipo de clima no es el más adecuado a la región. Sin embargo, es la tendencia a seguir ante la falta de una propuesta apropiada. Por otro lado, la mayoría de los techos de losa son completamente planos por lo que dificultan el drenaje de las grandes precipitaciones que se registran en la zona.

ATLAS DE RIESGOS PARA EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO • 2015 •

CAPÍTULO

6

PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGOS ANTE FENÓMENOS ANTROPOGÉNICOS

“Si bien los accidentes vinculados a la actividad humana y en particular a aquellos que se relacionan con productos químicos son poco frecuentes, existen otras fuentes de amenaza que pueden constituir un serio peligro para la población y sus actividades.”

Brigadistas combatiendo incendio forestal en Tabasco.
Fotografía Vértice Tabasco

6.1
Fenómenos antropogénicos

El proceso de desarrollo del país va a la par con el incremento en los accidentes vinculados a la manipulación y transporte de sustancias químicas. En efecto, el establecimiento de industrias a lo largo y ancho del país demanda de insumos para la transformación en productos de consumo. Al igual que otros sectores, la industria y el manejo de productos químicos han crecido sin gran planeación, aprovechando las oportunidades que se han presentado. Una muestra de esto se presenta en la región sureste del país con el surgimiento de la explotación petrolera en las últimas décadas del siglo pasado. Los efectos aún son visibles en el territorio y en particular en Tabasco y su capital Villahermosa.

Efectivamente, con el surgimiento de la industria petrolera el estado de Tabasco se ve inmerso en una dinámica poco común e inicia la construcción de plantas de extracción y procesamiento de gas, ductos para transporte de combustible, pozos para la extracción y todo tipo de infraestructura vinculada a la extracción, exploración y transporte del petróleo.

A la par de este crecimiento se ha presentado un despunte en paralelo de empresas de servicios que apoyan a la industria en sus actividades. De esta forma, surgen múltiples talleres de metal mecánica, disposición y manejo de residuos de perforación, biorremediación, perforación, transporte, almacenamiento entre otros, que han aportado económicamente al Estado pero que se han distribuido aleatoriamente en la entidad en función de la oferta y la demanda de sus actividades debido a la falta de un instrumento de regulación específico.

Incendio de una pipa en la Colonia Carrizal, ciudad de Villahermosa en Noviembre de 2011.
La pipa transportaba 25,000 litros de diésel.
Fuente: Diario Presente.

De esta forma es posible ver en el Municipio, almacenes de gas, gasolina, diésel, explosivos, productos químicos y otros, que no solo son utilizados para apoyar a la actividad petrolera, sino que además prestan servicio al mercado interno, abasteciendo de productos a otras empresas ajenas al ramo del petróleo.

Si bien los accidentes vinculados a la actividad humana y en particular a aquellos que se relacionan con productos químicos son poco frecuentes, existen otras fuentes de amenaza que pueden constituir un serio peligro para la población y sus actividades. Por lo que en este capítulo se hace especial mención a los peligros derivados de la actividad humana en el municipio de Centro.

Muchas de las sustancias que se utilizan en la industria son peligrosas debido a sus propiedades de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, reactividad y corrosividad. Estas sustancias son clasificadas como peligrosas tanto

para su manejo como para su almacenamiento y transporte por parte de las diferentes normas nacionales e internacionales. Esta peligrosidad no solo representa un riesgo para las personas que trabajan en la industria, sino que también afectan de manera especial a la población y al ambiente que rodea al sitio de un siniestro.

Por lo que la mejor alternativa es prevenir estas situaciones evitando los desastres y con ello los altos costos sociales, económicos y ambientales que ocasionan.

Accidentes con sustancias químicas

Los accidentes relacionados con sustancias químicas pueden presentarse por diversas causas, entre las que se incluyen: fallas operativas en los procesos industriales, fallas mecánicas, errores humanos y causas premeditadas. Entre las fallas operativas más comunes se encuentran aquellos siniestros resultados de accidentes en el manejo y transporte de sustancias químicas, lo que puede desencadenar alguno de los siguientes efectos:

- Liberación a la atmósfera de gases tóxicos o corrosivos, aerosoles o partículas.
- Liberación de líquidos o sólidos peligrosos.
- Incendios o explosiones.

De manera general, los accidentes con sustancias químicas pueden provocar daños al ambiente, a las propiedades y a la salud de las personas que habitan o trabajan en los alrededores de las industrias, de las vías de comunicación o de los ductos que transportan estos materiales.

Efectos de los accidentes con sustancias químicas

Los efectos de estos siniestros pueden ocasionar efectos negativos sobre la población que incluso puede abarcar vidas humanas. Entre los más frecuentes destacan:

- Pérdida de la salud de la población a corto y a largo plazo (daños en piel, ojos y mucosas; quemaduras en el tracto respiratorio, nausea, vómito, daño renal, hepático, gastrointestinal, respiratorio o neurológico).
- Al ambiente: contaminación del suelo, aire y agua (superficial y subterránea).
- A las construcciones: daño a maquinaria y equipos, instrumentos, instalaciones industriales, casas y comercios.
- A la economía: suspensión de actividades productivas, pérdida de empleos, gastos de reconstrucción de viviendas y servicios públicos, así como gastos de auxilio a la población afectada.

El análisis de peligros antropogénicos es una tarea ardua, especialmente si la población considerada es grande y existen múltiples fuentes de peligro.

Debido a que un análisis completo de los peligros existentes puede requerir de una gran cantidad de recursos económicos, comúnmente se establece un proceso de selección inicial con objeto de limitar la profundidad del mismo y destinar los recursos al estudio de los peligros más importantes. El análisis de peligros se debe integrar al de vulnerabilidad y a la exposición de elementos en riesgo, para tener un conocimiento total del riesgo en el Municipio.

Para identificar los peligros que se presentan en el municipio de Centro se realizaron las siguientes actividades:

- Localización de instalaciones industriales y de servicios que manejan sustancias peligrosas.
- Identificación de la trayectoria y longitud de las tuberías que transportan sustancias peligrosas.
- Identificación de las principales rutas de transporte y distribución de sustancias y materiales peligrosos.
- Evaluación de la naturaleza de los peligros asociados, y finalmente
- Se determinó la naturaleza de los efectos probables a consecuencia de una liberación no controlada de material peligroso: incendio, explosión, contaminación y derrame de hidrocarburos.

Identificación de instalaciones industriales que manejan sustancias peligrosas.

Es común que en la industria se utilicen y/o elaboren diversas sustancias y materiales peligrosos.

De la misma forma, en las actividades comerciales, educativas y de servicios se emplean o manipulan dichas sustancias y materiales. Estos materiales y sustancias pueden representar una amenaza para una localidad o región con sus respectivos componentes. La amenaza

que esta sustancia representa para el sitio específico, depende no solo de las propiedades químicas o físicas de la misma, sino que también depende de la cantidad que se libera en un incidente.

En este sentido, debe destacarse que en el municipio de Centro, no existe un inventario de fuentes, así como tampoco de cantidades y condiciones de almacenamiento de sustancias y materiales químicos, lo que impide determinar con mayor detalle los alcances de un siniestro. Lo que sí es muy claro, es la urgente necesidad de establecer estrategias de colaboración entre los diferentes ámbitos de gobierno y los particulares que permitan obtener la referida información y consecuentemente puedan desarrollarse medidas pertinentes que den respuesta inmediata y eficaz en caso de ocurrir algún evento de este tipo.

Para el presente trabajo se realizó una identificación previa de las industrias que manejan sustancias peligrosas en el Municipio y que se encuentran registradas por la SEMARNAT, posteriormente se georreferenciaron y se verificaron las ubicaciones con trabajo de campo.

En el ramo del reciclaje de residuos peligrosos se encontraron registradas dos empresas. La primera de ellas denominada Cerecyt S.A. de C.V., dedicada al tratamiento de aguas aceitosas, lodos o sólidos sedimentados durante el tratamiento de agua residual industrial aceitosa, lodos o sólidos sedimentados en unidades de tratamiento biológicos, líquidos remanentes, lodos impregnados con hidrocarburos y residuos líquidos contaminados con hidrocarburos. La segunda empresa registrada por la SEMARNAT se denomina Ingeniería y Servicios Ecológicos Milenium, S.A. de C.V., esta se especializa en el manejo de filtros usados de aceite lubricante para automotores.

Por su parte las empresas que recolectan y transportan residuos peligrosos son más numerosas, alcanzando un total de 46. Algunos ejemplos de las mismas son: Maniobras Especializadas GSC S.A. de C.V., Comercial en Fletes México S.A. de C.V., Goico Soluciones Integrales Petroleras S.A. de C.V., IT Frame S.A. de C.V., Grupo Industrial de Tabasco S.A. de C.V., Fletera Automex S.A. de C.V., Transportes y Recolección de Residuos ACC S.A. de C.V., Arrendadora de Equipo y Maquinaria Especializada S.A. de C.V., Truman Transportes y Servicios Ecológicos S.A. de C.V., ACC Ingeniería y Servicios Especializados S.A. de C.V., Sanisur S.A. de C.V., Operadora Mexicana de Fletes S.A. de C.V., Grupo Olmeca Sureste S.A. de C.V., Ingeniería y Servicios Ecológicos Milenium S.A. de C.V., Competro S.A. de C.V., Corporativo de Ingeniería y Medio Ambiente S.A. de C.V., Trans Logistic S.A. de C.V., Constructora y Comercializadora Maya S.A. de C.V., Constin S.A. de C.V., Construlav del Sureste S.A. de C.V., Rik Soluciones S.A. de C.V., Corporativo de Servicios Ambientales S.A. de C.V., Ecoestrategias y Servicios Ambientales S.A. de C.V., Corpodren S.A. de C.V., RYF S.A. de C.V., Ramírez Ingenieros S.A. de C.V., Lubacu S.A. de C.V., Corporativo Panmel de México S.A. de C.V., Sercami Ambiental S.A. de C.V., Transportes & Servicios Especializados Hergol S.A. de C.V. y Lubricantes de Calidad Tabasco S.A. de C.V.

Los demás registros corresponden a personas físicas con actividad empresarial.

Otro renglón importante en el manejo de residuos peligrosos son aquellas empresas que se dedican al manejo de Biológicos infecciosos. Entre estas destacan Promotora Ambiental del Sureste S.A. de C.V., Residuos Industriales Multiquim S.A. de C.V., Lubacu S.A. de C.V., Corporativo de Servicios Ambientales S.A. de C.V., Ecoltec S.A. de C.V., GONHERMEX S.A. de C.V., Construlav del Sureste S.A. de C.V., Adambir S.A. de C.V., Medam S.A. de C.V., Administraciones y Tecnologías Especializadas a su Servicio S.A. de C.V., Lubricantes de Calidad Tabasco S.A. de C.V., Gestión y Soluciones para el Tratamiento de Residuos S.A. de C.V., Sercami Ambiental S.A. de C.V. y LMC Servicios Ambientales S.A. de C.V.

Finalmente, en las empresas pertenecientes al rubro 13, mismas que se encuentran orientadas al manejo de Bifenilos Policlorados, solo existe una y es Corporativo de Servicios Ambientales, S.A. de C.V.

Cada una de las referidas empresas se encuentra ubicada geográficamente en el mapa correspondiente, donde pueden ser consultadas.

Identificación de los ductos en el Municipio

La identificación de las tuberías superficiales y subterráneas existentes en el territorio municipal se realizó mediante el reconocimiento visual de los diferentes tipos de señalamientos que poseen las tuberías. Estos fueron georeferenciados para señalar la trayectoria de los ductos. De acuerdo a las Normas de Referencia de Petróleos Mexicanos (PEMEX) para ductos que transportan y distribuyen hidrocarburos, deben existir señalamientos y colores de identificación para identificar el producto que se transporta. Sin embargo, no se encontraron señalamientos que evidencien esta situación, por lo que se desconoce el producto transportado.

Procedimiento para la elaboración de mapas de peligro para el transporte de materiales peligrosos por ductos.

El procedimiento que se explica a continuación fue desarrollado considerando que existen las siguientes limitaciones:

- Carencia de registros sobre accidentes en ductos que transportan sustancias peligrosas.
- Indisponibilidad de información sobre las características de diseño y condiciones de operación de los diferentes ductos.
- Falta de información sobre el estado de conservación de los ductos que transportan sustancias peligrosas.

Determinación de la distancia de seguridad para el ducto

Para determinar la distancia de seguridad de un ducto, se utilizó el área definida por el derecho de paso establecido en la legislación local que concuerda con la distancia de seguridad establecida por Hernández *et al.* (2003). Las distancias desarrolladas por Hernández *et al.* (2003), se elaboraron a partir del análisis de diversos accidentes y del empleo de modelos de simulación.

Identificación de carreteras en las que se transportan sustancias y materiales peligrosos

Otras sustancias ajenas a la industria petrolera que también pueden ocasionar accidentes se transportan por carretera, por lo que es conveniente determinar las vías que actualmente se utilizan para este fin, así como aquellas que se deberían utilizar para reducir el peligro al mínimo.

En general, los accidentes en el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos son eventos que se consideran poco frecuentes. Sin embargo, en el Municipio, esta situación es contraria a la que ocurre en otras entidades. Lo anterior se debe a que gran parte del transporte foráneo tiene que atravesar la ciudad de Villahermosa e importantes centros de población como Parrilla, Playas del Rosario y Ocuiltzapotlán, principalmente por la falta de libramientos adecuados para el tránsito pesado de vehículos. Las carencias de diseño, los congestionamiento viales e incluso el vandalismo, son factores que incrementan el peligro ante el tránsito de este tipo de material por el territorio municipal.

Dependiendo de las características de un siniestro, puede ocurrir una liberación accidental del material y tener impactos de consideración al ambiente, a los bienes materiales y a las personas próximas al sitio del incidente.

Es necesario trabajar arduamente en recabar estadísticas y datos sobre los siguientes temas:

- El número de accidentes y su ubicación. Esto permitirá definir una tasa de excedencia por periodo de tiempo.

Arriba se muestran algunos señalamientos y sus condiciones de mantenimiento y respeto por parte de la población circundante.
Abajo se muestran imágenes de instalaciones ubicadas en el municipio y sus condiciones de mantenimiento.
Fotografías cortesía del Departamento de Atención a Reclamaciones. Dirección de Inspección Ambiental y Reclamaciones. SERNAPAM

- Nivel de exposición: consiste en determinar el aforo promedio para los tramos de carretera.
- La tasa de accidentes para un periodo dado, que exceda un valor establecido.

Este último criterio toma en cuenta el nivel de exposición. Las tasas se expresan usualmente en términos del número de accidentes por millón de vehículos, o bien por el número de accidentes por kilómetro para el caso de carreteras. Lo anterior permitirá identificar los peligros debidos al transporte de materiales y residuos peligrosos en el Municipio.

Con esta información se podrá evaluar y analizar con mayor detalle las rutas de transporte y sus alternativas, los segmentos con mayor tránsito vehicular y sectores con mayor número de accidentes, las circunstancias especiales que determinen la utilidad de un segmento, por ejemplo cuando este camino es el único acceso a una población y las áreas ambientalmente sensibles (áreas de recarga, zonas de importancia histórica, etc.).

Determinación de Zonas Vulnerables

En el análisis de vulnerabilidad se identificaron los puntos de la población susceptibles a ser dañados. Este procedimiento se realizó mediante la construcción de un Buffer multi - anillo que determinó la distancia de afectación para diferentes intervalos de intensidad en los fenómenos analizados.

Con esta información es posible determinar el tamaño y tipo de población dentro de la zona afectable. También es posible identificar, además de las casas habitación, las zonas comerciales, mercados, iglesias, escuelas, hospitales, zonas industriales, subestaciones eléctricas, estaciones de bombeo de agua, reservas ecológicas, cuerpos de agua superficiales, zonas ganaderas, zonas agrícolas, zonas avícolas, zonas pecuarias y terminales de transporte de pasajeros. En general, todos aquellos lugares susceptibles a concentrar actividades económicas, población y sistemas naturales.

En el cuadro 6.1.1 se muestra la propuesta elaborada por el CENAPRED para determinar zonas e intervalos de distancias utilizados en la categorización de las áreas de sensibilidad.

Categoría	Distancias (m)
A	0-25
B	25-50
C	50-100
D	100-200
E	200-500

Cuadro 6.1.1. Distancias de peligro por Categoría.

Fuente: CENAPRED, 2014.

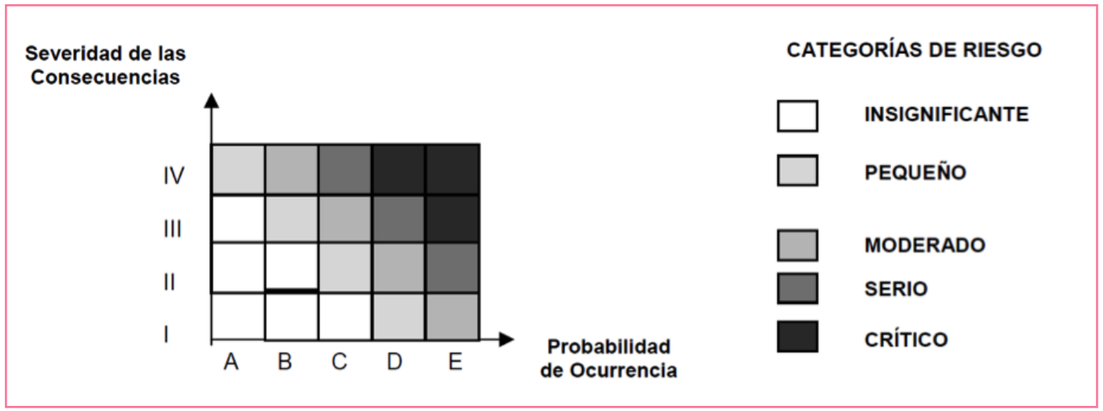


Figura 6.1.1. Diagrama de estimación del riesgo

Fuente : CENAPRED, 2006.

Estimación del riesgo

Para el análisis del riesgo se utilizó la información disponible y se determinó de acuerdo a la misma, el alcance de un posible evento. De esta forma, se señalizaron las áreas afectadas, así como el tipo de efecto esperado. Sin embargo, aún falta mucho por hacer, sobre todo en el área de recopilación y sistematización de información.

Es importante señalar que el ir recabando mas información, permitirá tener una base de datos mucho más completa, sólida y actualizada, lo que consecuentemente favorecerá el diseño de mejores planes de respuesta ante posibles emergencias de esta naturaleza. No existe una manera única de medir el riesgo y esta se encuentra determinada por la información y los recursos disponibles, así como el propósito para el cual se hace la estimación. Sin embargo, para calcular de manera cuantitativa el riesgo, es necesario construir una base de datos para determinar la relación entre la frecuencia, las causas y los efectos entre los incidentes registrados.

Frecuencia y probabilidad de un incidente

El proceso de evaluación de riesgo implica la estimación de la frecuencia del incidente, así como la probabilidad y las consecuencias de eventos no deseados. La estimación de frecuencias y probabilidades pueden realizarse a partir de datos históricos o de la aplicación de otras técnicas tales como árbol de fallas y de eventos, estimación subjetiva, etcétera.

Categoría de Consecuencia	Descripción
I. Insignificante	No hay degradación mayor en el sistema, daños insignificantes que no representan riesgo.
II. Marginal	Degradación moderada del sistema, con consecuencias que pueden ser controladas.
III. Crítica	Se degrada el sistema y los daños causados representan un riesgo inaceptable.
IV. Catastrófica	Severa degradación del sistema o ambiente, pérdidas económicas y humanas graves.

Cuadro 6.1.2.- Categorías de severidad de consecuencias.
Fuente: CENAPRED, 2006.

Categoría	Frecuencia de ocurrencia	Descripción
A - muy raro	$F < 10^{-4}$	Ocurrencia teóricamente posible, pero técnicamente improbable
B - raro	$10^{-3} > f > 10^{-4}$	No se espera que ocurra
C - eventual	$10^{-2} > f > 10^{-3}$	Probablemente ocurra
D - probable	$10^{-1} > f > 10^{-2}$	Se espera que ocurra una vez en 25 años
E - frecuente	$F > 10^{-1}$	Es posible que ocurra más de una vez en 25 años

Cuadro 6.1.3.- Categorías de probabilidad de ocurrencia.
Fuente: CENAPRED, 2006.

Contaminación de cuerpo de agua por derrame de petróleo.

La frecuencia de un incidente se expresa como el número de eventos esperados por unidad de tiempo. La probabilidad no posee unidades y se utiliza para describir la posibilidad de un evento durante un periodo de tiempo especificado (ejemplo: un año), probabilidad de falla por demanda, o la probabilidad condicional de que un evento ocurra dado que el evento precursor ya se ha presentado.

En la figura 6.1.1 se muestra una propuesta sencilla para clasificar cualitativamente el riesgo y consiste en un diagrama de riesgo donde se establecen a partir de intervalos de probabilidad y de consecuencias, diferentes categorías de riesgo.

En los cuadros 6.1.2 y 6.1.3 se definen las diferentes categorías de severidad de las consecuencias y de la probabilidad de ocurrencia empleadas en el diagrama de riesgo.

Contaminación

En los últimos 50 años, el crecimiento de la población a nivel mundial ha sometido a importantes presiones al medio ambiente. Como resultado de la necesidad de producir alimentos y de procurar espacio para viviendas, el medio natural se ha visto severamente transformado perdiendo importantes extensiones de bosques y selvas nativas que se han convertido en pastizales, áreas de cultivo y en asentamientos humanos .

