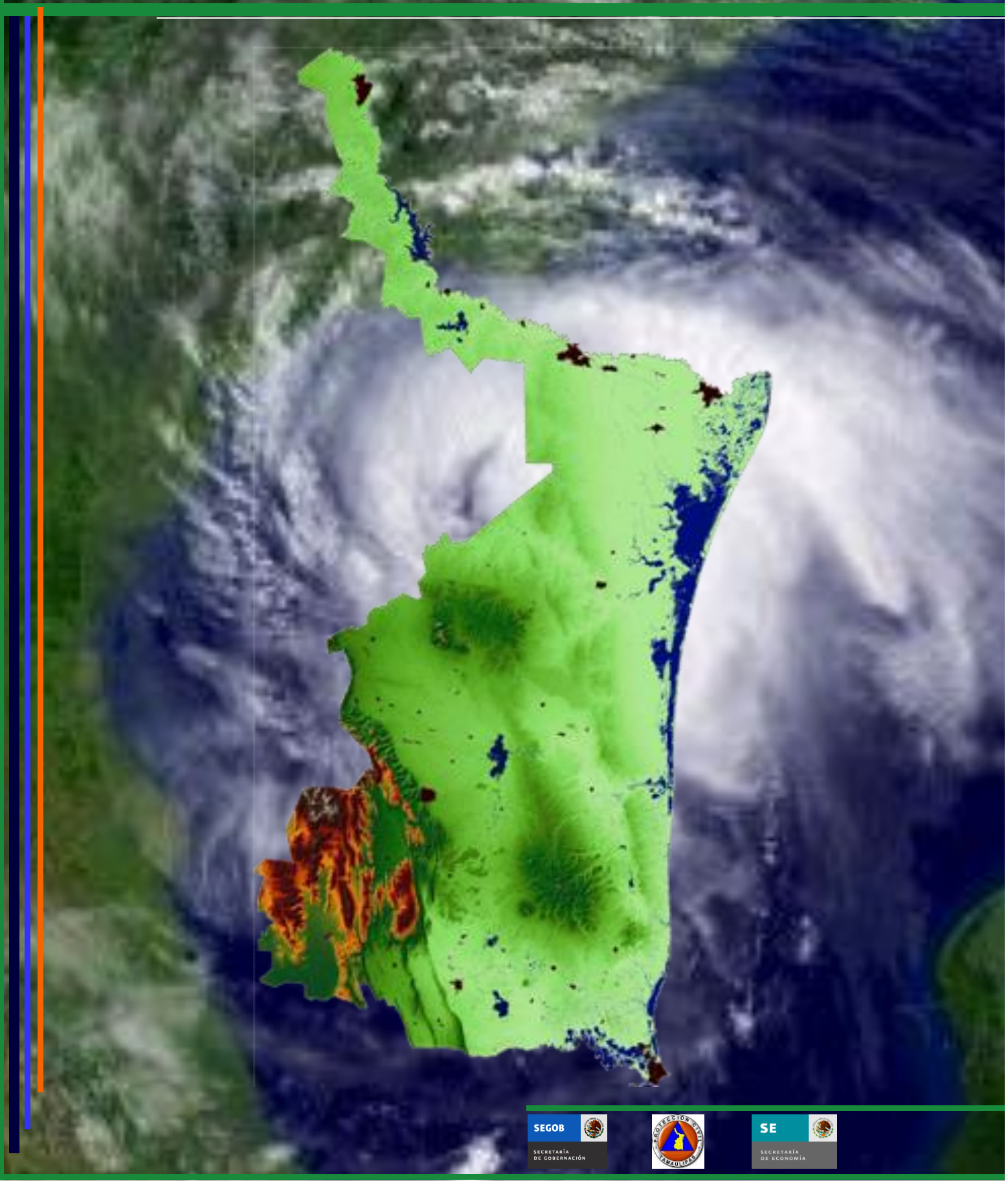
# ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS



SEGOB
SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

PROTECCIÓN CIVIL TAMAULIPAS

SE
SECRETARÍA DE ECONOMÍA

## ÍNDICE

I. RESUMEN....1
II. INTRODUCCIÓN....3
III. ANTECEDENTES....4
IV. OBJETIVOS Y METAS....5
1. General....5
2. Específicos....5
3. Metas....5
V. METODOLOGÍA GENERAL....6
*A. Determinación de Peligro....6*
*B. Determinación de vulnerabilidad y riesgo....6*
VI. ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO....9
1. Localización....9
2. Población....11
*A. Educación....11*
*B. Salud....11*
3. Vegetación....11
4. Hidrografía....14
5. Fisiografía....16
*A. Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental....17*
*B. Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte....17*
*C. Provincia Fisiográfica Grandes Llanuras de Norteamérica....17*
6. Geomorfología....17
*A. Provincia Sierra Madre Oriental....18*
*B. Provincia Grandes Llanuras de Norteamérica....19*
*C. Provincia Llanura Costera del Golfo Norte....19*
7. Clasificación y Uso de Suelo....21
8. Climatotología....23
9. Geología....26
*A. Estratigrafía....26*
*B. Geología Estructural....38*
a) Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental....38
b) Provincia Fisiográfica Grandes Llanuras de Norteamérica....39
c) Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte....39
*C. Tectónica....41*
VII. RIESGOS GEOLÓGICOS....43
1. Metodología....43
*A. Peligro....43*
a) Remoción de Masas....43
b) Factores que determinan la inestabilidad de laderas....44
c) Características estructurales del sistema ladera-discontinuidad....48
d) Vegetación....50
e) Fallas y Fracturas....54
f) Hundimientos....56
*B. Vulnerabilidad....58*
*C. Riesgo....59*
2. Análisis de susceptibilidad a los procesos de remoción de masa....60
*A. Peligro....63*
g) Deslizamientos....63
h) Caída de bloques....70
i) Flujos....77
*A. Riesgo....81*

3. Análisis de Fallas y Fracturas ..... 90
*A. Peligro por fallas* ..... *90*
j) Fallas ..... 90
k) Fracturas ..... 91
4. Hundimientos ..... 95
*A. Peligro* ..... *95*
*B. RIESGO* ..... *100*
5. Sismicidad ..... 104
VIII. RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS ..... 107
1. Metodología ..... 107
*A. Peligro Por Inundación* ..... *107*
l) Características Fisiográficas de la Cuenca ..... 108
m) Parteaguas ..... 109
n) Área de la cuenca ..... 109
o) Descripción de la red de drenaje ..... 109
p) Longitud del cauce ..... 110
q) Pendiente media del cauce principal ..... 110
r) Tipos de suelo ..... 111
s) Método para determinar la consistencia cerca del límite plástico. ..... 111
t) Método de Dilatancia ..... 112
u) Método de resistencia en estado seco ..... 112
v) Cubierta Vegetal ..... 112
w) Estimación del escurrimiento crítico a la salida de la cuenca ..... 112
x) Gasto líquido ..... 112
y) Gasto Sólido ..... 115
z) Factor R ..... 115
aa) Factor K ..... 115
bb) Factor LS ..... 116
cc) Factor C ..... 116
dd) Factor P ..... 117
ee) Determinación del Área Hidráulica Permisible ..... 118
ff) Determinación del área geométrica. ..... 119
gg) Determinación de las zonas inundables ..... 120
hh) Determinación de vulnerabilidad y riesgo ..... 121
*B. Climatología* ..... *122*
*C. Erosión* ..... *123*
ii) Datos de localización. ..... 123
jj) Datos técnicos. ..... 124
kk) Factor Geología ..... 124
ll) Factor Edafología ..... 125
mm) Factor Vegetación y Uso de Suelo ..... 126
nn) Factor Pendiente ..... 126
oo) Trabajo de campo ..... 126
2. Inundación ..... 127
*A. Antecedentes históricos* ..... *127*
*B. Regiones Hidrológicas* ..... *130*
pp) Región Hidrológica "Bravo-Conchos" ..... 131
qq) Región Hidrográfica “San Fernando-Soto La Marina” ..... 134
rr) Región Hidrológica “Bajo Río Pánuco” ..... 140
ss) Región Hidrológica “El Salado” ..... 144
*C. Desbordamiento de Cauces* ..... *144*
tt) Peligro ..... 144
*D. Vulnerabilidad* ..... *151*
*E. Riesgo* ..... *155*
*A. Canales* ..... *155*
uu) Peligro ..... 157
vv) Vulnerabilidad ..... 161