Por si fuera poco, el modelo de desarrollo y el cambio radical en los patrones de consumo han impulsado el crecimiento económico de los países bajo la filosofía del consumismo. De esta forma, el incontrolado consumo de bienes, así como el uso de materiales derivados de hidrocarburos en la manufactura y producción de bienes y servicios han auspiciado serios efectos de contaminación y agotamiento de los recursos suelo, agua y aire.

Por definición, la contaminación es el cambio en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente natural, y se considera resultado de la ineficiencia de los procesos de producción desarrollados por el hombre. La extracción de materias primas, la fabricación de productos, la energía necesaria para el proceso de fabricación y el producto mismo, poseen deficiencias esenciales que generan desperdicios (contaminación) que ya no son útiles; estos desperdicios deben desecharse, por lo que al regresar a la naturaleza sin un debido proceso de reintegración ocasionan cambios y efectos indeseados en el medio ambiente.

Contaminación del agua

Un ejemplo de contaminación de este vital líquido se presenta en el agua que es consumida por las sociedades. Ya sea para consumo o para su uso en la higiene personal o la industria, el agua que llega hasta nuestras casas proviene directamente de los cuerpos de agua superficiales o subterráneos con algún proceso de purificación o potabilización. Este proceso remueve del agua natural microorganismos, sedimentos y en general todo aquel elemento que pueda ocasionar daños a la salud humana. Sin embargo, una vez utilizada, el agua lleva residuos de jabón, grasas, sedimentos y otros elementos ajenos a la naturaleza de la misma, por lo que se define como agua contaminada. Esta agua por lo general se reintegra al medio ambiente a través del sistema de drenaje sin tratamiento previo.

El exceso en la concentración se estas impurezas en el agua constituyen un serio peligro para el ambiente, ya que no solo pueden dañar la salud de la población al consumirla, sino que además ponen en riesgo la viabilidad del ecosistema. Para determinar la calidad del agua, en México se emplea el Índice de Calidad del Agua (ICA), que agrupa de manera ponderada algunos

Área transformada y urbanizada. Originalmente esta zona tenia vegetación bosques de tinto y selvas bajas inundables.

parámetros del deterioro de la calidad del líquido. El índice toma valores en una escala de 0 a 100%, donde, mientras mayor sea el valor, mejor es la calidad del agua. El ICA se calcula a partir de una ponderación de 18 parámetros fisicoquímicos, algunos de ellos son: oxígeno disuelto, coliformes fecales, fosfatos, pH, sólidos suspendidos, entre otros.

La mayor parte de la contaminación de este elemento se origina en los usos doméstico, industrial y agrícola. Existen dos tipos de contaminación: la puntual y la difusa o dispersa.

Las fuentes de contaminación difusa o fuentes no localizadas, son el resultado de un amplio grupo de actividades humanas en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben. Por lo general, este tipo de contaminación proviene de áreas agrícolas, pecuarias y forestales, principalmente por el uso de plaguicidas e insecticidas o por el escurrimiento natural de heces de origen animal y humano.

Las fuentes localizadas están asociadas a las actividades en que el agua residual va directamente a las aguas receptoras y fácilmente puede ser cuantificado y controlado. Las principales fuentes de contaminación dentro de este grupo son: descargas de agua residuales, gasolineras y lixiviado de rellenos sanitarios.

Para este tipo de contaminación se registraron en el Municipio 9 descargas de aguas residuales sobre los cuerpos de agua del río Carrizal, así como del río de la Sierra. Posteriormente se geo-referenciaron las ubicaciones de las mismas. Estas se pueden consultar a detalle en el mapa correspondiente. Otros cuerpos de agua que reciben descargas de aguas residuales son la laguna de Las Ilusiones, Paso segundo y el Coco.

Cabe mencionar que existen datos extraoficiales del Sistema de Agua y Saneamiento del Municipio de Centro (SAS), así como de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado que estiman que el volumen anual de aguas residuales que los cárcamos bombean y vierten a los cuerpos de agua receptores en el Municipio de Centro sin que se les haya dado tratamiento alguno, es de dos mil seiscientos millones de metros cúbicos.

Otra fuente importante de contaminación de los cuerpos de agua son los hidrocarburos. Estos provienen de derrames ocasionados por fallas en las instalaciones petroleras o bien por daños ocasionados por el robo de combustible (figura 6.1.5). En efecto, el robo de combustible es una práctica que lamentablemente se ha vuelto común y que contamina seriamente el suelo y el agua. Sin embargo, otras fuentes menos visibles y más comunes como las emulsiones utilizadas en la producción de asfalto, también contribuyen fuertemente en la contaminación de cuerpos de agua.

Datos conservadores estiman que existen al menos 18 mil kilómetros cuadrados de pavimentos asfaltados en el Municipio, lo que significa un potencial elevado de elementos derivados de los hidrocarburos que escurren a los cuerpos de agua superficiales.

Un ejemplo de belleza y de la identidad de la Ciudad es la Laguna de las Ilusiones. Sin embargo, esta tiene un sin número de problemas provocados por la falta de servicios y la educación de la población.

Fotografía. Galindo *et al.,* 2013. Diagnóstico de las lagunas Urbanas de la Ciudad de Villahermosa.

Contaminación del suelo

La contaminación del suelo consiste en la incorporación de materias extrañas como basura, desechos tóxicos, productos químicos y desechos industriales al mismo. La contaminación del suelo produce un desequilibrio físico, químico y biológico que afecta negativamente a plantas, animales y seres humanos.

El suelo es un medio complejo, compuesto de tres fases principales: una sólida que integra aproximadamente el 50% del mismo; otra la líquida y una más de tipo gaseosa. Como recurso natural, resulta fundamental para la supervivencia de la especie humana, ya que constituye la base de la producción alimenticia. Además, actúa como regulador del ciclo del agua, es un filtro para la recarga de mantos acuíferos, contiene una gran biodiversidad y se considera un recurso no renovable.

Fuentes de contaminación del suelo

Las principales fuentes de contaminación del suelo en el Municipio son: las fugas y derrames asociados a la actividad de extracción y transporte vinculadas a la industria petrolera; el uso de productos químicos como apoyo en las actividades agropecuarias; los productos químicos y residuos asociados a las actividades industriales y por último, los residuos sólidos domiciliares que son arrojados en tiraderos a cielo abierto.

La mayor proporción de fugas y derrames se presenta en zonas aledañas a las instalaciones de extracción y transporte de sustancias peligrosas, por lo que los suelos aledaños a las carreteras son usualmente afectados por los accidentes de tránsito de los transportes. Otro sitio frecuentemente afectado por fugas y derrames son las áreas laterales a los ductos de gasolina y petróleo. En las instalaciones de servicio como son gasolineras, talleres mecánicos, terminales de autobús, sitios de transferencia y de confinamiento de materiales peligrosos, se presentan de manera frecuente derrames de sustancias peligrosas que incluso pueden contaminar los mantos acuíferos.

Todos estos elementos fueron debidamente geo referenciados y ubicados en los mapas correspondientes.

Contaminantes en suelo

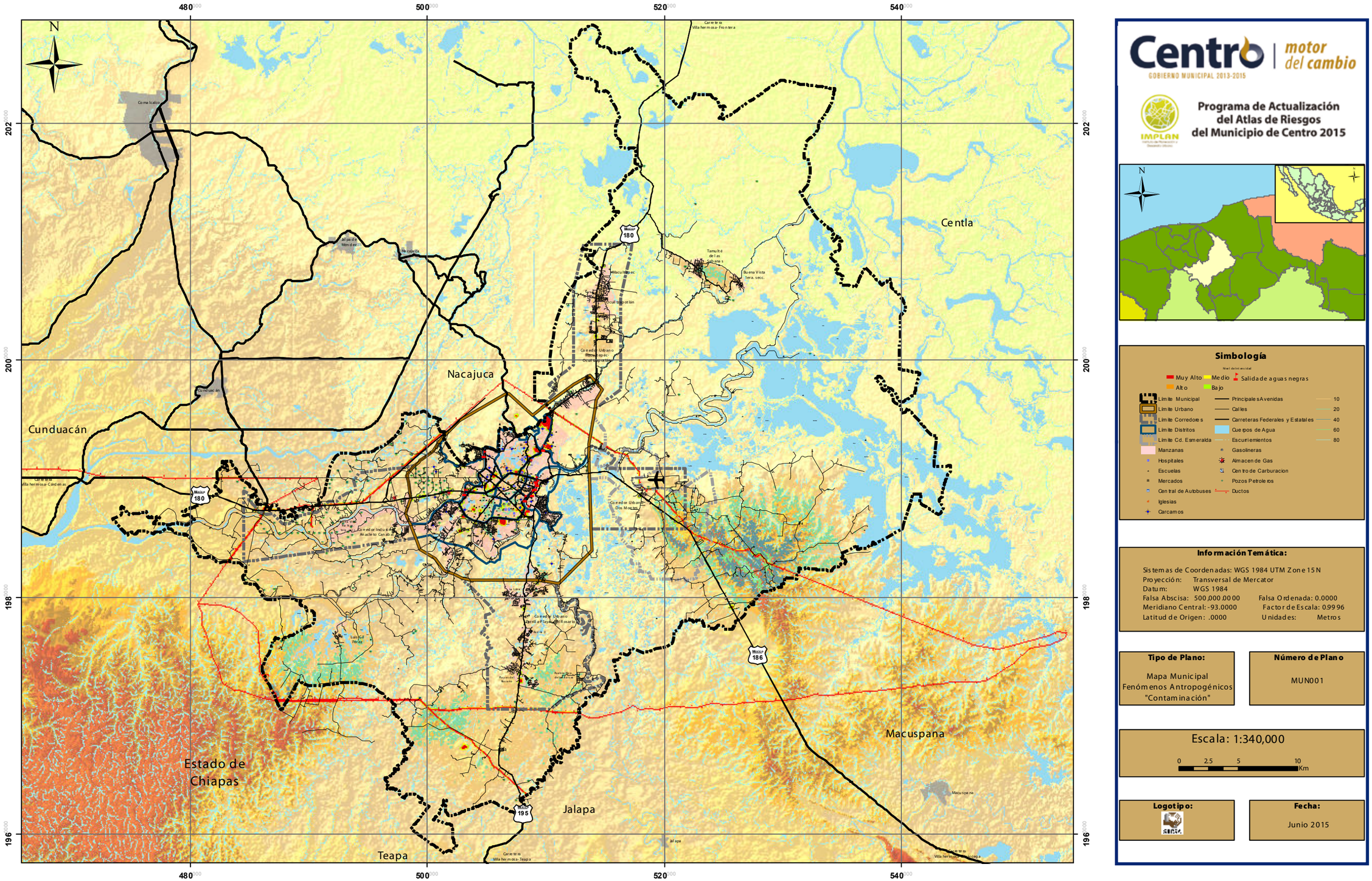
Hidrocarburos

Uno de los elementos que mayor impacto puede generar al contaminar los suelos son los hidrocarburos. Estos contienen una amplia gama de contaminantes que resultan a la naturaleza difíciles de degradar, por lo que la contaminación puede persistir por años en un mismo sitio. Algunas de estas sustancias incluso pueden generar problemas a la salud de la población entre las que se incluyen enfermedades como el cáncer y otros más pueden incluso llegar a causar la muerte.

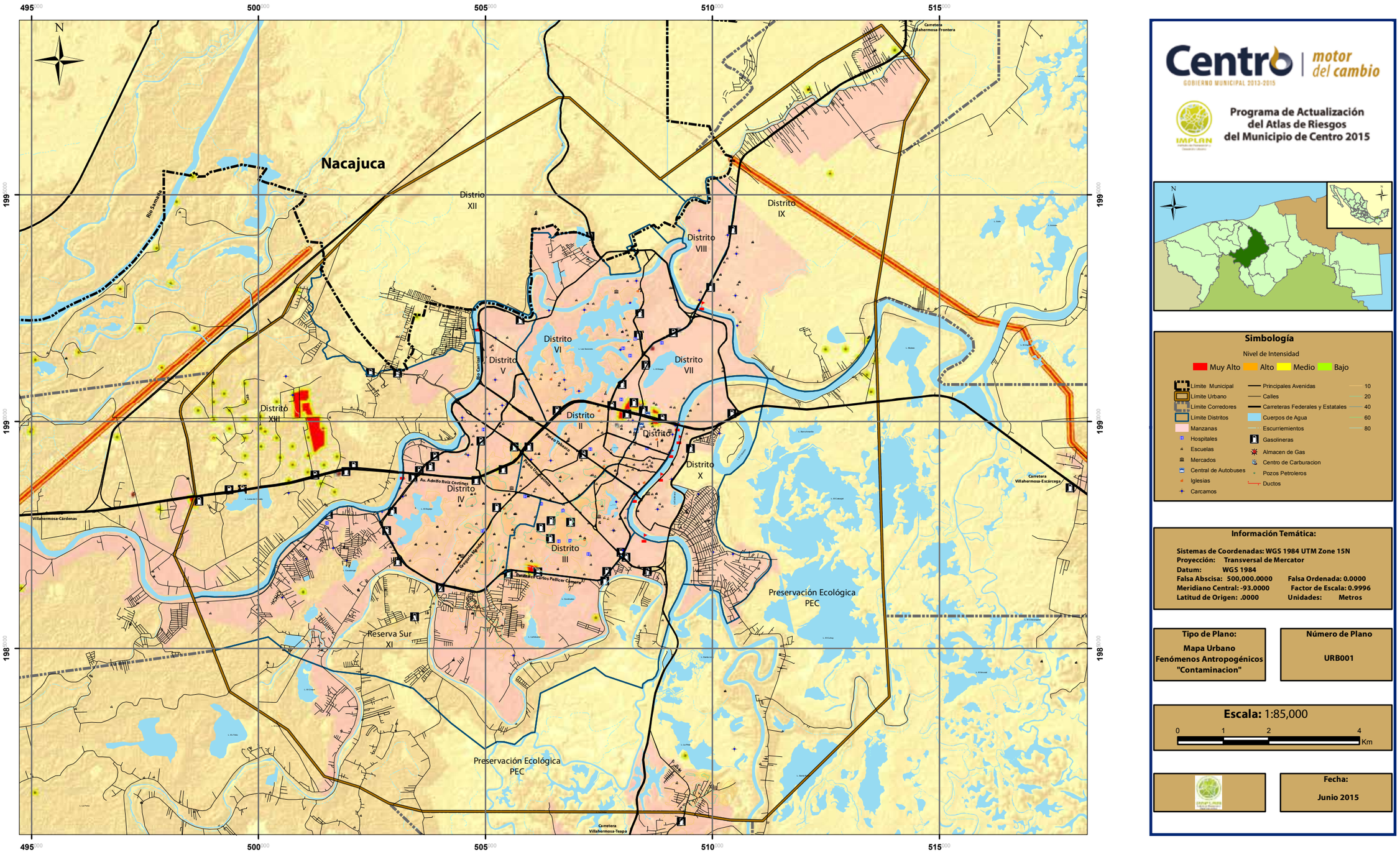
El impacto de un siniestro de este tipo, dependerá por supuesto de la magnitud del daño, el tipo de sustancia derramada, la frecuencia de exposición y de otras variables ambientales como la temperatura, la humedad y la precipitación pluvial. Al respecto se encuentran ubicadas e identificadas todas las posibles fuentes de contaminación de suelos por hidrocarburos, las de mayor importancia desde luego, son las zonas aledañas a pozos y ductos.

Un ejemplo claro de este tipo de daño fue el registrado a principios del año 2015 en la parte Sur del territorio municipal, mismo que no solo afectó al río de la Sierra, sino que también contaminó una importante zona terrestre en la misma área. Una imagen de este hecho puede observarse en la foto de la derecha.

Derrame de petróleo en el río de La Sierra



Mapa 6.1. Peligro por contaminación en el municipio de Centro.



Mapa 6.2. Peligro por contaminación en la Zona Urbana del municipio de Centro.

Residuos sólidos

Los desperdicios generados en una vivienda, hospital o industria difieren sustancialmente y requieren de un manejo particular. Por esta razón se les clasifica como:

Residuos Peligrosos (RP) a aquellos que por sus características, representan un peligro para el ambiente, la salud y los recursos naturales. Por lo que aquellos residuos que se consideran corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables o biológico infecciosos califican para considerarse residuos peligrosos. La Norma Oficial Mexicana (NOM) establece sus características, así como un listado de las mismas y los límites máximos permisibles.

Residuos Sólidos Municipales (RSM) son definidos según la Norma Oficial Mexicana como aquellos que provienen de casas habitación, sitios de servicios privados y públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios. Dentro de los RSM se puede encontrar una gran variedad de residuos peligrosos, ya que poseen algunas de las características de corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso (CRETIB). Algunos ejemplos de estos residuos son: baterías, aceites y grasas, plaguicidas, solventes, tintes, productos de limpieza, fármacos, además de gasas, pañales desechables y papel higiénico.

Los residuos biológico-infecciosos son definidos por la NOM como aquellos materiales generados durante los servicios de atención médica que contengan agentes biológico-infecciosos, según son definidos en la norma, y que puedan causar efectos nocivos a la salud y al ambiente.

Manejo y disposición de residuos sólidos municipales

El manejo de los residuos sólidos municipales comprende las diferentes fases del ciclo: generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición en algún sitio. El manejo inadecuado de la basura no sólo causa la contaminación del suelo, también puede afectar a la atmósfera, las aguas superficiales y subterráneas y el paisaje urbano y natural.

En México, la tendencia general en el manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales son los rellenos sanitarios, rellenos de tierra controlada y no controlada, y los tiraderos a cielo abierto. Los rellenos sanitarios son obras de ingeniería que procuran el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales. Comprenden el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte, así como el control de gases, lixiviados y proliferación de vectores. Todo ello con el fin de evitar la contaminación del ambiente y lograr la protección de la salud de la población.

Los rellenos de tierra no controlados son oquedades donde se vierten y mezclan diversos tipos de residuos sólidos municipales sin control o protección al ambiente. Los tiraderos a cielo abierto son aquellos sitios en donde clandestinamente se depositan y acumulan los desechos sólidos municipales sin ningún control técnico, como lotes baldíos, barrancas, ríos, arroyos, manglares y otros cuerpos de agua.

En el presente trabajo se identificó un relleno sanitario, una estación de transferencia y la zona del viejo tiradero municipal como fuentes potenciales de contaminación. Sin embargo, cabe mencionar que en el manejo de los residuos municipales existe un gran problema y este se debe a la falta de educación ambiental de la población, así como al deficiente sistema de recolección actual. Esto se ve reflejado en la basura que es abandonada en las calles y que termina contaminando suelo y agua, además de obstruir el flujo de esta última ocasionando que los anegamientos e inundaciones se acentúen.

Relleno Sanitario en el Municipio de Centro.

Incendios forestales

El CENAPRED (2014) define a los fuegos forestales como la propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación en los bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. Estos pueden ser fuegos naturales o provocados. Respecto a los incendios, existen tres tipos de ellos: incendios de copa, incendios subterráneos e incendios superficiales. Los fuegos de suelo queman la capa de humus del suelo del bosque pero no arden de forma apreciable sobre la superficie; los fuegos de superficie queman el sotobosque y los residuos superficiales; y los fuegos de corona, que avanzan por las copas de los árboles o arbustos. No es infrecuente que se produzcan dos o tres de estos tipos de incendio al mismo tiempo.

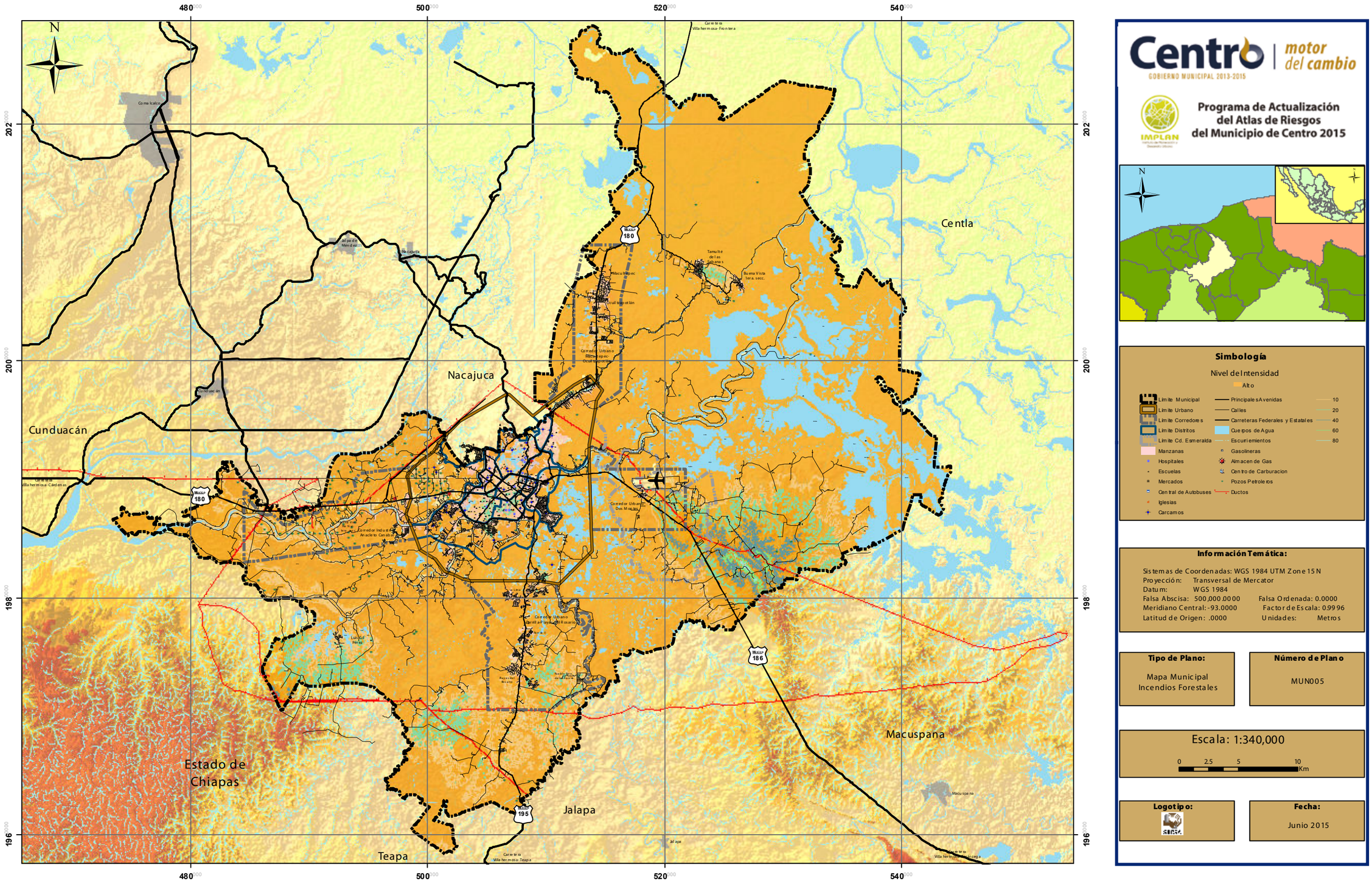
Los incendios superficiales son los que se producen con mayor frecuencia en la entidad y en el Municipio y se caracterizan por avanzar por la superficie terrestre consumiendo principalmente pastos, así como vegetación herbácea y arbustiva con una altura no mayor a 1.5 m. Este tipo de incendios deterioran gravemente la regeneración natural. Un ejemplo de ello puede observarse en la foto de la derecha.

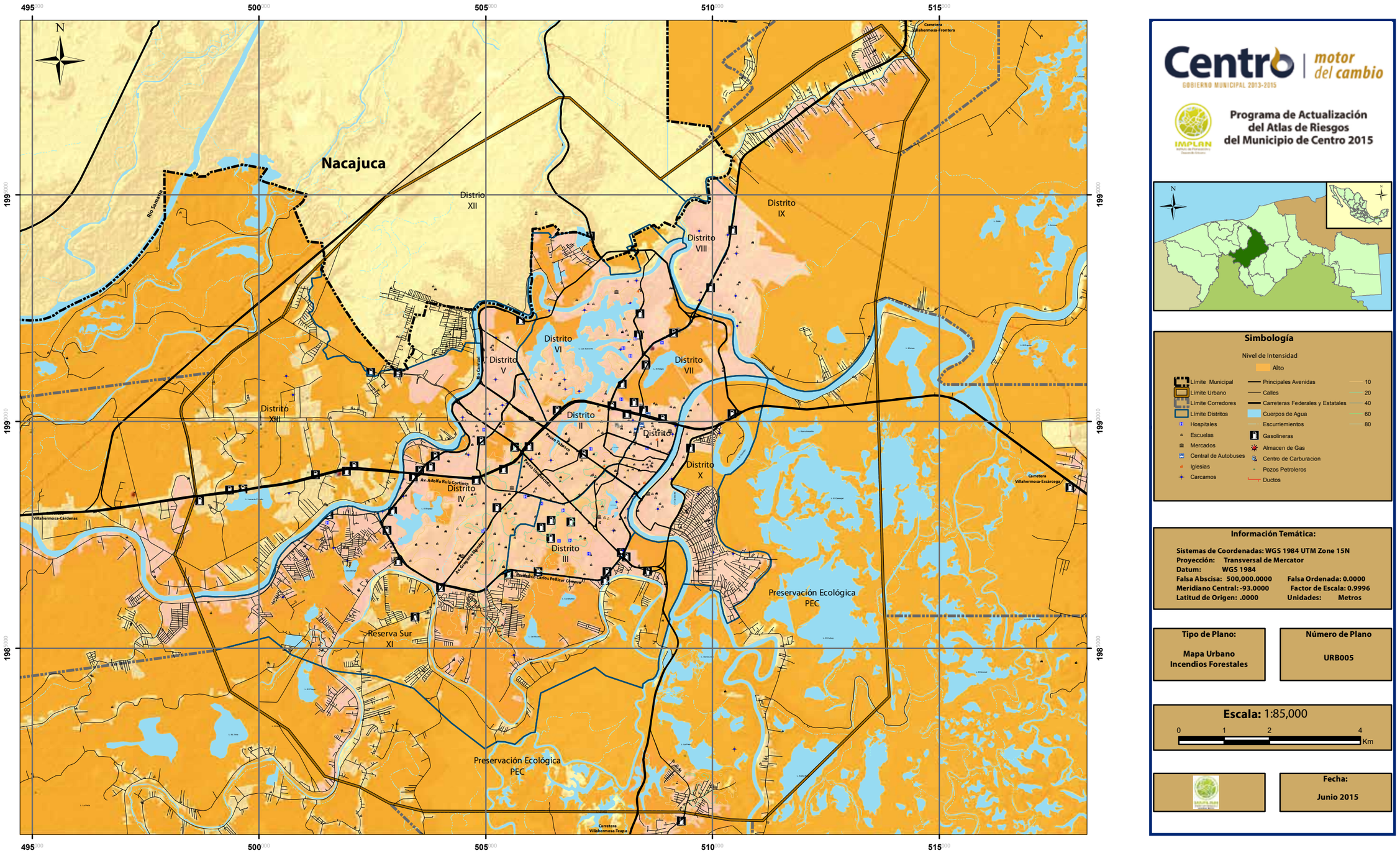
Una vez que se ha generado una ignición provocando un incendio forestal, su propagación depende de las características propias del sitio, tales como tipo de material combustible, pendiente del terreno, velocidad y dirección del viento, temperatura y precipitación.

Durante un incendio forestal ocurren diferentes procesos de combustión que para su estudio se dividen en tres etapas:

- Precalentamiento. Inicia cuando el material combustible se localiza cerca de una fuente de calor; esta puede ser una llama, ceniza o la propia incidencia del sol. El calor generado consume la humedad del material combustible. En esta etapa se generan temperaturas entre 100 y 200°C, además de la presencia de algunos hidrocarburos gaseosos sin presencia de llamas.
- Combustión de gases. Inicia cuando la temperatura oscila entre 300 y 400°C, se caracteriza por la presencia de llamas sobre el material combustible, desprendiendo gases, así como humo, conformado por anhídrido carbónico y vapor de agua. La temperatura seguirá elevándose hasta alcanzar un rango entre los 600 y 1000°C.
- Combustión de carbón. Caracterizada por la quema de madera a una alta intensidad calorífica con poco desprendimiento de humo, se producen cenizas y minerales que no arden.

Incendio superficial, (de pastizal) muy común en la ciudad de Villahermosa.


Centro
motor del cambio
GOBIERNO MUNICIPAL 2013-2015
IMPLAN
Programa de Actualización del Atlas de Riesgos del Municipio de Centro 2015
Simbología
Nivel de Intensidad
Alto
Límite Municipal
Límite Urbano
Límite Corredores
Límite Distritos
Límite Cd. Esmeralda
Manzanas
Hospitales
Escuelas
Mercados
Central de Autobuses
Iglesias
Carcamos
Principales Avenidas
Calles
Carreteras Federales y Estatales
Cuerpos de Agua
Escurrimientos
Gasolineras
Almacen de Gas
Centro de Carburacion
Pozos Petroleros
Ductos
10
20
40
60
80
Información Temática:
Sistemas de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 15 N
Proyección: Transversal de Mercator
Datum: WGS 1984
Falsa Abscisa: 500,000.0000
Falsa Ordenada: 0.0000
Meridiano Central: -93.0000
Factor de Escala: 0.9996
Latitud de Origen: .0000
Unidades: Metros
Tipo de Plano:
Mapa Municipal Incendios Forestales
Número de Plano
MUN005
Escala: 1:340,000
0 2.5 5 10 Km
Logotipo:
Fecha:
Junio 2015
Centla
Nacajuca
Cunduacán
Estado de Chiapas
Jalapa
Teapa
Macuspana
Comalcalco
Paraíso
Cárdenas
Huimanguillo
Tacotalpa
Tenosique
Emiliano Zapata
Balancán
Tamulté de las Sabanas
Buena Vista
Macuilliquipec
Oxiuitepec
Ocuiltzapotlán
Corredor Urbano Macuilliquipec-Ocuiltzapotlán
Corredor Urbano Dos Montes
Corredor Industrial Anacleto Canabal
Corredor Urbano Gaviláan y Villa Rosario
Rosario Sur
Rosario Nuevo
Rosario Viejo
Rosario Nuevo Centro
Lázaro Pérez
Macuspana
Jalapa
Carretera Villa hermosa-Cárdenas
Carretera Villa hermosa-Teapa
Carretera Villa hermosa-Macuspana
Carretera Villa hermosa-Frontera
Carretera Villa hermosa-Jonuta
Carretera Villa hermosa-Tenosique
Carretera Villa hermosa-Emiliano Zapata
Carretera Villa hermosa-Balancán
Carretera Villa hermosa-Tacotalpa
Carretera Villa hermosa-Huimanguillo
Carretera Villa hermosa-Paraíso
Carretera Villa hermosa-Comalcalco
Carretera Villa hermosa-Cunduacán
Carretera Villa hermosa-Nacajuca
Carretera Villa hermosa-Macuspana
Carretera Villa hermosa-Jalapa
Carretera Villa hermosa-Teapa
Carretera Villa hermosa-Cárdenas



Mapa 6.4. Amenaza por Fenómenos Antropogénicos "Incendios" en el Municipio de Centro.
En este mapa pueden verse a detalle los incendios que se encuentran relacionados con la vegetación.

Peligro por incendio forestal

Se refiere a cualquier situación, proceso o condición que puede causar fuego o proporcionar una fuente de combustible lista para aumentar la extensión o la intensidad del fuego y que plantea una amenaza a la vida o al ambiente (National Fire Protection Asociation, 1997).

En la mayoría de los fenómenos pueden distinguirse dos medidas, una de magnitud y otra de intensidad. La magnitud es una medida del tamaño del fenómeno, de su potencial destructivo y de la energía que libera. La intensidad es una medida de la fuerza con que se manifiesta el fenómeno en un sitio dado. Por ello un fenómeno tiene una sola magnitud, pero tantas intensidades como son los sitios en que interese determinar sus efectos (CENAPRED, 2014).

El Peligro por incendio forestal es la probabilidad de ocurrencia de un incendio con una magnitud y cierta intensidad, que ocurre en un periodo dado y que está relacionado con las características del entorno fisiográfico y socioeconómico de una región específica.

Vulnerabilidad por incendio forestal

Se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un incendio forestal; es decir, el grado de pérdidas esperadas.

La Exposición o Grado de Exposición del sistema se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Considerado como el área de vegetación, cultivos, infraestructura, el número de personas o especies animales que se encuentren en un sitio específico y que son factibles de sufrir daño por un incendio forestal.

Riesgo por incendio forestal

Es la pérdida probable debida a un incendio forestal y que puede ser calculada por el valor directo o indirecto de los recursos forestales, agrícolas y ganaderos entre otros, que se pierden debido a la intensidad del fuego.

En el análisis de peligro y riesgo por incendios forestales, se puede considerar a la vegetación como una variable implícita en la vulnerabilidad y en la determinación del nivel de peligro. Por ejemplo, una mayor densidad de vegetación aumenta la posibilidad de afectación del sistema expuesto (vulnerabilidad) y adicionalmente el nivel de peligro se determina entre otras cosas por la carga de material combustible, de ahí que la vegetación cumpla un doble rol en el estudio del fenómeno.

Para determinar la temporalidad de los incendios forestales, es necesario contar no sólo con registros meteorológicos y de incendios recientes, sino también los patrones históricos presentes antes de la influencia del manejo de los ecosistemas y de otras actividades humanas (Villers, 2004).

En este sentido, no existen estadísticas oficiales que indiquen la frecuencia, magnitud y/o extensión de los incendios forestales en el territorio municipal. Sin embargo, como menciona Villers (2004), a partir de las características de manejo agropecuario y del clima local, es posible deducir que la mayor parte de los incendios forestales se presenten entre los meses de marzo, abril y mayo; así como en los meses de julio – agosto en el periodo de sequía intraestival.

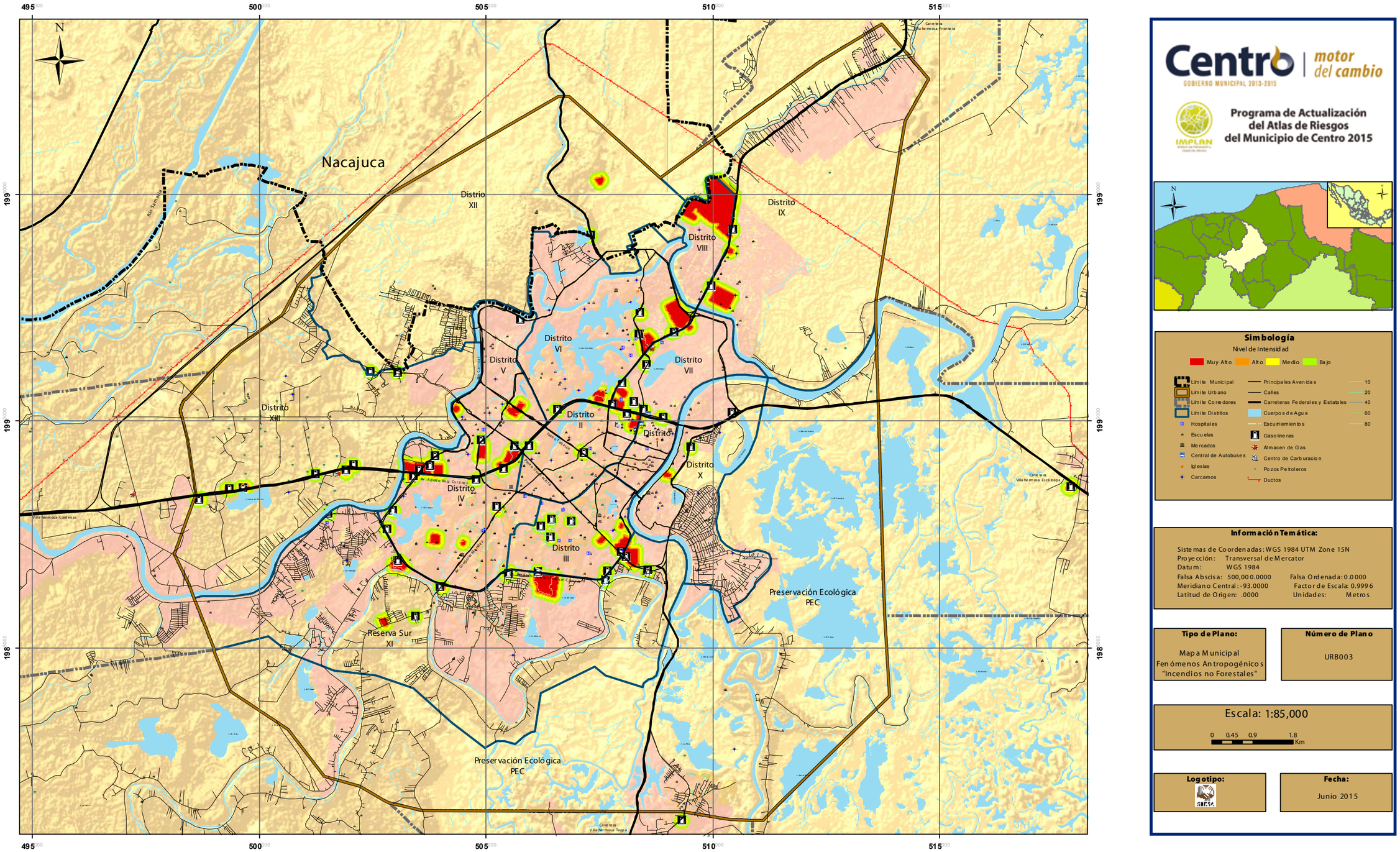
En 1998, con los incendios forestales más intensos de la historia y combinados con la quema de pastizales y de los tiraderos de basura, se presento lo que podría ser la primer contingencia ambiental por contaminación del aire.
Fotografía de Grupo Presente Multimedios

Durante los meses señalados, se realiza de forma rutinaria en el campo tabasqueño la quema de pastizales para generar el rebrote de pastura sin maleza. Otra actividad rutinaria que ocasiona fuertes incendios forestales es la quema de humedales. Esta ocurre periódicamente por dos razones; la primera de ellas vinculada a la extracción de quelonios para su comercialización y consumo, mientras que la segunda se da como parte del manejo agrícola denominado marceño. En este último como su nombre lo indica, la quema del popal se realiza durante el mes de marzo con la intención de aprovechar el alto contenido de humedad en las zonas bajas e inundables del Municipio para la producción de maíz y otros cultivos de ciclo corto.

Estas quemas en ocasiones pueden salirse de control amenazando bienes, infraestructura, asentamientos humanos, cultivos, entre otros, que se encuentren en áreas cercanas al fuego descontrolado. En otros casos pueden generarse accidentes en las vías de comunicación, debido principalmente a la gran cantidad de humo que se genera por el incendio y que puede llegar a bloquear total o parcialmente la visibilidad a los automovilistas en las carreteras.

En términos de los procesos de teledetección, resulta imposible discernir las áreas quemadas de forma intencional de las que fueron quemadas por el manejo mismo de la parcela. No obstante, es posible determinar las áreas susceptibles de incendiarse ante el impacto por cualquiera de los dos mecanismos.

En este trabajo se determinó que para el municipio de Centro más del 60% de la superficie que lo conforma es susceptible a sufrir incendios en la temporada de secas, así como en la sequía intraestival o canícula.



Mapa 6.5. Amenaza por Fenómenos Antropogénicos "Incendios" en la Ciudad de Villahermosa. En este mapa, a diferencia del anterior, pueden observarse con mayor detalle los incendios que se dan al interior de la Ciudad y que se encuentran relacionados principalmente a actividades antropogénicas.

Incendios no forestales

Para la determinación del riesgo por incendios no forestales se identificaron y geo-referenciaron los sitios que por sus características son altamente susceptibles de presentar un incendio de esta naturaleza. De hecho, estos pueden ocurrir en casi cualquier sitio incluyendo las casas habitación. Sin embargo, para este trabajo se dirigieron los esfuerzos hacia la determinación de lugares específicos que en caso de presentarse un evento de este tipo, exista la posibilidad de que se genere un importante número de víctimas y daños.

De esta forma, algunos de los lugares que se identificaron como fuentes potenciales de incendios no forestales para el municipio de Centro en este trabajo son las siguientes: gasolineras, bodegas y almacenes, centros comerciales (incluyendo supermercados), cines, auditorios y centros de convenciones. La ubicación de cada uno de ellos se encuentra señalada en el mapa correspondiente, donde puede consultarse con mayor detalle.

Dentro del grupo que presenta potencial de que ocurran incendios no forestales, se destaca el centro comercial Altabrisa, ya que desde su apertura en marzo de 2012 hasta el mes de junio de 2015 han ocurrido varios incendios. De estos, el más importante sucedió el 01 de diciembre de 2014. El incendio fue sofocado después de seis horas de labores de personal de diferentes instancias. De acuerdo con Protección Civil, para estas acciones de sofocación se contó con 8 pipas de Protección Civil del Estado, 5 camionetas Pick Up, un carro bomba y 60 elementos. Además de la participación de personal del CEAS y SAS y que apoyaron con pipas. El incendio dejó enormes pérdidas, ya que cinco salas de CINEMEX fueron siniestradas, y otras tiendas como Home Store, Calvin Klein, entre otras sufrieron daños colaterales. De hecho, hasta el mes de junio de 2015 algunas de estas tiendas aún continúan cerradas. Los dos conatos de incendio más recientes en esta Plaza Comercial se presentaron durante el mes de mayo de 2015.

Otros, ejemplos de incendios no forestales de gran magnitud ocurridos durante los años ochentas en el Municipio son el de Almacenes Chedraui y el de Plaza las Galas, ambos ubicados en la Avenida Francisco Javier Mina esquina con calle Lamberto Castellanos Rivera. Afortunadamente no se han registrado víctimas en estos siniestros y los daños se han centrado en pérdidas materiales.

Incendio en Plaza Comercial Altabrisa, ocurrido durante el mes de diciembre de 2014.

A pesar de que menos del 30% de los locales se vieron dañados, el incendio dejó grandes pérdidas económicas en la mayor parte de los establecimientos de la Plaza, principalmente porque se vieron obligados a permanecer cerrados en una temporada donde se realizan altas ventas.

Amenaza de explosión

Una explosión es una liberación rápida y concentrada de energía acumulada que genera una onda de presión. Esta se desplaza rápidamente alejándose de la fuente, a la par que va disipando la energía acumulada. Las explosiones pueden ser de dos tipos: Deflagraciones o detonaciones.