ww) Riesgo ..... 165
*B. Encharcamientos ..... 168*
xx) Peligro ..... 168
yy) Vulnerabilidad ..... 172
zz) Riesgo ..... 175
*C. Acumulación ..... 177*
aaa) Peligro por Acumulación ..... 177
bbb) Vulnerabilidad por Acumulación ..... 181
ccc) Riesgo por Acumulación ..... 183
3. Climatología ..... 183
*A. Precipitación Total Acumulada ..... 184*
*B. Precipitación Total Mensual ..... 186*
*C. Lluvias Torrenciales en 24 horas ..... 187*
*D. Tormentas ..... 189*
*E. Granizadas ..... 191*
*F. Temperaturas Mínimas Extremas ..... 193*
*G. Temperaturas Máximas Extremas ..... 193*
*H. Temperatura Media Anual ..... 193*
*I. Heladas y Nevadas ..... 197*
4. Ciclones Tropicales ..... 198
*A. Clasificación De Los Ciclones Tropicales ..... 199*
*B. Efectos De Los Ciclones Tropicales ..... 200*
*C. Ciclones Tropicales en Tamaulipas ..... 201*
5. Erosión ..... 208
*A. Introducción ..... 208*
*B. Peligro Por Erosión ..... 209*
6. Incendios Forestales ..... 218
7. Sequías ..... 229
IX. RIESGOS ANTROPOGÉNICOS ..... 233
1. Metodología ..... 234
*A. CENAPRED ..... 234*
*B. Recopilación de la información ..... 235*
*C. Levantamiento sistemático de peligros antropogénicos ..... 235*
*A. Simulación de explosión de gaseras y gasolineras. ..... 239*
2. Sociorganizativos ..... 242
*A. Peligro Sociorganizativos ..... 242*
*B. Sociorganizativos en peligros naturales y antropogénicos ..... 246*
*C. Sociorganizativos cerca de peligro por inundación ..... 246*
*D. Sociorganizativos cercanos a peligros químicos ..... 247*
*E. Sociorganizativos cerca de peligro geológico ..... 252*
3. Químicos ..... 252
*A. Gaseras ..... 253*
*B. Gasolineras ..... 266*
*C. Ductos ..... 276*
*D. Industrias ..... 282*
*E. Riesgo Químico ..... 289*
4. Sanitarios ..... 296
*A. Hospitales ..... 296*
ddd) Hospitales en zona de peligros ..... 305
*B. Sitios para disposición final de residuos sólidos ..... 307*
eee) Rellenos Sanitarios ..... 309
fff) Basureros ..... 311
ggg) Tiraderos Clandestinos ..... 315
*C. Rastro ..... 319*
X. DISCUSIÓN ..... 325
1. Hidrometeorológicos ..... 325
2. Geológicos ..... 325

3. Antropogénicos ..... 326
XI. CONCLUSIONES .....329
1. Generales ..... 329
2. Geológicos ..... 329
3. Hidrometeorológicos ..... 330
4. Antropogénicos ..... 334
XII. RECOMENDACIONES .....336
1. Geológicos ..... 336
2. Hidrometeorológicos ..... 337
3. Antropogénico ..... 339
XIII. BIBLIOGRAFÍA .....341
XIV. GLOSARIO .....346

**ÍNDICE DE TABLAS.....v**

**ÍNDICE DE FIGURAS.....viii**

**ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....xi**

**ANEXO I. BASE DE DATOS**

**ANEXO II. FICHAS TÉCNICAS DE CAMPO**

**ANEXO III. METEOROLÓGICOS**

**ANEXO IV. MAPAS TEMÁTICOS**

**ANEXO V. METADATOS**

# ÍNDICE DE TABLAS


**Tabla 1.** Tipos de vivienda en base a su menaje, CENAPRED. ..... 7
**Tabla 2.** Tipos de vivienda en base a su menaje y tipos de material (AGEB´s INEGI. 2005). ..... 7
**Tabla 3.** Niveles de riesgo. ..... 8
**Tabla 4.** Distribución de los tipos de vegetación en el Estado de Tamaulipas. ..... 11
**Tabla 5.** Tabla de rasgos geomorfológicos que conforman el relieve del estatal. Modificado de Geomorfología, Informe Geomorfológico INEGI (1995). ..... 18
**Tabla 6.** Zonas climáticas del Estado de Tamaulipas. ..... 23
**Tabla 7.** Descripción de la clasificación del clima y precipitación del Estado de Tamaulipas. ..... 25
**Tabla 8.** Reclasificación de los mapas de rumbo del echado y aspecto. ..... 49
**Tabla 9.** Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas. Modificado de CENAPRED (2006). ..... 53
**Tabla 10.** Delimitación de radios de afectación por peligros por Hundimientos. ..... 58
**Tabla 11.** Niveles de peligro y