Características que influyen en el escape de una fuga de gas.

a) La velocidad y dirección de la sustancia inflamable en el punto de la fuga
b) La facilidad de difusión de la sustancia inflamable en la atmósfera existente
c) La diferencia de densidades entre la sustancia inflamable y el aire
d) La existencia de obstáculos próximos al punto de fuga

La dimensión de una nube de gas inflamable está determinada por la tasa de escape y por su dispersión en el aire. Para una fuente de escape dada, la tasa de escape aumenta con la velocidad del aire. La velocidad de escape depende también de la presión y de la geometría de la fuente de escape.

Se consideran sustancias inflamables aquellas capaces de formar atmósferas explosivas en las condiciones de operación previsibles. El producto inflamable que tiene más riesgo de generar atmósferas explosivas es, considerando sus características y zonas de utilización, el gas combustible (gas natural).

Por regla general, y según lo establecido en las directrices básicas para el transporte, almacenaje y utilización del gas natural, los accidentes mayores en las industrias del gas pueden producir tres tipos de fenómenos:

- De tipo mecánico, como ondas de presión y proyectiles, ambos relacionados con las explosiones;
- De tipo térmico, como incendios y radiaciones térmicas; y
- De tipo químico, como fuga o salidas descontroladas de gas a la atmósfera o al medio ambiente, acompañado de inflamación (fuego) de la mezcla conformada.

A continuación se exponen brevemente las consecuencias para las personas e instalaciones que encierra cada uno de estos fenómenos; lo que se llama el estudio de la vulnerabilidad de personas e instalaciones.

Vulnerabilidad a las explosiones

En caso de ocurrir una explosión, ¿qué efectos podría causar sobre las personas, las instalaciones y el medio ambiente?

Una explosión se produce cuando se libera una gran cantidad de energía en un espacio de tiempo muy corto.

En la Explosión física, la energía necesaria para que se produzca, procede de un fenómeno físico.

La Explosión química, es la energía que procede de una reacción química y no es necesario que esté confinada.

El caso típico de una explosión física es la liberación súbita de la energía presente en un gas comprimido. Es necesario que la sustancia se encuentre en un recipiente hermético. Ejemplo: En un gasoducto, en una instalación fija que transporta gas a alta presión, en un cilindro para almacenaje, entre otros.

En cambio para las explosiones químicas se requiere de un punto de energía que inicia la reacción. Este por lo general es un punto caliente que hace contacto con una nube de gas producto de una pérdida.

Las consecuencias inmediatas de una explosión son, por un lado, la generación de ondas de presión que crean compresiones y expansiones alternativas del aire y, por otro lado, la formación de objetos acelerados que actúan como proyectiles. A veces las explosiones pueden ir acompañadas de fenómenos de tipo térmico según sus características, por ejemplo las explosiones físicas pueden originarse por un incendio.

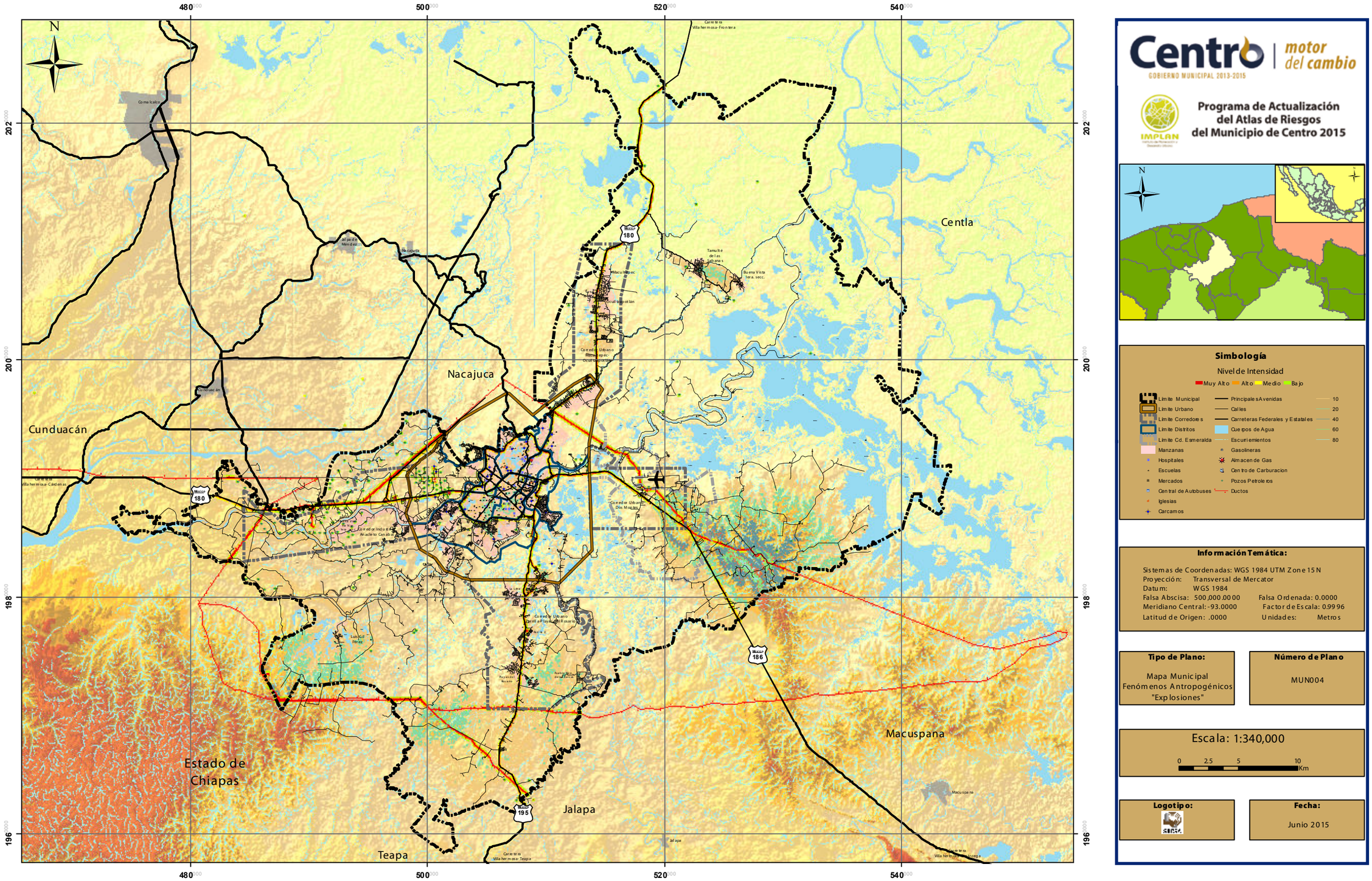
Daños producidos por una explosión.

Pueden derivar de dos efectos; por ondas de presión, por proyectiles y por fenómenos térmicos.

a. Por las ondas de presión.

Sobre las instalaciones, según la sobre presión que se origine, puede ocasionar desde la rotura de cristales hasta destrucción de equipos, instalaciones y edificios. Además se producirán fragmentos de diferentes tamaños que resultan violentamente expulsados y actuarán como proyectiles.

Sobre las personas, las ondas de presión van a afectar principalmente a los órganos que contienen aire en su interior, como los pulmones, el estómago o el oído medio entre otros. Así, el daño puede variar desde



Mapa 6.6. Amenaza por explosiones para el municipio de Centro.

una ruptura timpánica hasta la muerte por hemorragia pulmonar. También puede producir el desplazamiento de las personas afectadas, proyectándolas contra otros objetos fijos o móviles, produciéndose de esta manera traumatismos múltiples. La vulnerabilidad de las personas va a ser mucho mayor en el interior de los edificios que en el exterior.

b. Por los proyectiles.

Estos se pueden originar directamente en el foco de la explosión o bien al actuar las ondas de presión sobre las instalaciones y edificios. Según el tamaño, peso, forma, velocidad y punto de impacto el daño producido por un proyectil sobre una persona va a ser desde una lesión leve hasta la muerte instantánea.

De esta manera, de las lesiones producidas sobre las personas se pueden distinguir:

- Lesión primaria (producida directamente por la onda de presión).
- Lesión secundaria (producida por los proyectiles generados).
- Lesión terciaria (producida por el desplazamiento de los afectados, golpeándose así contra otros objetos).

c. Por la temperatura

Las radiaciones térmicas van a tener un efecto sobre las instalaciones, debilitando las estructuras de estas (principalmente por acción directa de la llama) afectando, en consecuencia, la resistencia mecánica de los mismos, pudiendo provocar derrumbamientos, por lo que aumentarían así los daños sobre las personas. El tipo de material también puede favorecer la expansión de las llamas.

En las personas: El principal efecto de los fenómenos de tipo térmico sobre las personas será la producción de quemaduras de distinta consideración según sus características, y en ciertos casos de carácter graves o fatales.

El hecho de que un accidente localizado pueda provocar otros accidentes en instalaciones contiguas se denomina "efecto dominó", el cual es muy importante tener en cuenta a la hora de planificar la actuación ante un accidente mayor en una zona industrial o en una zona urbana.

Fuentes de amenaza por fenómenos antrópicos

Una liberación a la atmósfera de las sustancias transportadas a través de ductos puede poner en peligro a las personas que vivan o se encuentren próximas al lugar de la fuga. El grado de peligro se encuentra en función de las características de las sustancias transportadas, del diámetro de la tubería, de la presión a que se encuentran en el interior de la tubería y de las condiciones en que sean liberadas.

El gas natural por ejemplo, puede crear una nube inflamable al mezclarse con el aire que al incendiarse puede provocar una explosión. Otros como el propano, butano, gas licuado de petróleo y otros productos se transportan en forma líquida, por lo cual de suceder una fuga pueden evaporarse rápidamente y formar una mezcla altamente inflamable y explosiva; esta mezcla puede formar una nube y desplazarse a distancias considerables en la dirección del viento, antes de su posible ignición.

En la entidad no se cuenta con registros oficiales de siniestros ocurridos. Sin embargo, por fuentes periodísticas se conocen por lo menos, tres eventos de explosión por fuga de gas. En el Municipio, tampoco existe registro alguno de incidentes de esta naturaleza a pesar que por el territorio transitan varios ductos de la industria petrolera. En este sentido cabe señalar que para efectos de este trabajo se señala la trayectoria y longitud de los derechos de vía correspondientes sin que se conozca el material que transportan, la presión y el diámetro del ducto.

Es indispensable que se solicite por vías oficiales a la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos la siguiente información: tipo y características de la instalación, mapa de distribución o red de ubicación de los ductos, profundidad a la que se encuentran las líneas, estado físico de la red de distribución, material transportado, estado físico de la sustancia, presión de operación, temperatura e historial oficial de accidentes.

La información anterior es fundamental para contar con una base de datos elemental que debe alimentarse constantemente para mantenerla actualizada, ya que a partir de la misma podrán tomarse decisiones y diseñarse planes de respuesta rápidos, acertados y oportunos en caso de que se presente alguna contingencia de este tipo.

A pesar de la falta de cooperación de las autoridades correspondientes respecto a la información relativa a los ductos de la paraestatal PEMEX que se encuentran situados en el territorio municipal, en este trabajo se determinó que por el municipio de Centro transcurren varias líneas de ductos que en conjunto suman un total de 118 km. Sin embargo es importante señalar que las líneas trazadas se conocen como derecho de paso y en ellas pueden coexistir varias líneas de transporte. De los datos que lograron obtenerse por fuentes extra oficiales se sabe que, al menos la línea que viene desde el municipio de Macuspana con dirección a Coatzacoal-

cos, Veracruz, tiene tres líneas de ductos. Este tramo se considera como el principal ramal que cruza por la zona urbana de Ciudad Industrial, lo que supone una amenaza latente. Más aún cuando se desconoce el estado que guardan estas instalaciones debido a que se ignora la fecha en que estas líneas fueron establecidas, si cuentan con algún programa de mantenimiento, si este es el adecuado y este se cumple.

Otro dato muy importante que también se desconoce, es la profundidad a la que se encuentran colocadas estas instalaciones, motivo por el cual no puede calcularse entre otros, el impacto que puede llegar a producirse debido a las excavaciones superficiales que en su momento pudiesen realizar los habitantes que se encuentran asentados irregularmente en los derechos de paso.

Es importante señalar que conforme a la legislación vigente en el estado de Tabasco, en un área de 200 m a cada lado de instalaciones de este tipo, no debe establecerse ningún asentamiento humano, ni sitio de reunión como templos, estadios, escuelas, etc. Por lo que en estas zonas donde existe este tipo de infraestructura solo se permiten oficialmente actividades de bajo impacto y que no perforan el subsuelo. Desafortunadamente, si no se cuenta con la información de la ubicación exacta de estas líneas de PEMEX, no puede regularse la actividad en esas zonas. Este hecho aumenta la vulnerabilidad de la población ante un peligro como el que se señala al tener un grado de exposición muy alto.

Un segundo tramo de ductos cruzan al Sur del Municipio, cercano a la colindancia con el municipio de Teapa. Respecto a este grupo de tuberias, se desconoce cuantas líneas lo conforman, así como el tipo de material específico que transporta. Aparentemente y a consecuencia de un derrame ocurrido durante el mes de abril de 2015 se presume que el producto transportado es gasolina. Sin embargo, esta información como todo lo relacionado a PEMEX no es oficial.

Una fuente de amenaza adicional por explosión resultan los tres depósitos o almacenes de Gas LP que son utilizados por las principales compañías repartidoras de gas en el municipio, así como 6 estaciones de carburación con gas LP para vehículos automotores. De estos almacenes se conoce su ubicación geográfica, la cual se encuentra representada en los mapas correspondientes. Sin embargo se desconoce la capacidad de almacenamiento de las tanques utilizados, al igual que se desconocen las medidas de seguridad implementadas.

Otra posible fuente de explosiones resultan los expendios de gasolina, aunque estos tienen mecanismos de seguridad para el control de emisiones, es posible aunque poco probable que se presente una situación de explosión en cualquiera de las 64 estaciones de servicio distribuidas en el Municipio. Las ubicaciones geográficas de cada una de ellas se encuentran señaladas en el mapa correspondiente.

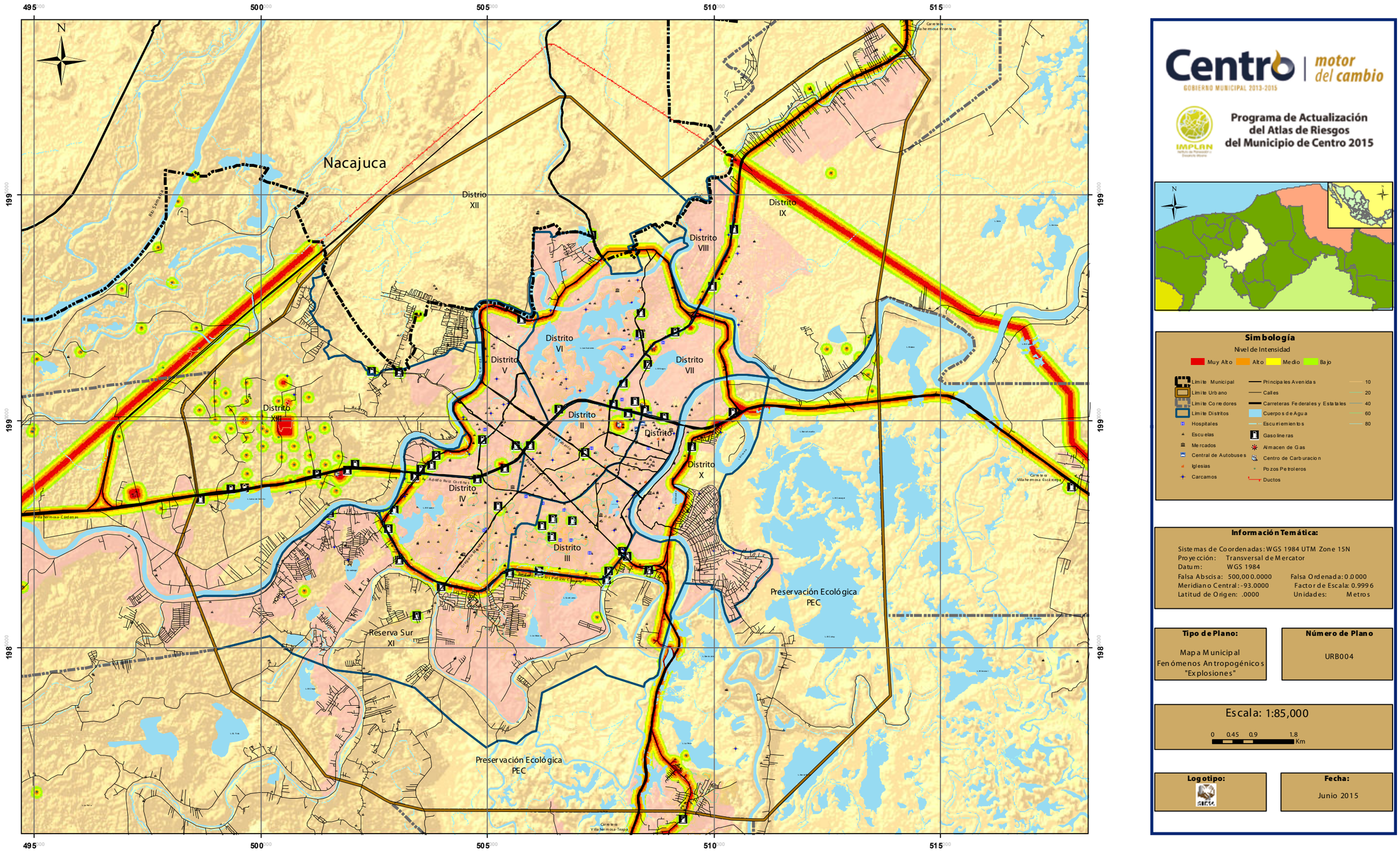
También en el municipio se cuenta con tres depósitos de explosivos o polvorines que son administrados por empresas particulares dedicadas a la exploración sísmica del petróleo. De estos se desconocen igualmente las medidas de seguridad, así como el tipo y cantidad de explosivos que almacenan.

Una probable fuente de explosión relacionada a la industria petrolera resultan los 217 pozos petroleros, así como una batería que se encuentran instalados en el territorio municipal. No obstante, la información relativa a su funcionamiento o el cierre de los mismos no fue posible obtenerla a pesar de las solicitudes realizadas. Por lo que se desconoce su actual situación y características. Los únicos datos que se pudieron recabar respecto a estos, es que algunos de ellos se encuentran ubicados en Distrito XIII y que recientemente fueron reaperturados como pozos maduros para continuar con su extracción. Por otra parte, existen tres almacenes de combustibles líquidos, dos de ellos pertenecen a PEMEX, mientras que el tercero se encuentra en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Villahermosa. Todos se georeferenciaron y pueden encontrarse señalados en el mapa correspondiente.

Algunas explosiones que también pueden producirse en el Municipio están vinculadas a las subestaciones de la Comisión Federal de Electricidad, aunque estas son de menor intensidad. En términos generales estas explosiones están relacionadas con la falla de equipos eléctricos, por lo que la explosión es más auditiva que expansiva ya que no hay gran desplazamiento de gases.

Finalmente en el tema de las explosiones, existen 346 km de caminos de primer nivel que incorporan todos los libramientos y avenidas utilizadas por el transporte de carga pesada que atraviesan al Municipio y a la ciudad de Villahermosa. Por ellos transitan tracto camiones de doble remolque que transportan principalmente gasolina, diésel y gas, mismos que se encuentran entre los productos explosivos más comunes. No obstante, lo evidente que pueden resultar estos datos, no se tienen estadísticas oficiales, ni registros de los tipos de materiales que son transportados por estas vías.

Una segunda vía para el transporte de vehículos cargados con gas para el reparto a domicilio, lo constituyen



Mapa 6.7. Peligro por explosiones en la Ciudad de Villahermosa.

las principales avenidas y calles de la Ciudad. En estas transitan pipas de baja capacidad (10 mil litros en promedio) de las cuales se desconoce el número y el estado que guardan. Recientemente, en el mes de febrero del año en curso, una pipa de doble remolque cargada con turbosina volcó cerca de la estatua de Tabscoob en el Distrito X y provocó un aparatoso incendio por el que fue cerrada la circulación por casi dos horas en la entrada a la Ciudad.

Una explosión de gas en este tipo de transportes se da a finales del mes de diciembre del año 2011, cuando una camioneta de tres toneladas repartidora de gas LP propiedad de la empresa SoniGas, que iba cargada con 5 mil 500 litros de gas LP (licuado puro), se incendió por una falla del sistema eléctrico y terminó explotando en la entrada de la Ciudad, justo frente a una bodega de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y a la Unidad Deportiva de la colonia La Manga II, a escasos metros de la Secundaria Técnica Número 47.

El accidente afectó a dos personas que sufrieron lesiones, una de ellas de gravedad; además de los daños económicos y el cierre a la circulación del puente Grijalva I con dirección a la Ciudad, que causó incomodidad a los ciudadanos. No obstante, estos accidentes pueden ocasionar graves daños a la población como el ocurrido en noviembre del 2011 en el Distrito V Tabasco 2000, cuando una pipa de la empresa Energéticos Centrifugados del Norte S.A. de C.V. (ECNORSA) cargada con 25,000 litros de diésel volcó y se estrelló contra un conjunto de casas. El combustible derramado causó el incendio de siete casas, seis automóviles, la muerte de tres personas y las lesiones de tres más. Además de que derribó postes con cables de alta tensión de la CFE, Telmex, televisión por cable y dos árboles.

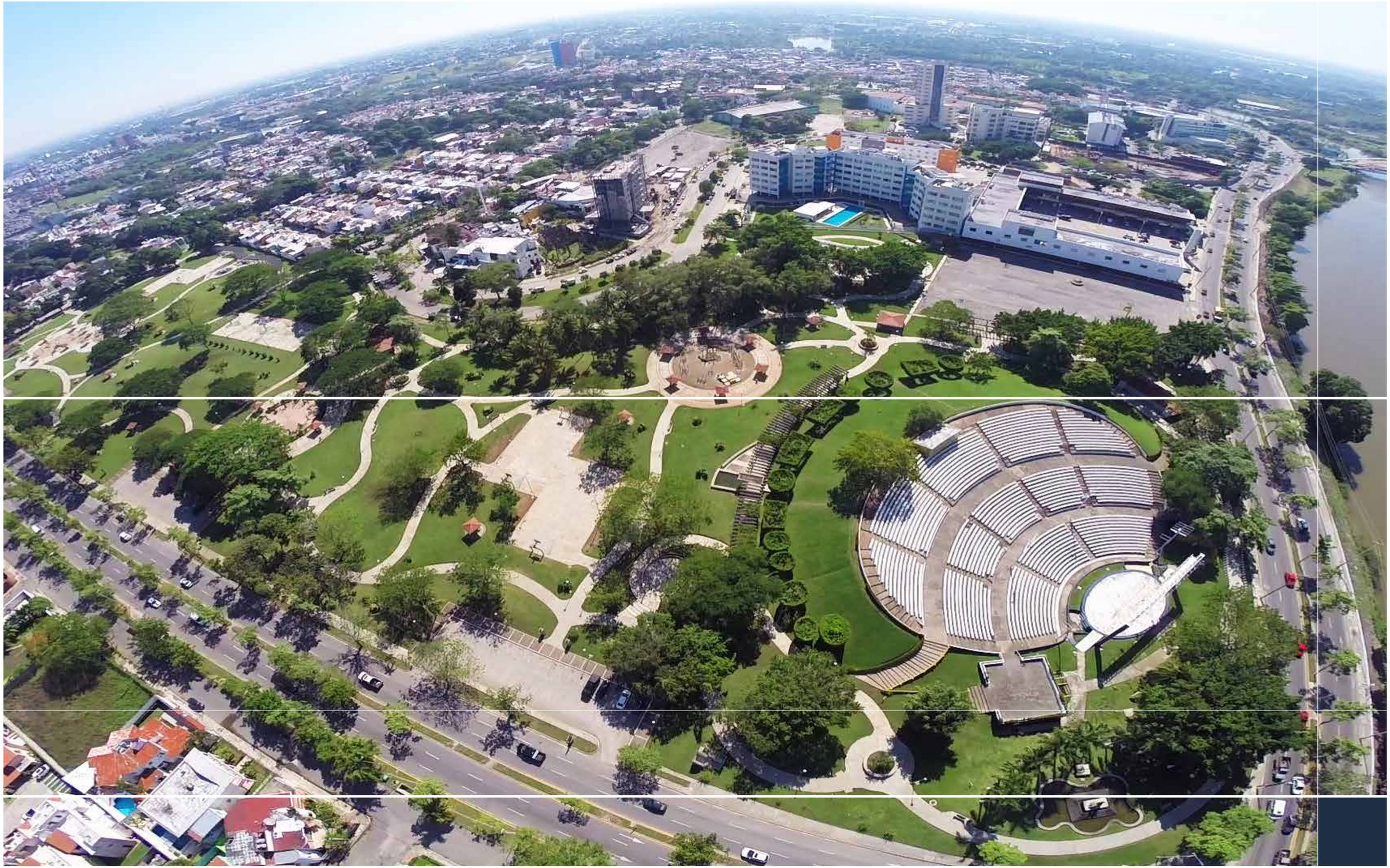
Ejemplos como los anteriores son poco frecuentes en el Municipio. Sin embargo, es importante señalar que si a esta baja frecuencia se le sumara el desarrollo de libramientos o vías específicas para su tránsito, el riesgo sería mucho menor.

La red de transporte a la que se hace referencia en la ciudad de Villahermosa representa más de 108 km de avenidas y 2,270 km de calles que pueden resultar expuestas ante un fenómeno de esta naturaleza. Por lo que es deseable que las autoridades municipales en pleno uso de sus atribuciones investigue y recabe información sobre los roles de mantenimiento, las rutas utilizadas, las formas de conducción, etcétera, con la finalidad de tener información para estimar con mayor precisión el grado de amenaza y por consecuencia el riesgo que constituyen para la población y sus bienes.

Pipa que transportaba turbosina se incendia en el Distrito X.

Casas incendiadas en el Distrito V, Tabasco 2000 provocado por la volcadura de una pipa de la empresa ECNORSA que transportaba 25000 litros de diésel.

RECOMENDACIONES GENERALES



Recomendaciones Generales

El Centro fue el primer municipio del estado de Tabasco en desarrollar su Atlas de Riesgos. El objetivo del mismo consistió en determinar los peligros naturales a los que se encontraban expuestos tanto el territorio municipal como su población. Sin embargo, las obras realizadas por la CONAGUA con el PHIT causaron modificaciones en los patrones naturales de escurrimiento, mitigando con ello el problema de inundación en algunas zonas específicas, pero intensificándolo en otras. Estas y otras modificaciones ocurridas en el Municipio durante los últimos seis años, así como las diversas problemáticas que se han presentado en el mismo a partir tanto de las múltiples acciones antropogénicas incluyendo las obras del PHIT, como de los fenómenos naturales que afectan al territorio, hicieron necesario actualizar un instrumento de planeación tan importante como lo es el Atlas de Riesgos.

En este Atlas, se actualiza e incorpora nueva información sobre diversas fuentes de peligro tanto naturales como antrópicas en el territorio municipal, que proveen de elementos sólidos a la administración municipal para fundamentar la toma de decisiones en la planeación del uso del suelo del Municipio. No obstante, los administradores municipales enfrentan un gran reto, ya que es imprescindible el desarrollo de mecanismos que logren articular los resultados presentados en el nuevo Atlas y su traducción en una aplicación directa a la normativa diaria del Municipio. En este sentido, es necesario mejorar los instrumentos legales existentes en el uso del territorio, así como crear otros que fomenten el desarrollo y modernización del Municipio de acuerdo a las características del mismo y a las demandas globales, al tiempo que resguardan la seguridad de la población y sus bienes. De este modo, la tarea más importante a partir de la información generada durante la Actualización del Atlas de Riesgos del Municipio de Centro, será la aplicación de dichos resultados a través de normativas claras y precisas que permitan disminuir el riesgo en el territorio municipal.

Cabe señalar que el Atlas de Riesgos no es un instrumento que dicte estrategias, programas y acciones a realizar, sino que su objetivo primordial es determinar en sus diversos grados los peligros y riesgos a los que el territorio, la población y sus bienes se encuentran expuestos. El Ordenamiento Territorial así como el Programa de Desarrollo Municipal son los instrumentos que deberán proveer a partir de la información generada por el Ordenamiento Ecológico y el Atlas de Riesgos, las estrategias, programas y acciones a seguir para lograr el desarrollo armónico, moderno, funcional y seguro del municipio de Centro. No obstante lo antes indicado, como un aporte adicional de este instrumento a continuación se enfatizan algunos puntos y se plantean algunas recomendaciones generales que pueden contribuir al logro de la Gestión Integral de Riesgos municipal:

Funciones básicas de laUnidad de Protección Civil Municipal (UPCM).

La Unidad de Protección Civil Municipal tendrá dentro de sus funciones básicas la de dictar los lineamientos generales en materia de protección civil para inducir y fomentar que el principio de la Gestión Integral de Riesgos y la Continuidad de Operaciones, sea un valor de política pública y una tarea transversal para que con ello se realicen acciones de orden preventivo, con especial énfasis en aquellas que tienen relación directa con la salud, la educación, el ordenamiento territorial, la planeación urbano-regional, la conservación y empleo de los recursos naturales, la gobernabilidad y la seguridad. Deberá vigilar, mediante las dependencias y entidades competentes y conforme a las disposiciones legales aplicables, que no se autoricen centros de población en zonas de riesgo y, de ser el caso, se notifique a las autoridades competentes para que proceda a su desalojo, así como al deslinde de las responsabilidades en las que incurren por la omisión y complacencia ante dichas irregularidades.

Deberá elaborar y actualizar los Programas Especiales de Protección Civil, que son el instrumento de planea-

ción y operación que se implementa con la participación corresponsable de diversas dependencias e instituciones, ante un peligro o riesgo específico derivado de un agente perturbador en un área o región determinada, que involucran a grupos de población específicos y vulnerables, y que por las características previsibles de los mismos, permiten un tiempo adecuado de planeación, con base en las etapas consideradas en la Gestión Integral de Riesgos.

Conforme a las disposiciones del artículo 75 de la Ley General de Protección Civil, son facultades de la UPCM aplicar las siguientes medidas de seguridad: Identificación y delimitación de lugares o zonas de riesgo; Control de rutas de evacuación y acceso a las zonas afectadas; Acciones preventivas para la movilización precautoria de la población y su instalación y atención en refugios temporales; Coordinación de los servicios asistenciales; El aislamiento temporal, parcial o total del área afectada; La suspensión de trabajos, actividades y servicios, y las demás que en materia de protección civil determinen las disposiciones reglamentarias y la legislación local correspondiente, tendientes a evitar que se generen o sigan causando daños.

En el caso de asentamientos humanos ya establecidos en Zonas de Alto Riesgo, es facultad de la UPCM proponer con base en estudios de riesgos específicos, la realización de las obras de infraestructura que sean necesarias para mitigar el riesgo a que están expuestas o, de ser el caso, formular un plan a fin de determinar cuáles de ellos deben ser reubicados, proponiendo mecanismos financieros que permitan esta acción.

Para cumplir cabalmente con las funciones expresadas previamente es necesario trabajar en varios sentidos en la reorientación del ejercicio de la Protección Civil en el Municipio de Centro incorporando una visión administrativa orientada a la Gestión Integral del Riesgo, por lo que las medidas que a continuación se presentan se plantean en tres grandes ejes de acción: Estructura Administrativa; Calidad en el servicio y Continuidad en su funcionamiento; y Difusión y cultura de la Protección civil

Estructura Administrativa

Se propone inicialmente una estructura administrativa sencilla con tres niveles jerárquicos que van desde una dirección a jefaturas de departamentos. Esta estructura deberá evolucionar conforme el paso del tiempo y la evaluación de su funcionamiento. Esto quiere decir que deberá diseñarse un sistema de control y evaluación de la Unidad de Protección Civil Municipal que permita conocer de manera puntual su efectividad en las diferentes líneas de acción de su competencia.

En el primer nivel se encuentra la dirección general que tendrá como responsabilidad mantener la operación y funcionamiento la Unidad de Protección Civil, gestionar recursos y articular las actividades de la UPCM con los diferentes ámbitos gubernamentales y civiles. Igualmente La Dirección y en su caso el director en turno fungirá como Coordinador General del Sistema de Protección Civil Municipal, mecanismo que servirá para articular la actuación de las diferentes entidades municipales con las del orden federal y estatal en caso de emergencia.

La dirección de la UPCM será responsable de presentar el Programa Municipal de Protección Civil en un plazo máximo de tres meses contados a partir del inicio del trienio. Dicho programa deberá alinearse al Programa Nacional y Estatal correspondiente formando parte sustantiva de la estructura del Plan de Desarrollo Municipal en vigencia y será fundamental para gestionar los recursos necesarios del presupuesto municipal para fomentar la capacitación, equipamiento y tecnificación de la UPCM.

Para la atención a emergencias puede establecerse un fondo específico que podrá ser integrado por recursos municipales y privados derivados de la gestión de la UPCM. Dichos fondos deberán ser administrados por un fideicomiso y solo deben ser utilizados para los gastos de operación en la emergencia.

Conforme a lo estipulado en los artículos 89 y 90 de la Ley General de Protección Civil, la administración municipal deberá hacer patente que la Unidad de Protección Civil Municipal es la única autoridad con competencia y facultad para autorizar la utilización de una extensión territorial en términos de la amenaza y del riesgo esperado en el área de interés. Es importante destacar que todas aquellas medidas de mitigación o adaptación sugeridas por los particulares y autorizadas por la UPCM para el futuro uso del suelo deberán contar con un estudio sustentado técnica y científicamente, considerando además que las medidas de mitigación no afecten a otras personas o áreas.

Es importante señalar en este sentido que la autorización de permisos de uso del suelo o de utilización por parte de servidores públicos de cualquiera de los tres niveles de gobierno, que no cuenten con la aprobación correspondiente, debe considerarse una conducta grave, la cual se debe sancionar de acuerdo con la Ley de Responsabilidad de los Servidores Públicos respectiva, además de constituir un hecho delictivo en los términos de esta Ley y de las demás disposiciones legales aplicables.

Cabe subrayar que actualmente es una práctica común en el municipio de Centro solicitar opinión a otras dependencias sobre la posible autorización del uso del suelo, lo que ha resultado un mecanismo ideal para autorizar el relleno indiscriminado de áreas que fungen como zonas de amortiguamiento, así como la construcción de vivienda, infraestructura y demás usos del suelo en zonas con alto peligro, lo que ha complicado la situación del municipio. En el corto plazo será necesario modificar esta situación para evitar la dilución de la responsabilidad que esta acción trae sobre la población y el Ayuntamiento.

En un segundo escaño se encuentran la dirección de Normatividad, la dirección Operativa y la dirección de Registro y seguimiento, las cuales se explican a continuación.

La dirección de Normatividad tendrá a su cargo dos áreas o departamentos que le permitan por un lado generar información detallada de un fenómeno en particular o de un área específica mediante estudios puntuales que le permitan ir mejorando la información disponible y ampliando la escala de detalle de la misma. Esta situación permitirá a la UPCM contar con insumos adecuados para la actualización de la base de datos del Atlas como herramienta básica en la administración integral del riesgo.

Dentro de los estudios que actualmente son fundamentales de realizar se encuentra la identificación del drenaje urbano en sus dos modalidades (aguas residuales y pluviales), detallando el trazo, material, diámetros, capacidad de bombeo, detalles de bocas de tormenta, pozos y demás que permitan construir un modelo para la simulación de escenarios de anegamiento más puntuales.

Por otro lado, se sugiere instalar un mayor número de estaciones de monitoreo que provean información de-

tallada, para lo cual deben contar al menos con variables climáticas como velocidad y dirección del viento, precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa por microcuenca urbana para identificar áreas con microclima.

Es necesario una evaluación anual de cambio de uso del suelo en el ámbito urbano y rural para identificar áreas de construcción fuera de la normatividad. Esto además permitirá al Ayuntamiento identificar zonas de riesgo que se estén utilizando sin las autorizaciones y consideraciones debidas.

También es necesario realizar estudios puntuales de riesgo de fuentes específicas como rellenos sanitarios, depósitos de combustible y productos químicos, almacenes de pintura, tránsito de materiales peligrosos, entre otros para generar protocolos de actuación específicos ante un eventual desastre. En el caso específico de PEMEX, es urgente conocer la distribución y ubicación exactas de ductos en redes primarias y secundarias, capacidad de los ductos, tipo de material que transportan, presión a la que viajan los productos transportados, profundidad a la que se encuentran instalados, material del que están constituidos los ductos, tiempo de instalación y estimado de vida, programas de mantenimiento a ductos; ubicación de baterías y pozos, estado actual de los mismos, entre otros.

Con la información antes descrita, así como la incorporación a la base de datos de los incidentes ocurridos por diversos agentes perturbadores tanto de fenómenos naturales como antrópicos, la actualización permanente del Atlas de Riesgos municipal podrá generar información actualizada, pertinente y cada vez con mayor exactitud acerca de los peligros y riesgos que pueden afectar al territorio, la población y sus bienes. De esta manera podrá constituirse como la herramienta principal de la gestión integral de riesgo para este Municipio.

Por otra parte, el departamento de normatividad deberá con la información disponible evaluar las solicitudes de uso del suelo desde el punto de vista del riesgo y que las medidas de mitigación propuestas sean adecuadas y no transfieran el peligro a otras áreas.

Esta información permitirá mejorar el marco normativo de uso del suelo desde el punto de vista de la Gestión Integral del Riesgo, mediante la publicación y modificación de reglamentos específicos de construcción y uso del suelo que eviten o en su defecto mitiguen las posibles consecuencias de algún tipo de fenómeno en particular.

Un segundo departamento de la dirección de normatividad deberá ser el de Inspección y vigilancia, este deberá realizar actividades rutinarias de inspección para evitar se infrinjan los lineamientos vigentes y verificar que se cumplan las normas y recomendaciones realizadas por parte de la UPCM.

Es importante proponer el desarrollo de un mecanismo de aseguramiento en la construcción de áreas habitacionales para lograr la incorporación de las mismas al esquema administrativo municipal, lo que comúnmente se denomina municipalización. En efecto, es frecuente encontrar fraccionamientos no municipalizados en el territorio perteneciente al Centro, lo que genera anarquía en la prestación de servicios y mantenimiento de los mismos. Esta situación se puede controlar en lo que a nuevos desarrollos se refiere mediante una fianza que se libera al momento de la municipalización. De esta forma el Ayuntamiento asegura que el desarrollador cumpla con todos los elementos asignados aun después de haber comercializado los espacios.

Asimismo, a este departamento le corresponderá evaluar y en su caso autorizar los diferentes proyectos de uso del suelo que presenten los particulares. Este trámite podrá ser atendido por ventanilla única o directamente por la UPCM. Es importante resaltar que la información que presentan los particulares en temas como mecánica de suelos, topografía, batimetría, hidrología, drenaje, etcétera, deben ser organizados metódicamente y utilizados para enriquecer la información básica municipal, lo que permitirá a la administración municipal contar con más y mejor información que incorporada a los sistemas de administración del riesgo permitirán mejorar la calidad de los mismos.

Es imposible para la UPCM contar con personal y áreas más específicas para la normatividad y vigilancia de los particulares como son química, hidráulica, geología, mecánica de suelos, entre otras. Sin embargo, es posible prescindir de estos mediante la instrumentación de una firma de corresponsabilidad como en el caso de los Directores Responsables de Obra (DRO).

Dirección de Registro y Seguimiento

Será la responsable de llevar un control de todos aquellos usos del suelo autorizados con la información asociada a los mismos. Por ejemplo en el caso de construcción de una nueva estación de servicio, sería necesario conocer el número de tanques de almacenamiento, la profundidad a la que se desplantaron, el material que contienen, equipo de seguridad, planes y programas de acción, etc.

Por su parte el departamento de registro deberá llevar estadísticas puntuales de los siniestros y sus afectaciones. Por ejemplo en el caso de un incendio interesan variables como la fecha del siniestro, la intensidad, el monto de los daños, causa del mismo, etc. Es necesario llevar registros de vehículos automotores de transporte de material peligroso; volumen, presión y materiales transportados por ductos; materiales químicos almacenados en ferreterías, almacenes, restaurantes, etcétera, ya que entre mayor sea el conocimiento de las fuentes de peligro, mejor será la respuesta que se pueda diseñar para el caso de un accidente.

Respecto a los fenómenos hidrometeorológicos como son lluvias extremas e inundaciones es necesario detallar las modificaciones que se realizan en los sistemas hidrológicos superficiales para evaluar el posible impacto que estas tengan sobre otros centros de población.

Es importante que la información recopilada en campo sea georeferenciada e integrada al Sistema Municipal de Protección Civil mediante fichas técnicas de manera que permitan ir construyendo con información real mejores curvas de vulnerabilidad, montos de riesgo y por supuesto salvaguardar con eficiencia a la población y sus bienes. Esta información deberá estar especialmente disponible para el Departamento de Geomática. Este Departamento deberá ser un área transversal que pueda brindar servicio a todas las áreas de la UPCM. Su función será mantener vigente la cartografía con la información que se va generando en las áreas de normatividad, registro y seguimiento, así como en la operativa. Una buena coordinación entre esta área y la dirección de catastro permitirá dar seguimiento a las modificaciones y características de la vivienda para mejorar las clasificaciones y con ello los datos calculados del riesgo para los diferentes tipos de fenómenos. Igualmente a través del departamento de Geomática es posible construir una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (GIS) que permita poner a disposición del público en general la información necesaria

a través de diferentes plataformas como ArcGis online, ArcGis Server, Bing, Google Earth, entre otras.

Sin embargo, instrumentar este tipo de servicios requiere de personal con conocimientos de geomática, Informática y Sistemas, Redes de telecomunicaciones, así como equipamiento de cómputo e infraestructura de comunicación. El mantenimiento de este tipo de servicio puede llegar a ser complejo por lo que para reducir costos de operación se sugiere contratarlo con terceros, sean estos Universidades que cuenten con los recursos y la experiencia o bien mediante el sector privado con un acuerdo de confidencialidad que permita resguardar el valor de la información y la secrecía de la misma.

Una plataforma de GIS además de informar a la población permite una mayor interacción entre dependencias, lo que se traduce en colaboración directa para la recopilación de información y reporte de emergencias. La plataforma además debe integrar redes sociales, transferencia de datos, fotografías y geo-referencias para enriquecer la información del Sistema Municipal de Protección Civil (SMPC), además de otras aplicaciones.

Dirección Operativa

Esta Dirección, será la que atienda directamente las emergencias. En esta dirección deberá incorporarse personal altamente capacitado para atender emergencias y para preparar nuevo personal. Todos ellos deberán contar con certificaciones nacionales e internacionales y pertenecer al servicio público de carrera con lo que se asegura el mantenimiento del personal capacitado a través del tiempo. Será responsabilidad de esta misma dirección coordinar y organizar a los diferentes grupos de voluntarios de rescate y atención de emergencias que existen en el Municipio, procurando que permanezcan siempre capacitados y en comunicación.

En esta dirección el mayor grado de equipamiento deberá estar orientado al rescate y atención de emergencias. El uso de drones, lanchas, equipos de comunicación, vehículos todo terreno, ambulancias, entre otros, deberá ser un objetivo primordial en la gestión de esta dirección.

Uno de los objetivos primordiales de esta dirección será contar con los mecanismos de atención a emergencias necesarios para salvaguardar la vida de la población afectada por algún siniestro, lo que requiere de una estrecha coordinación entre instituciones de salud pública, grupos de atención, identificación de zonas de incidencia y demás que sean indispensables para el buen funcionamiento del SMPC.

Es importante destacar que la Coordinación de Protección Civil debe contar con un presupuesto adecuado a la relevancia de las actividades que debe realizar, considerando que su función principal debe consistir en salvaguardar la vida de la población que pudiera verse afectada por la presencia de algún agente perturbador sea por fenómeno natural o antropogénico. Este presupuesto debe ser independiente del fondo de atención a emergencias, de tal manera que puedan realizarse inversiones en capacitación, equipamiento, mantenimiento de equipos, estudios, etc. Existen algunos mecanismos de financiamiento que pueden ser útiles para enriquecer la labor de la UPCM y que al mismo tiempo pueden ayudar a disminuir la carga fiscal a la administración municipal, entre ellos se encuentran fondos Federales e Internacionales a los cuales puede accederse a través de proyectos.

Calidad en el servicio

Para brindar un servicio de calidad es necesario invertir en la profesionalización y continuidad del personal, así como en la infraestructura y equipamiento de la Unidad. La Ley General de Protección Civil en sus artículos 46, 47 y 48 señala necesaria la profesionalización de los integrantes del Sistema de Protección Civil mediante un Servicio Civil de Carrera, lo que coadyuvará a regular el ingreso, formación, permanencia, promoción y evaluación de todos los miembros. En caso de no existir este tipo de normativas en las actuales disposiciones de la administración municipal, sería pertinente crear el Sistema Civil de Carrera para servidores públicos responsables de la protección civil.

Los Planes y Programas de Protección Civil municipal deben ser actualizados; de igual manera deben diseñarse esquemas de transferencia de riesgos, así como un fondo de protección civil mediante un fideicomiso. Es necesario vincular a la Unidad de Protección Civil Municipal con las diferentes entidades administrativas del Ayuntamiento, particularmente con las de Obra Pública, Desarrollo, Educación, Salud y Catastro para mejorar mediante el trabajo conjunto la información disponible y la eficiencia en la atención de emergencias.

Difusión y Cultura de la Protección Civil

El conocimiento general por parte de la población de los resultados de este documento debe ser una de las herramientas básicas en la tarea de disminuir el riesgo, por lo que se propone la instrumentación de una campaña permanente de difusión mediante medios impresos, radio, televisión, internet (donde se incluyan redes sociales) y reuniones de trabajo con los Comités locales de Protección Civil.

De la misma manera, se recomienda estructurar en Internet un sitio que maneje la información cartográfica elaborada mediante las plataformas Google Earth o Bing Maps; estructurar en el Website cartográfico del Atlas de Riesgos un mecanismo de colaboración entre dependencias municipales, así como colaboración pública que permita generar reportes de eventos relacionados con la Gestión del Riesgo, mismos que posteriormente deberán ser validados y dados de alta en el GIS con la mayor cantidad de datos e imágenes posibles, de tal manera que disponga de una adecuada documentación y registro de siniestros.

Es aconsejable realizar campañas de difusión sobre Protección Civil en el hogar, el trabajo, la escuela y la vía pública, sobre los distintos tipos de riesgos detectados en el Municipio y en áreas específicas del mismo, sus efectos y formas de actuación antes, durante y posterior a la emergencia. Estas actividades pueden ser dirigidas a las zonas que tienen alto peligro para los fenómenos detectados. Asimismo, implementar un sistema de comunicación que permita alertar a la población con oportunidad de la presencia o el impacto de los fenómenos que amenazan al territorio, la población y sus bienes, en especial a aquellos que se encuentran cerca de zonas de peligro.

Se propone la estructuración de protocolos profesionales de actuación para los diferentes fenómenos detectados. Estos protocolos deberán incluir la interacción multi - dependencias definiendo puntualmente los alcances, actividades y responsabilidades de cada una de las entidades involucradas.

Por otra parte, es necesario crear un plan de desarrollo para la Unidad de Protección Civil Municipal (UPCM), que deberá incorporar los objetivos y metas a corto me-

diano y largo plazo para proveerla con el equipamiento adecuado (vehículos terrestres, acuáticos, aéreos, equipo de cómputo, etc.) y personal profesional capacitado en las diferentes áreas que se requieran. Dentro de este plan es preciso incorporar al menos tres tipos de unidades operativas: Cuerpo de Bomberos, Cuerpo de Paramédicos y Rescate, así como una Unidad de Supervisión municipal. El plan debe incluir programas permanentes de capacitación al personal de la UPCM y un programa permanente de prevención de riesgos en asentamientos humanos. Estos instrumentos deberán ser públicos y tener amplia difusión entre la población.

Es necesario mejorar el sistema de refugios temporales que se instrumentan a partir de la presencia de diversos desastres en el Municipio. Los establecimientos que puedan funcionar como refugios deberán estar perfectamente identificados, así como sus características. La instalación de los refugios deberá estar debidamente planificada considerando diversos aspectos como la determinación de un área segura para su ubicación, capacidad del mismo, ventilación adecuada, que cuente con el equipamiento necesario, entre otros. Se sugiere que estos espacios puedan ser útiles también para el desarrollo de programas de capacitación y realización de simulacros. El equipamiento mínimo conque deben contar estos establecimientos para ser considerados como refugios temporales son cisterna con capacidad suficiente para el número de personas que deberá albergar, sanitarios y regaderas en cantidad adecuada, cocina, suministro de energía eléctrica seguro, entre otros. En caso de que el establecimiento no cuente con el equipamiento necesario pero sea calificado como refugio, deberá tenerse previsto proveer al mismo con equipos portátiles tales como cocinas portátiles, baños, planta purificadora de agua, planta de energía eléctrica, etc.

Se recomienda ampliamente incorporar los resultados del Atlas de Riesgos en los Programas de Desarrollo Urbano del Municipio y vigilar el cumplimiento de las recomendaciones y señalamientos del mismo. Es además necesario buscar la independencia de los servicios municipales de Protección Civil de los del Instituto de Protección Civil Estatal.

Otras recomendaciones específicas por tipo de fenómeno

Fenómenos Geológicos

El vulcanismo es un agente perturbador que ha afectado al municipio de Centro. La erupción del volcán Chichonal impactó al territorio municipal únicamente con la caída de ceniza. No obstante, es importante analizar dos elementos básicos para definir la estrategia de actuación en este rubro. El primer elemento es la frecuencia. En este sentido es poco probable que se registre un evento similar en el corto o mediano plazo ya que la cronología registrada muestra un promedio de erupción de 250 años, con 110 años para el intervalo eruptivo mínimo y 490 para el máximo registrado. El segundo elemento importante a considerar es la intensidad en la erupción. El análisis de la información indica que el área de influencia esperada en próximas erupciones es limitada y se encuentra retirada del territorio municipal, tal como se puede observar en las imágenes correspondientes dentro de este Atlas. Sin embargo, se aconseja no descartar la posibilidad de recibir nuevamente el embate de una caída de ceniza en un evento futuro, por lo que es conveniente instrumentar un programa que por una parte sensibilice a la población en la forma de actuación ante un evento de esta naturaleza y por otra se cuente con un plan de acción en caso de presentarse una emergencia de este tipo.

En el caso de los sismos la probabilidad de que ocurra un evento con grado de 4.5 a 5 es del 5% por lo que resulta difícil pensar en el registro de eventos con magnitud mayor a 5. Sin embargo, sería ideal instalar un sismógrafo en algún centro de investigación para llevar registros más detallados al respecto y con ello mejorar la información para futuras actualizaciones.

En los casos de fallas, hundimientos y demás peligros mencionados en el capítulo dos, de acuerdo con los datos disponibles, ninguno de ellos se aplica al territorio. No obstante, al igual que en el caso de los sismos, es deseable establecer un sistema de monitoreo a largo plazo que permita un evaluar la subsidencia y determinar si estos agentes perturbadores en algún momento podrían afectar al territorio municipal.

Fenómenos Hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos son quizá los que mayor importancia tienen para nuestro entorno, mismos que con las variaciones esperadas como consecuencia del Cambio Climático Global pueden exacerbar su comportamiento haciendo que su impacto sea cada vez mayor. Ante este hecho es necesario actuar decididamente como autoridad y población para desarrollar estrategias que permitan mitigar los efectos de estos fenómenos en los próximos años.

Ondas cálidas y gélidas

Por las condiciones propias del sitio, las ondas gélidas no son factibles, la temperatura mínima registrada en esta zona no baja de los diez grados Celsius por lo que la sensación de confort no se pierde. Para este caso, el principal problema es que por el alto grado de humedad en el ambiente, la sensación térmica puede realzar el efecto de estas temperaturas mínimas que combinadas con la poca preparación que tiene la población al respecto se manifiesta con la aparición de enfermedades del tracto respiratorio. Esto se intensifica particularmente en niños menores de 10 años y adultos mayores que sobre pasan los 65 años.

Sin embargo con las debidas precauciones no debe generar consecuencias graves. Algunas recomendaciones al respecto son:

- Vigilar la temperatura de los cuartos de los bebés y los adultos mayores ya que pierden calor con facilidad;
- De preferencia no salir de casa si no hay necesidad, en caso de salir procurar vestir ropa abrigadora que cubra todo el cuerpo;
- Evitar los cambios bruscos de temperatura;
- No realizar ejercicios físicos excesivos, sobre todo al aire libre y
- Tomar líquidos suficientes durante el día para mantenerse hidratado.

Las campañas preventivas y durante el evento coadyuvan a mejorar la situación. Estas campañas deben ser en radio, televisión, prensa, internet (páginas web y redes sociales), escuelas, centros de trabajo, etc.

En años recientes, los eventos climáticos extremos han mostrado un mayor comportamiento en el planeta, dentro de estos se encuentran las ondas de calor, las cuales generan severos impactos en la población como golpes de calor, agotamiento y calambres, que suelen presentarse principalmente en la población infantil y de edad avanzada, pudiendo provocar enfermedades severas e incluso riesgo de muerte, particularmente en las zonas urbanas de bajos recursos económicos debido a que carecen de los medios para obtener mayor

confort y donde se concentra un gran número de habitantes. En el Municipio, la combinación de humedad ambiental y las altas temperaturas que se registran en los meses de abril y mayo pueden provocar serios problemas de salud e incluso causar la muerte de personas sensibles que se encuentran realizando actividad física al medio día sin la correcta hidratación y descanso. Por lo que es deseable que a través de la Unidad de Protección Civil Municipal se implementen campañas de concientización para no arriesgar la vida ante estas circunstancias. Algunas recomendaciones que podría seguir la población para mitigar los riesgos por "Golpes de Calor" derivado de las altas temperaturas que se lleguen a registrar en el municipio son las siguientes:

- Evitar en lo posible las actividades al aire libre, sobre todo las que implican esfuerzos físicos. Eludir el horario de 10 am a 4 pm para estas actividades toda vez que los índices de Radiación Ultravioleta se registran en sus niveles más altos.
- Cierre ventanas y cortinas expuestas al sol mientras la temperatura exterior sea superior a la interior. Ábralas de noche para facilitar la entrada de corrientes de aire.
- Si tiene que salir, procure estar a la sombra.
- Use sombreros o pañuelos y vista ropa liviana y amplia, de colores claros. Llevar siempre una botella de agua.
- Mantener la piel expuesta hidratada, haciendo uso de filtros y cremas solares, con lo que se podrá reducir el riesgo de quemaduras.
- Si hace demasiado calor, bañarse varias veces al día.
- Consumir líquidos en suficiencia a fin de mantener la temperatura corporal y evitar riesgo de deshidratación.
- Ofrecer a los niños y adultos mayores líquidos cada 30 minutos, aunque no los soliciten.
- No consumir bebidas alcohólicas ni cafeína en ninguno de los casos anteriores, ya que favorecen la deshidratación.
- Vigilar las actividades de menores, personas de la tercera edad y con capacidades diferentes, ya que son los más propensos a sufrir afectaciones importantes en estas condiciones.
- En caso de presentar síntomas de deshidratación acudir al servicio médico para la revisión correspondiente.
- De manera general, es también importante evitar tirar basura en los lotes baldíos y colillas encendidas, ya que se corre el riesgo de provocar algún incendio.

Ondas tropicales, ciclones y huracanes

Los efectos para estos fenómenos se analizan de manera separada. Por una parte aquellos vinculados a la fuerza del viento y por otro aquellos que se relacionan con la precipitación pluvial que los caracteriza y sus efectos.

Vientos

La constante en el Estado y en particular en el Municipio son vientos suaves con velocidades no mayores a los 15 km/h. Sin embargo, se ha registrado el incremento de la fuerza de este agente perturbador en los últimos años. Esto posiblemente puede estar asociado a los efectos globales que genera el cambio climático.

Los efectos se presentan principalmente en las zonas urbanas y rurales habitadas donde el desgajamiento y caída de árboles causan algunos daños en la vivienda y vehículos estacionados. Otros como el desprendimiento de techumbres de lámina de zinc se presentan en viviendas que no se encuentran bien construidas o por tener los soportes que se encuentran oxidados y en mal estado lo que provoca que no resistan la fuerza de los vientos y se desprendan.

Para contribuir en la solución a esta problemática se propone el desarrollo de un programa de sustitución escalonada de árboles viejos por árboles de especies nativas que sean flexibles y con raíz hipogea profunda para ayudar a resistir los vientos fuertes, evitando con ello dañar la infraestructura subterránea y disminuyendo los daños por caídas. Un programa permanente de podas de mantenimiento y aclareo complementaría el programa de sustitución escalonada. La instrumentación de estos programas no solo ayudara a evitar los daños ocasionados por la caída de árboles en zonas habitadas y en vías de comunicación, sino que además permitirá reforzar la imagen urbana que se tiene de la ciudad de Villahermosa.

Por otro lado, sería ideal establecer un programa de remplazo de techos de lámina y materiales vegetales (guano) por techos verdes y paneles solares, lo que tendría varias funciones. Por una parte, los techos verdes prestarían servicios ambientales como purificación del aire, captura de carbono, producción de oxígeno y disminución de temperatura; además de que se reducirían considerablemente los remolinos de polvo, las superficies pavimentadas, la radiación producto del reflejo del sol en las láminas y techos de concreto (recalentamiento de techos), las variaciones de temperatura del ciclo día – noche y ayudan a aliviar el sistema de alcantarillado al absorber parte de la lluvia. Lo anterior favorece la reducción de la temperatura general de la Ciudad, lo que podría permitir hacer un uso más eficiente de la energía y mejorar a su vez las condiciones generales de la población al ofrecer un mayor confort en la temperatura de la vivienda y tener un menor gasto por consumo energético, ya sea por la disminución de la temperatura en la Ciudad y al interior de la vivienda al usar techos verdes o por la generación y uso de energías limpias (verdes) al emplear paneles solares.

El programa de uso de techos verdes se puede implementar gradualmente para ir logrando progresivamente un clima urbano saludable. Los primeros resultados probablemente serían visibles al ajardinar un 20% de las superficies techadas de la Ciudad, ya que un techo de césped sin podar tiene en promedio de 5 a 10 veces más superficie de hojas que la misma área en un parque abierto.

En otro sentido, se requiere llevar a cabo un trabajo de supervisión y registro de espectaculares para verificar que cumplan con las normas, lo que aportará información fidedigna sobre la cantidad total, ubicación de los mismos y las condiciones en que se encuentran.

Es necesario establecer un mayor número de estaciones de monitoreo para el viento y en general para la las variables atmosféricas y climáticas en todo el territorio municipal ya que actualmente no se cuenta con información detallada y es necesario extrapolar la información disponible con los supuestos y errores que esto puede ocasionar.

Lluvias Extremas e Inundaciones

Uno de los problemas fundamentales del municipio se relaciona con la intensa precipitación pluvial que se registra en el municipio y en general en la cuenca de influencia del mismo. En efecto, los escurrimientos locales con aquellos que provienen de la zona alta de Chiapas y de la zona serrana de Tabasco hacen sinergia, formando en consecuencia las características fisiográficas de la región. Esto supone un predicamento serio ante la necesidad de espacios seguros para viviendas, por lo que la población con escasos recursos económicos o bien

con escaso conocimiento del medio, adquiere terrenos y casas en zonas inundables. Estas zonas por naturaleza sirven a los sistemas fluviales para regular sus crecientes y mantener la fertilidad de los suelos y la biodiversidad.

No obstante, ante la falta de lineamientos adecuados y mano firme en su aplicación, se ha reducido progresivamente la superficie de los cuerpos de agua y zonas bajas, y con ello su capacidad de almacenamiento, por lo que los asentamiento humanos que se han establecido en estas áreas son afectados prácticamente de forma anual por las crecientes naturales de los ríos y lagunas del territorio municipal. Por si esto no fuera suficiente, la construcción de infraestructura de protección contra inundaciones como bordos y muros ha disminuido aún más el espacio de afectación en la zona por lo que el problema se resuelve en algunas áreas pero se acentúa en otras.

Ante este panorama se recomienda realizar un estudio específico de la hidrología superficial que permita definir áreas de rescate de algunos cuerpos de agua, así como la delimitación puntual de zonas de amortiguamiento hidráulico para resolver de forma definitiva el problema, devolviendo al territorio parte de la capacidad de tránsito y acumulación del agua. Lo anterior permitirá incorporar en los programas de Ordenamiento Territorial y Ecológico, así como en los de Desarrollo Urbano, políticas de protección para humedales y zonas de amortiguamiento hidráulico de tal manera que les permita mantener su función pero que además faciliten el aprovechamiento sustentable del área.

Bordos y Obras de contención

En los últimos años como consecuencia de las frecuentes inundaciones, se ha detonado la construcción de bordos, muros y otras obras de protección hidráulica para disminuir el grado de amenaza por inundación en la zona urbana del municipio de Centro. Sin embargo, es factible que existan efectos colaterales como resultado de las obras que se realizaron para dar respuesta inmediata a las demandas de la ciudadanía. Cabe señalar que para la solución de la problemática planteada existen alternativas que aunque son de mayor impacto social, tienen mejores perspectivas a largo plazo.

De esta forma, la Ciudad prácticamente se encuentra rodeada de estas estructuras "protectoras" que han generado un incremento en la presencia de anegamientos por aguas negras y pluviales ante la imposibilidad de drenar hacia los sistemas naturales que servían de receptáculos. Un ejemplo muy claro se presenta en la zona de Miguel Hidalgo donde la construcción de una barda de protección, aisló la laguna Covadonga de los fraccionamientos que ahí existen, con la intención de protegerlos del desbordamiento de la referida laguna. Sin embargo, no alcanzaron a visualizar que con las lluvias fuertes se alcanzarían importantes tirantes de anegamiento en el interior de los fraccionamientos, por lo que fue necesaria la construcción de cárcamos y sistemas para liberar el agua que se recoge en la cuenca.

En este punto, es importante señalar no solamente que el costo de construcción, operación y mantenimiento de los cárcamos y los sistemas de drenaje pluviales son crecientes y muy elevados y no se están transfiriendo a la ciudadanía que ocupa estos sistemas; sino que además, los habitantes de estas zonas en presencia de lluvias torrenciales se encuentran sujetos al correcto y oportuno funcionamiento de los cárcamos para el desalojo del agua. Ante este panorama, se plantea como una necesidad fundamental, primero como una condición entre otras para lograr permisos de construcción en zonas de alto riesgo por este fenómeno, solicitar a los desarrolladores un proyecto viable, fundamentado técnica y científicamente que explique cómo se va a mitigar el riesgo en esas zonas y de donde se obtendrán los recursos para implementar las medidas de mitigación permanentes, sin que estos costos se carguen al erario público municipal.

Por otra parte, es necesario encontrar y aplicar mecanismos de transferencia de los costos de operación y mantenimiento de los cárcamos a los usuarios mediante impuestos especiales en zonas de riesgo. Estos recursos podrán ser utilizados para la segura y oportuna operación de los cárcamos, así como para la inversión en aspectos relacionados con la mitigación del riesgo en estas áreas.

En lo que se refiere a la construcción de la barda de protección de la zona Centro y Gaviotas, uno de los reclamos más sentidos de la población es que la historia y construcción de la ciudad de Villahermosa está íntimamente relacionada con el río. Sin embargo, con la construcción del muro esta relación se ha perdido por lo que resulta importante para la Ciudad y sus habitantes recuperar estos espacios tanto en el lado del río Carrizal como en el lado del río de la Sierra.

Por el lado del Carrizal ya se cuenta con una estructura de control que permite replantear esta relación con el río, desarrollando espacios públicos en ambas orillas que permitan la convivencia pública y el embellecimiento del área. En lo que corresponde al río de la Sierra, una opción para mejorar la situación actual podría ser la construcción de una estructura que permita derivar parte del caudal del río, a la zona de los Zapotes. Desde luego que es necesario realizar los estudios pertinentes.

Para el caso del drenaje urbano de los escurrimientos, se recomienda construir la red de drenaje pluvial para separar lo que corresponde a los escurrimientos pluviales de las aguas negras. Esto además de mejorar el sistema de drenaje pluvial permitirá disminuir la carga de trabajo para las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Se sugiere reforzar y mejorar el sistema de recolección y manejo de residuos sólidos, además de concientizar a la población respecto al daño que se genera por la presencia de basura en las calles; ya que además de contribuir a la saturación, inadecuado funcionamiento e incluso la falla de los sistemas de drenaje, constituyen una fuente de contaminación de suelos y cuerpos de agua.

Otro elemento que resulta importante en este renglón es la gran cantidad de vegetación que existe en el municipio. En efecto, aunque resulta paradójico, el hecho de que la ciudad de Villahermosa y en general los asentamientos humanos del Municipio se caracterizan por el abundante follaje que los rodea, este genera importantes cantidades de residuos que generalmente terminan obstruyendo los sistemas de drenaje. Un ejemplo muy gráfico sucede en los meses de abril y mayo, cuando en la Ciudad se presenta la floración de árboles como el Macuilí y el Guayacán que son característicos de la zona, por lo que se consideran íconos de la misma. Inicialmente estos árboles pierden la totalidad de sus hojas dando paso a las flores que tienen un periodo de vida muy corto en la planta. La caída tanto de hojas como de flores demanda un esfuerzo extra en la limpieza de la calles para evitar el colapso de los drenajes.

Para esta situación se recomienda implementar un programa de colecta de material orgánico donde también se incluyan los residuos generados por las podas y el recambio de árboles, mismos que se podrán utilizar para elaboración de composta, reintegrándolo posteriormente al medio como fertilizante en las actividades

de jardinería de la Ciudad, así como en la recuperación de otras zonas de la Ciudad y del Municipio.

Fenómenos de tipo antropogénico

Es necesario realizar un Censo General de Industrias y Servicios en el municipio para determinar el inventario de fuentes, cantidades, métodos de almacenamiento y disposición final de residuos y sustancias químicas. De hecho es necesario contar con un censo de actividades, industrias y servicios debidamente geo-referenciado ya que incluso las empresas, comercios, instituciones, etcétera, que realizan actividades no consideradas altamente riesgosas de acuerdo a los listados oficiales, pueden manejar en sus instalaciones sustancias y materiales peligrosos por lo que es importante también ubicarlas, identificarlas y clasificarlas.

Existen varias alternativas metodológicas para colectar esta información. No obstante, todas ellas requieren de la intervención de una Institución gubernamental que dé fe de la actividad realizada y de la utilidad de la información. Entre las instituciones, empresas y prestadores de servicios a visitar deberán encontrarse todo tipo de instalación industrial, almacenamientos de gases, terminales de autotransporte de carga, plantas potabilizadoras, plantas de tratamientos de aguas residuales, frigoríficos y plantas de refrigeración, plantas de tratamiento y/o disposición de residuos, aeropuertos, comercios, gasolineras, tintorerías, restaurantes, tlapalerías, tortillerías, panaderías, mercados, estaciones de carburación, almacenes de explosivos, hospitales y empresas que manejan material radioactivo, entre otros.

Es conveniente que se le solicite oficialmente a la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos la siguiente información: tipo y características de las instalaciones en territorio municipal, material manejado o transportado, estado físico de la sustancia, presión de operación, temperatura e historial oficial de accidentes. Cabe recordar que solo la red de ductos primarios y líneas de transporte de materiales peligrosos representan más de 3 mil kilómetros que pueden resultar expuestos ante algunos fenómenos y a su vez, se constituyen como potenciales fuentes de peligro. Por lo que es deseable que las autoridades municipales en pleno uso de sus atribuciones, investigue y recabe información sobre los roles de mantenimiento, las rutas utilizadas, las formas de conducción, etcétera, con la finalidad de tener información para estimar con mayor precisión el grado de amenaza y por consecuencia el riesgo.

Es necesario trabajar fuertemente en recabar estadísticas y datos sobre los siguientes temas:

- El número de accidentes y su ubicación. Esto permitirá definir una tasa de excedencia por periodo.
- Nivel de exposición: que consiste en determinar el aforo promedio para los tramos de carretera
- La tasa de accidentes para un periodo dado, que exceda un valor establecido. Este criterio toma en cuenta el nivel de exposición. Las tasas se expresan usualmente en términos de accidentes por millón de vehículo-kilómetros, para el caso de carreteras; para el caso de las intersecciones se han utilizado una variedad de métodos para determinar el nivel de exposición.

Lo anterior permitirá identificar los peligros debidos al transporte de materiales y residuos peligrosos en el sitio de interés.

Recomendaciones incendios

La falta de prevención, el abandono de área rurales y otras dificultades estructurales, favorecen el aumento de incendios forestales. Estos son altamente peligrosos, no solo para la biodiversidad, sino también para la seguridad de la población. Además, la mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor y el aumento de las temperaturas contribuye a una mayor frecuencia e intensidad de incendios forestales.

Para disminuir el riesgo por incendios forestales, es fundamental establecer y cumplir una serie de normas que controlen el uso del fuego en el ámbito rural. Es también necesario llevar a cabo un registro anual de incendios que incorpore la superficie afectada, la frecuencia y la ubicación, para que los resultados formen parte del inventario de emisiones con miras al establecimiento de medidas de mitigación para el cambio climático.

A través de un programa municipal de captura de carbono puede estimularse a quienes coadyuven al logro de los objetivos del mismo, parte de los recursos para estos estímulos pueden generarse a partir de los impuestos que deberán cubrir aquellos que deseen realizar quemas. Lo anterior debido a los importantes daños que generan los gases emitidos a la atmósfera por esta actividad.

En el ámbito urbano, además de prohibir el uso del fuego para quemar basura, es necesario elaborar un inventario geo-referenciado de restaurantes, boutiques (venta de ropa, tela, calzado), panaderías, tortillerías, tiendas de conveniencia, farmacias, abarroteras que son posibles fuentes de combustión.

Para las fuentes ya detectadas, es necesario recabar mayor información sobre los volúmenes de almacenamiento, mecanismos y protocolos de seguridad. Toda la información que se recabe y sistematice, debe constituirse como la base fundamental a partir de la cual debe realizarse la siguiente actualización del Atlas de Riesgos, misma que por ley debe llevarse a cabo al menos cada tres años. Las actualizaciones de este instrumento permitirán tener una mayor certeza de los peligros, vulnerabilidad y riesgo que existen en el territorio municipal y con ello la UPCM podrá preparar mejores estrategias que eviten y/o disminuyan el riesgo de la población.

Finalmente, es importante señalar que a largo plazo debería resultar menos costoso y más seguro, realizar los trabajos que se requieren para obtener información sobre todas las posibles fuentes de peligro en el municipio, así como brindar los apoyos y recursos para lograr el correcto y puntual funcionamiento del Sistema de Protección Civil Municipal, que realizar elevados gastos para la atención de emergencias, así como para la reconstrucción debido a los daños provocados por la presencia de estos fenómenos, además de que se ofrece a los habitantes del Centro, un Municipio más seguro. ■

Como Recomendación General se presenta la siguiente tabla de acciones aunque debemos recordar que estas acciones dependen del nivel de intensidad, frecuencia, grado de exposición y demás variables vinculadas en los análisis, por lo que la respuesta no es lineal y depende de un análisis detallado para cada situación a partir de la información proporcionada como resultado de este trabajo y que se encuentra disponible en la base de datos.

Peligro / Fenómeno	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Sismo			Establecer un sistema de monitoreo local, así como estudios de las características geotécnicas		
			Reforzar la normatividad en la construcción		
Vulcanismo				Protocolos de actuación y de información a la población civil	
Ondas cálidas	Protocolos de actuación y de información a la población civil				
Sequias				Protocolos de actuación y de información a la población civil	
Lluvias Extremas	Promover la mejora en sistemas de drenaje pluvial	Promover la mejora en sistemas de drenaje pluvial	Promover la mejora en sistemas de drenaje pluvial		
Inundaciones	Analizar cada caso de uso del suelo de forma independiente	Analizar cada caso de uso del suelo de forma independiente	Analizar cada caso de uso del suelo de forma independiente	Analizar cada caso de uso del suelo de forma independiente	Analizar cada caso de uso del suelo de forma independiente
Contaminación	Desarrollar inventarios de fuentes	Evaluar condiciones de almacenamiento y disposición final de residuos	Registros periódicos		
Incendios Forestales	Protocolos de actuación y de información a la población civil	Limitar el uso del fuego por el peligro que genera y por los daños ambientales que provoca. Principalmente al cambio climático			
Incendios no Forestales	Protocolos de actuación y de información a la población civil	Protocolos de actuación y de información a la población civil	Protocolos de actuación y de información a la población civil		
Explosión	Desalojar a la población	Desalojar a la población	Protocolos de actuación y de información a la población civil		

BIBLIOGRAFÍA

Adams, R.H., O. Castillo, J. Zavala & D. Palma. (1999). "Recuperación con mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) de áreas impactadas por hidrocarburos y su manejo como agrosilvo-ecosistema en la zona costera de Huimanguillo y Cárdenas, Tabasco" Reporte final de proyecto relativo al uso sustentable y conocimiento de recursos biológicos de la zona Maya de México. CONABIO/Fundación MacArthur. No. Ref. MO76.

Ayuntamiento del Municipio de Centro. (2009). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la Ciudad de Villahermosa y Centros Metropolitanos del Municipio de Centro, Tabasco 2008-2030. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Tabasco.

Ayuntamiento del Municipio de Centro. (2000). Programa de Desarrollo Urbano Municipal de Centro. Tabasco. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Tabasco.

Ayuntamiento del Municipio de Centro. (1992). Actualización del Programa de Desarrollo Urbano de la Cabecera Municipal 1992. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Tabasco.

Barba-Macias, E., M. J. Rangel & R. R. Ramos. (2006). Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de Información Geográfica. *Universidad y Ciencia*. 22(2): 101-110.

Barba, E. (2005). Valor del hábitat: Distribución de peces en humedales de Tabasco. *ECOfronteras*. 25: 9-11.

Barrera-Bassols, N. (1992). El impacto ecológico y socioeconómico de la ganadería bovina en Veracruz. En: Boege, E y H. Rodríguez (eds.) Desarrollo y medio ambiente en Veracruz. CIESASGOLFO. Instituto de Ecología y Fundación Friedrich Eber. Pp. 79-114.

Baró-Suárez, J. E., C. Díaz-Delgado, G. Calderón-Aragón, M. V. Esteller-Alberich, & E. Cadena-Vargas. (2011). Costo más probable de daños por inundación en zonas habitacionales de México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, *2*(3), 201-218.

Baró-Suárez, J. E., C. Díaz-Delgado, G. Calderón-Aragón, M. V. Esteller- Alberich, & E. Cadena-Vargas. (2007). Curvas de daños provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas de México, Parte I. Propuesta metodológica. *Ingeniería Hidráulica en México*. 12(1), 91-103.

Benitez C, W. Arias & J. Quiroz. (1980). Manual de conservación de suelos y aguas. Ministerio de agricultura y alimentación. Lima.

Bitrán, D. (2000). Evaluación del impacto socioeconómico de los principales desastres natuales ocurridos en la República Mexicana durante 1999 *Serie: Cuadreno de Investigaciones (50). SEGOB*-CENAPRED, México.

Bremer, M. H. y C.A. Lara. (2001), "Proyecto de Atlas de Riesgo de Inundación de la Ciudad de Monterrey", Reporte del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), ITESM Campus Monterrey, México.

Capdepont-Ballina J. L., y P. Olán Marín. (2013). La economía de Tabasco y su impacto en el crecimiento urbano de la ciudad de Villahermosa (1960-2010). *Limina R. Estudios sociales y humanísticos*, *12*(1), 144-160.

Carvajal Domínguez, J. A. (2008). *Las causas de la inundación de 2007 en Tabasco. Tabasco*. UJAT. México.

CEDUA. (2008). Factores y actores de la inundación en Tabasco: lecciones de un desastre y políticas de prevención. *Materiales del seminario*. México: CEDUA-COLMEX.

SEGOB. Secretaría de Gobierno, CENAPRED. Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2014). "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos" (Fenómenos Químicos) *Serie: Atlas Nacional de Riesgos*. SEGOB, CENAPRED, México.

_____. (2014). "Guía de Prevención de Desastres. SEGOB, CENAPRED, México. 59 p.

_____. (2006). "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos" *Serie: Atlas Nacional de Riesgos* (Fenómenos Hidrometeorológicos). *Serie: Atlas Nacional de Riesgos*. SEGOB, CENAPRED, México.

_____. (2006). "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos" *Serie: Atlas Nacional de Riesgos* (Conceptos Básicos Sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica). *Serie: Atlas Nacional de Riesgos*. SEGOB, CENAPRED, México.

_____. (2006). "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos" *Serie: Atlas Nacional de Riesgos* (Fenómenos Geológicos). *Serie: Atlas Nacional de Riesgos*. SEGOB, CENAPRED, México.

_____. (2004). "Guía Metodológica para la Elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel de Ciudad (identificación y zonificación) 2004". CENAPRED- SEDESOL.Programa Hábitat. México.

CENAPRED. Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2013). Mapas de Índices de Riesgo a Escala Municipal por Fenómenos Hidrometeorológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, D.F.

_____. Sistema Nacional de Protección Civil. Prevención de riesgos no. 7. CENAPRED. México.

CEPAL. Comisión Económica para América Latina. (2008). Tabasco: características e impacto socioeconómico de las inundaciones provocadas a finales de octubre y comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4. México: CEPAL-SEGOB-CENAPRED-Gobierno del Estado de Tabasco. 231 pp.

_____. Naciones Unidas, CENAPRED y Secretaría de Planeación y Desarrollo Social del Estado de Tabasco. (2012). Impacto socioeconómico de las inundaciones registradas en el estado de Tabasco de septiembre a noviembre de 2011. CEPAL, UN, México D.F.

CFE. Comisión Federal de Electricidad. (1994). Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, "Diseño por Viento" México, D.F

CFE. Comisión Federal de Electricidad. (1993). Manual de Obras Civiles. Comisión Federal de Electricidad, "Diseño por Sismo." México, D.F

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. (1993). Manual de Ingeniería de ríos: Estudio hidrológico para obras de protección, Capítulo 3, Subdirección General de Administración del Agua, Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, México.

Colegio de Postgraduados. (2009). Capacidad de uso del suelo urbano en Tabasco, con base en suelo, uso actual y vegetación. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 204 p.

Colotti, E., M. Cedeño, & C. Montañez. 2013. "La sequía meteorológica y la variación de la superficie agrícola en la Isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela período 1972-2004". *Terra Nueva Etapa,* Vol. XXIXnum. Enero-Junio, pp. 11-53.

CONAPO. Consejo Nacional de Población. (2014). Dinámica demográfica 1990-2010 y proyecciones de población 2010-2030. CONAPO, México. 43 p.

_____. (2014). Índicede Marginación por Entidad Federativa y Municipio 2010. CONAPO, México.

CONEVAL y SEDESOL. Secretaria de Desarrollo Social y Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2015). Informe Anual Sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social. CONEVAL y SEDESOL. México.

_____. (2012). Informe Anual Sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social. CONEVAL y SEDESOL. México. PROSPECTIVA

_____. (2010). Informe Anual Sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social. CONEVAL y SEDESOL. México.

CONEVAL. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2012). Informe de Pobreza y Evaluación en el Estado de Tabasco 2012. CONEVAL. México.

De la Cruz-Reyna S. (2004), "Volcanes, Peligro y Riesgo Volcánico en México. Serie Fascículos.", 1a. Edición, CENAPRED, México.

_____ and meli R., Quaas R. (1999). "Volcanic crisis management". en: Encyclopedia of volcanoes. (eds) H. Sigurdsson, B. Houghton, S. Mcnutt, H. Rymer & J. Stix. Academic press. Pp.1199-1214.

_____ and Siebe C., 1997, Volcanology: The giant Popocatépetl stirs. *Nature*, 388, 227.

_____. (1996). Long term probabilistic análisis of future explosive erupcions. In r. Scarpa and r. Tiling . Eds: monitoring and mitigation of volcano hazards. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. Pp. 599-629.

_____, S., Mena., Segovia, N., Chalot, J.F., Seidel, J.L. & Monnin, M. (1985). "Radon emanometry in soil gases and activity in ashes from el chichón volcano". Pageoph, 123: Pp. 407-421.

DOF Diario Oficial de la Federación. (2005). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación, 26 de diciembre de 2005. México.

_____. (2004). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. México, 29 de abril de 2004.

CAPRA. (2009). Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina (ERNAL). *Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura.*(Informe técnico ERN-CAPRA-T1-5), 48 p.

Flores, V. O., & P. Gerez. (1988). Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. México.

Franco, W. (1989). Enfoque metodológico para el análisis de la variabilidad temporoespacial de la precipitación: Sector Los Caracas-Mamo. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela. Caracas: Venezuela.

Galindo-Alcántara A., S. Ruiz-Acosta & A. Morales. (2013). Diagnostico del potencial turístico, histórico y cultural del Centro Histórico de la ciudad de Villahermosa. Informe Técnico. Tabasco, México.

Galindo-Alcántara A., S. Ruiz-Acosta, A. Morales., C. Gómez., M. Salcedo, M. Aguilar, J. Valencia y C. M. Rodríguez. (2009). Atlas de Riesgos del Municipio de Centro, Tabasco, 2009. México. Ayuntamiento del municipio de Centro, Tabasco y Secretaría de Desarrollo Social. Tabasco, México.

Galindo-Alcántara A. A., Ruiz, A. S., Zenteno, R. E., Sol, S. A., Bouchot, C. C. & Izquierdo, R. M. (2000). Diagnóstico Integral de las Cascadas de Reforma, Balancan, Tabasco: Sustento Técnico de la Propuesta de Decreto de un Área Natural Protegida. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. México. 95 pp.

García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto Nacional de Geografía, UNAM, México. 246 p.

García-López, E., J. Zavala-Cruz, & D. J. Palma-López. (2006). Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. Terra Latinoamericana, 24(1), 17-26.

GET. Gobierno del Estado de Tabasco. (1988). *Tabasco a través de sus gobernantes,* t. 3-9, Villahermosa: Gobierno del Estado de Tabasco/Instituto de Cultura de Tabasco.

Guevara O. E., R. Q. Weppen & G. Fernández. (2006). Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y municipales de peligros y riesgos.

Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones & A. Jarvis. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: 1965-1978.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2014). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2014 "Indicadores Estratégicos". Base de datos. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (2013). "Estadísticas a propósito del día internacional de la juventud" Datos de Tabasco INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (2012 a). *Anuario Estadístico del Estado de Tabasco*, México. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (2012 b). *Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares, 2011. Base de datos.* INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (2012 c). *Estadísticas de mortalidad, 2011. Consulta interactiva de datos.* INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (2011 a). Censo de Población y Vivienda 2010. Cuestionario ampliado. Base de datos. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (2011 b). *Panorama Sociodemográfico de Tabasco 2011*. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (2010). *Estados Unidos Mexicanos. Censos de Población,* México. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (2008). Modelo digital de elevación Lidar escala 1: 10 000. Aguascalientes, México. IUSS, ISRIC y FAO. 2007. World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and comunication. No. 103. Rome, Italy. 132 p.

_____. (2006). *Cuaderno Estadístico Municipal Centro, Tabasco, Edición 2006*. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (2001). *Síntesis de Información Geográfica del Estado de Tabasco, (Digital)*. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (1989). *Uso Potencial del Suelo*. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

_____. (1986). *Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de Tabasco*. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

IRM. Instituto de Recursos Mundiales. (1992). Recursos Mundiales 1992-1993. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. México. 433 p.

Jiménez, E. M., L. G. Matías, F. García, C. Vázquez, E. D. Mendoza y S. Renner (2014). Análisis del peligro y vulnerabilidad por bajas temperaturas y nevadas En: "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos" Serie: Atlas Nacional de Riesgos (Fenómenos Hidrometeorológicos). CENAPRED. México.

Kreft, S., D. Eckstein, L. Junghans, C. Kerestan, & U. Hagen. (2014). Global climate risk index 2015: who suffers most From extreme weather events? weather-related loss events in 2013 and 1994 to 2013.

Larios R. J y J. Hernández. (1992). *Fisiografía, ambientes y uso agrícola de la tierra en Tabasco, México*. UACh; Chapingo, México.

Larios R., J y J. Hernández. (1987). *Zonificación fisiográfica del estado de Tabasco. Revista de Geografía Agrícola.* (14) 20-32.

López, G. M. (2013). Evaluación de cuatro áreas naturales protegidas del estado de Tabasco. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca. Tabasco, México.

López, H. E. (2006). Áreas Protegidas y Ecoturismo: Una evaluación para su desarrollo Sostenible en Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 1ra. Ed. México. 20- 139 p.

López M. R. (1980). Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 1. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 121 p.

Mansilla, E. y I. Rubio, (2009). Diagnóstico Nacional de los Asentamientos Humanos ante el riesgo de Desastres. Elaborado para la Secretaría de Desarrollo Social, SEDESOL, México.

Mansilla, E. (2008). *Marco general de Riesgo en México*. CENAPRED. México.

Mansilla, E. (2007). Ordenamiento territorial y el desarrollo urbano-regional en México. Documento preparado como insumo para el Diagnóstico General del Plan Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial 2009-2012. PUEC-UNAM.

Mansilla, E. (1996). "Prevención y Atención de Desastres en México" En: A. Lavell y E. Franco, Estado, Sociedad y gestión de los Desastres en América Latina. LA RED, FLACSO, ITDG Perú. Lima.

Marín Olán, P. (2013). Modernismo hidráulico y urbanización. *Estrategias adaptativas y conciencia práctica de poblaciones tabasqueñas sujetas a inundaciones recurrentes*, ponencia presentada en el VII CEISAL, Memoria, Presente y Porvenir en América Latina, Universidad Fernando Pessoa, Oporto, Portugal.

Marín Olán, P., J. L. Capdepont Ballina & M. Díaz. (2012). *Identificación de áreas de amortiguamiento y protección ecológica: ordenamiento y gestión de la parte baja de la subcuenca de los ríos de la Sierra* (informe técnico), Tabasco: El Colegio de la Frontera Sur. México.

México, S. S. E. (2012). *Impacto socioeconómico de las inundaciones registradas en el estado de Tabasco de septiembre a noviembre de 2011*. México.

Miranda, F. y E. Hernández X. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28: 29-179.

Miranda, F. (1958). Estudios acerca de la vegetación. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento, 2, 215-271.

NFPA. National Fire Protection Association. (1997). NFPA 471 Recommendend Practice for Responding to Hazardous Materials Incidents, USA 1997.

National Hurricane Center. (2006). "Saffir-Simpson Hurricane Scale Information". National Oceanic and Atmospheric Administration. Retrieved on 2007-02-25

Newhall C. G. y S. Self. (1982). The volcanic explosive magnitude for historial volcanism. J. Geophys. Res., 87 C2: pp. 1231-1238.

NOM. Norma Oficial Mexicana. (2002). 087-ECOL-SSA1-2002. *Protección ambiental-Salud Ambiental-Residuos*.

Novelo A. y L. Ramos. (2005). Vegetación acuática. Cap. 5: 111-144. En: Bueno J, Álvarez F, Santiago S (eds.) Biodiversidad del estado de Tabasco., 386 p. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México. 386 p.

OMM. Organización Meteorológica Mundial. (1992). La Conferencia Mundial sobre el Clima. En Boletín de la OMM, XXVIII. N° 3. Ginebra: Suiza.

ONU. Organización de las Naciones Unidas. (2008). El cambio climático y la reducción del riesgo de desastre. ONU/EIRD Nota Informativa No. 1, Ginebra, septiembre del 2008. 14 p.

Ortiz-Solorio, L., M. Anaya G. & J.W. Estrada B. (1994). Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Colegio de Posgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo y CONACyT. México, D.F.

Osorio Sánchez, J. J. (2005). Los Balsones de Tabasco. Ecosistemas acuáticos inexplorados. *Kuxulkab*, XI (21): 45-54.

Palma-López, D. J. y A. Triano-Sánchez. (2007). Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Vol. II. Colegio de Postgraduados, ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México.115 p.

Palma-López, D., J. Cisneros D., E. Moreno C. & J. A. Rincón-Ramírez. (2007). *Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable*. Colegio de Postgraduados, ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 197 p.

Palma L., D. y J. Cisneros. (1996). Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Vol. 1 Fundación PRODUCE Tabasco A.C. Villahermosa, Tabasco, México.

Palma L., D., J. Cisneros, A. Trujillo, N. Granados & J.E. Serrano. (1985). Caracterización de los suelos de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. Secretaria de Educación, Cultura y Recreación, Dirección de Educación Superior e Investigación Científica, Departamento de Educación Superior.

PEMEX. Petróleos Mexicanos. (1995). Boletines 64/95 y 74/95, PEMEX, Gerencia de Información y Relaciones Públicas, febrero 1995, México.

Perevochtchikova M. y J. L. de la Torre Lezama, (2010). Causas de un desastre: Inundaciones del 2007 en Tabasco, México. *Journal of Latin American Geography*, *9*(2), 73-98.

PICI. Proyecto Integral Contra las Inundaciones. (2003). Proyecto Integral Contra Inundaciones. México: Gobierno del Estado de Tabasco y Comisión Nacional del Agua.

POET. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Tabasco. (1987). Decreto del Centro de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza Yumkà. Tabasco, México.

Richters, J. E. (1995). Manejo del uso de la tierra en América Central hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

Rodríguez, J. (1986). Proposición y evaluación de conocimientos teóricos y de procedimientos cuantitativos aplicables en climatología en el estudio geográfico regional. Tesis de Maestría en Geografía. Facultad de Humanidades y Educación. Caracas: Venezuela.

Romero, G. J., M. A. García, J. A. Bautista & A. P. Pérez (2000), "Caracterización de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla", Universidad y Ciencia, 15 (30), 15-20.

Rzedowski, J. (1981). La vegetación en México. Editorial Limusa-Wiley. México. 432 p.

Sarukhán, J. (1964). "Estudio sucesional de un área talada en Tuxtepec Oaxaca". En: Estudios ecológicos de las zonas tropicales cálidas-húmedas de México. Publ. Esp. INIF. México, 3: 107-172.

SE. Secretaría de Economía. (2014). PROMEXICO Inversión y Comercio ¿Porque Invertir en Tabasco?. SE. México.

SEDATU. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2014). Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014. SEDATU. México.

SEDATU. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2014). Términos de referencia para la elaboración de estudios y proyectos integrales de viabilidad y de costo beneficio para la reubicación de la población en zonas de riesgo. SEDATU, México. 31 p.

SEGOB-Sistema Nacional de Protección Civil-CENAPRED. (2014). Volcanes "Peligro y Riesgo Volcánico en México" *Serie: Fascículos.* SEGOB-Sistema Nacional de Protección Civil-CENAPRED, México. 54 p.

_____. (2014). Incendios Forestales *Serie: Fascículos.* SEGOB-Coordinación Nacional de Protección Civil-CENAPRED, México. 47 p.

_____. (2013). Ciclones Tropicales *Serie: Fascículos no.5.* SEGOB-Sistema Nacional de Protección Civil-CENAPRED, México. 54 p.

_____. (2001), "Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México", *Serie: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana.* SEGOB-Sistema Nacional de Protección Civil-CENAPRED, México. 231 p.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Áreas Naturales protegidas de México con decretos estatales. Volumen 2. SEMARNAT, INE, CONANP. 1022 p.

SERNAPAM. Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental. (2015). Programa de manejo y conservación reserva ecológica laguna de las ilusiones. SERNAPAM. Tabasco, México. 194 p.

Serio, L; Martin, P & Murphy, G. (2010). Evaluación de una metodología de pronóstico estadístico para la condición hídrica.

Simkin T. & Siebert. (1999). L. Earth's Volcanoes and Eruptions: An Overview. En: Encyclopedia of volcanoes (eds:) H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, J. Stix. Academic Press. pp. 249-261.

Simkin, T. & Siebert, L., 1994, Volcanoes of the World. Geoscience Press, Inc., Tucson, Arizona, p. 133-134.

Smithsonian Institution. (2002). Bulletin of the Global Volcanism Network. 27 (2), February, 2002.

Tejada Sobrino, J. C., y A. Valencia Pajón. (2008). Demasiada lluvia sobre el Paraíso, Tesis Licenciatura. Ciencias de la Comunicación. Departamento de Ciencias de la Comunicación, Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades, Universidad de las Américas Puebla. Marzo.

Thom, H. (1958). A note on the Gamma distribution. Monthly Weather Review. 86: 117-122.

Toledo, V. M. (1990). El proceso de ganaderización y la destrucción biológica y ecológica de México. *Medio ambiente y desarrollo en México*, (*1),* 91-227.

Toledo, V. M. (1988), "La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventa",*Ciencia* 34:43-59.

Toledo, A. (1983). Cómo destruir el paraíso. Oceáno, México, D.F. 151p.

Tremblay, D. M.; Talbot, B. G. & Carisse, O. (2003). Sensitivity of *Botrytis squamosa* to different classes of fungicides. Plant Disease 87(5): 573-578. doi: 10.1094/PDIS.2003.87.5.573

Tudela, F. (1992). La modernización forzada del trópico. *El caso Tabasco proyecto integrado del Golfo. Colegio de Ingenieros, México. Pp. 472.*

Tudela, F. (1989). Modernización forzada del trópico mexicano. Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados. México. Pp. 360.

UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México. (2003). Guía Metodológica para el Análisis del Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo y Pérdidas Causadas por Desastres Naturales o Antropogénicos y su Reducción y Prevención. Instituto de Ingeniería de la UNAM y Secretaría de Gobernación.

USDA. United States Department of Agriculture and NRCS. Natural Resources Conservation Service. (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds: U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Engineering Division, Technical Release 55, 210–VI–TR–55, cap. 2, 2a edición, Washington, D.C.

Villers, R. L, y López, B. J, (2004), "Incendios forestales en México. Métodos de evaluación", UNAM Centro de Ciencias de la Atmósfera, México, D. F. 164 p.

Walker G.P. L. (1980). The Taupo pumice; product of the most powerful known (ultraplinian) eruption: Jour Volc. Geotherm. Research, v. 8, pp. 69 -94.

West, R. C., N. P. Psuty & B. G. Thom. (1985). Las tierras bajas de Tabasco en el sureste de México. Gobierno del Estado de Tabasco, Instituto de Cultura de Tabasco, México. 326 p.

WWF. (2010). Planeta Vivo: Informe 2010. Biodiversidad, biocapacidad y desarrollo. WWF. España. 119 p.

Zavala-Cruz J., O. Castillo A., A. I. Ortíz C., D. J. Palma-López, J. F. Juárez L., S. Salgado-García, J. A. Rincón-Ramírez, E. Moreno C. & R. Ramos. (2009). Capacidad de uso del suelo urbano en Tabasco, con base en suelo, uso actual y vegetación. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 204 p. más anexo cartográfico.

Zavala Cruz. J. (1996). Impacto de las actividades petroleras sobre la hiodrología superficial del distrito Agua Dulce, Tabasco, México. P 505-520. In: A. V. Botello, J. L. Rojas-Galaviz, J. A. Benítez, D. Zárate-Lomelí (eds). Golfo de México, Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Juárez Autónoma de Campeche. EPOMEX, Serie Científica, 5. 666 p.

Zavala-Cruz J., O. Castillo-Acosta., A. I. Ortíz C., D. J. Palma-López, J. F. Juárez-López., S. Salgado-García, J. A. Rincón-Ramírez, E. Moreno C. & R. Ramos R. (2006). Base geográfica digital de suelos urbanos de las ciudades de Cárdenas, Comalcalco, Huimanguillo, Macuspana, Paraíso, Teapa, Tenosique y Villahermosa del estado de Tabasco. Colegio de Postgraduados. México.

Bibliografía Electrónica

Bitrán, B. D., Domínguez M.L., Durán H.R, Fuentes M.O., García A.N., Jiménez E.M., López B.O., Matías R.L., Reyes S.C., Salas S.M. & Zepeda R.O. (2003). Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el Año 2002. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (4). SEGOB- CENAPRED. Recuperado el 18 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____, Acosta C. L., Eslava M. H., Gutiérrez M. C., Salas S. M. & Vázquez C. M. (2002). Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el Año 2001. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (3). SEGOB- CENAPRED. Recuperado el 18 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____, Jiménez E. M., Eslava M.H., Salas S. M., Vázquez C. M., Matías R. L., Camacho Q. K. & Acosta C. L. (2001). Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el Año 2000. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (2). SEGOB- CENAPRED. Recuperado el 18 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

CENAPRED. Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2014). "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos" (Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social). *Serie: Atlas Nacional de Riesgos*. SEGOB-CENAPRED. México. Recuperado el 08 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2013). Características del Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en México en el año 2012. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (14) SEGOB-CENAPRED. Recuperado el 27 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2012). Características e Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2011. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (13) SEGOB-CENAPRED. Recuperado el 29 de marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2011). Características e Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2010. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (12). SEGOB- CENAPRED. Recuperado el 23 de marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2010). Características e Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2009. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (11). SEGOB- CENAPRED. México. Recuperado el 23 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2009). Características e Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2008. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (10). SEGOB- CENAPRED. México. Recuperado el 20 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2008). Características e Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2007. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (9). SEGOB- CENAPRED. Recuperado el 20 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2007). Características e Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2006. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (8). SEGOB- CENAPRED. Recuperado el 19 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2006). Características e Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2005. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (7). SEGOB- CENAPRED. Recuperado el 17 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2005). Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2004. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (6). SEGOB- CENAPRED. Recuperado el 17 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2004). Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2003. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (5). SEGOB-CENAPRED. Recuperado el 16 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2003). Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2002. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (4). SEGOB-CENAPRED. Recuperado el 16 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2002). Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2001. *Serie: Impacto Socioeconómico de los*

Desastres en México, (3). SEGOB-CENAPRED. Recuperado el 15 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2001). Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en el año 2000. *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México*, (2). SEGOB-CENAPRED. Recuperado el 15 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

_____. (2001). Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el perido 1980-1999 *Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México (1). SEGOB*-CENAPRED, México. Recuperado el 14 de Marzo de 2015 en: www.cenapred.gob.mx

CONABIO. 1998. Subcuencas hidrológicas. Boletín hidrológico (1970).Subcuencas hidrológicas en mapas de regiones hidrológicas. Escala más común 1:1000000. Secretaría de Recursos Hidraúlicos, Jefatura de Irrigación y control de Ríos, Dirección de Hidrología. México. Recuperado el 18 de Marzo de 2015 en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. (2012). Análisis de las temporadas de huracanes de los años 2009, 2010 y 2011 en México. Comisión Nacional del Agua. Coyoacán, México, D.F. Recuperado el 30 de Abril de 2015 en: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/CGSMN-2-12.pdf

_____, SMN. Servicio Meteorológico Nacional. (2001). Normales climatológicas, Villahermosa, Tabasco. Periodo 1971-2000. Recuperado el 7 de marzo de 2015 en: http://smn.cna.gob.mx/index.php75

CONEVAL. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2015). Sección de Entidades Federativas de la página de internet del CONEVAL. http://www.coneval.gob.mx/

_____. (2012). Diagnóstico del avance en monitoreo y evaluación en las entidades federativas 2011, México, D.F. CONEVAL, Recuperado el 29 de Marzo de 2015 en: http://ow.ly/dFcMs

De la Cruz-Reyna, Servando De la, & Yokoyama, Izumi. (2011). A geophysical characterization of monogenetic volcanism. *Geofísica internacional*, *50*(4), 465-484. Recuperado en 18 de Mayo de 2015 en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S001671692011000400008&lng=es&tlng=en

Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina. (ERNAL). (2011). CAPRA-GIS v2.0, Programa para la evaluación probabilista de riesgos naturales]. Recuperado el 03 de Mayo de 2015 en: http://www.ecapra.org

González Villareal, F.J., Domínguez Mares, M. y Arriaga Medina, J. (2013). Impactos del huracán "Ingrid" y la tormenta tropical "Manuel" en territorio mexicano. Red del Agua UNAM. Recuperado el 01 de Abril de 2015 en: http://www.agua.unam.mx/boletines/pdfs/ingridmanuel_oct13.pdf

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2012). Principales resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, México. INEGI. Recuperado el 07 de Mayo de 2015 en: www.inegi.gob.mx

_____. (2011). Censo de Población y Vivienda, 2010. México. Recuperado el 09 de Mayo de 2015 en: www.censo2010.org.mx

Macias, J.L., Capra, L, Arce, J.L., Espindola, J.M., García-Palomo, A. & Sheridan, M.F. (2012). Mapa de Peligros del Volcán Chichón. Instituto Nacional de Geofísica. UNAM. Recuperado el 02 de Abril de 2015 en: http://www.geofisica.unam.mx

McKee, T; N. Doesken & J. Kleist. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. XVIII Conference on Applied Climatology. California. Colorado State University 17-22. EEUU. Recuperado el 13 de Marzo de 2015 en: http://ccc.atmos.colostate.edu/ relationshipofdroughtfrequency.pdf

Medellín–Milán, P. (2002). Uso del Suelo. Pulso, Diario de San Luis. San Luis Potosí, México. Recuperado el 30 de Abril de 2015 en: http://Ambiental.uaslp.mx/docs/PMMAP021114.pdf

National National Weather Service. (2007). Enhanced F Scale for Tornado Damage. Storm Prediction Center. Recuperado el 21 de Abril de 2015 en: http://www.spc.noaa.gov/efscale/ef-scale.html

OMM. Organización Meteorológica Mundial. (1979). La Conferencia Mundial sobre el Clima. Ginebra: Suiza. Recuperado el 10 de Marzo de 2015 en: http://desarrollosostenible.wordpress.com/primera-conferenciamundial-del-clima-organizada-por-la-omm/

ONU. Organización de las Naciones Unidas. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. New York: EE.UU. Recuperado el 10 de Marzo de 2015 en: http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf

Pita, M; J. Del Pino & I.García. (2000). La Sequía en Andalucía. Una aproximación a su análisis y evaluación ambiental. Andalucía: España. Recuperado el 13 de Marzo de 2015 en: http://dialnet.uniroja.es

Programa de Desarrollo Urbano de la Zona Metropolitana Villahermosa-Nacajuca. Recuperado el 24 de Marzo de 2015 en: http://dgduweb.sedesol.gob.mx/documentos/101TAB312.pdf

SEGOB- CENAPRED. (2015). Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. CENAPRED. México. Recuperado el 06 de Mayo de 2015 en: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

Servicio Geológico Mexicano. 2005. Carta 1:250.00. E15-8 Villahermosa, Tabasco. Recuperado el 28 de Marzo de 2015 en: www.sgm.gob.mx

Smithsonian Institution. (2015). Información sobre el Volcán Chichonal. Recuperado el 28 de Marzo de 2015 en: http://nmnhwww.si.edu/gvp/volcano/region14/mexico/chichon/var.html

SMN, Servicio Meteorológico Nacional. (2015). Comunicado de Prensa No. 237-15. SMN – CONAGUA. Abril 2015. México, D.F. Recuperado el 14 de Abril de 2015 en: http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2015/pronosticoTC2015.pdf

SMN. Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA Comisión Nacional del Agua. (2015). Base de datos CICLOM "Normales climatológicas por Estado". Recuperado el 26 de Marzo de 2015 en: http://smn.cna.gob.mx/

Sönke Kreft & David Eckstein. (2014). Global Climate Risk Index 2014; available at https://germanwatch.org/en/download/8551.pdf

Toledo, V. M. (1988). La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo 81:1730. Recuperado el 05 de Mayo de 2015 en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=3821380&pid=S1870-34532007000200014000043&lng=es

Centro | motor del cambio
GOBIERNO MUNICIPAL 2013-2015

Directorio

Lic. Humberto de los Santos Bertruy
Presidente Municipal de Centro

Lic. Juan Antonio Ferrer Aguilar
Secretario del Ayuntamiento

Prof. Ovidio Lázaro Hernández
Tercer Regidor de la Comisión de Obras y Asentamientos Humanos

MVZ. Leoncio López Montoya
Décimo Tercer Regidor de la Comisión de Medio Ambiente

Ing. Lorenzo Balderas Madera
Director del Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, IMPLAN

Antrp. Francisco Eduardo Urbina Aguilar
Encargado de la Unidad de Protección Civil de Centro

Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano, IMPLAN Centro

Ing. Lorenzo Balderas Madera
Director

Arq. Víctor Manuel de Dios Olán
Subdirector de Cartografía y Geoestadística

Lic. Mariana Mier y Terán Ellis
Subdirectora de Planes y Programas

Ing. Javier Franco López
Jefe de Departamento

Arq. Manuel Antonio Pérez Vázquez
Jefe de Área

Ing. Amb. Angélica María Gómez Ballester
Jefe de Área

Lic. Héctor López Guzmán
Jefe de Área

Arq. María José González Sastré
Jefe de Área

Responsables del proyecto
Servicios Integrales de Ingeniería y Calidad, S. A. de C. V.

Ing. José Antonio Guzmán Ballesteros
Director

M. I. Glafiro Calles Reyes
Coordinador General

M. C. Luis Sánchez López
Coordinador Ejecutivo

Dr. Adalberto Galindo Alcántara
Coordinador Técnico

Colaboradores

M. C. Silvia del Carmen Ruiz Acosta
M. C. Adriana Morales Hernández
M. I. Arturo Arias Roda
M. I. Emilio Caballero Morales
Ing. Carlos Villegas Pérez
Ing. Enrique Carrizales Olvera

Atlas de Riesgos para el Municipio de Centro, Tabasco • 2015
Esta obra se terminó de imprimir en el mes de agosto de 2015,
en los talleres de Imprenta Yaxol S.A de C.V.
El tiro consta de 200 ejemplares.

Centro | motor del cambio

GOBIERNO MUNICIPAL 2013-2015

ATLAS DE RIESGOS PARA EL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO

• 2 0 1 5 •

IMPLAN

Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano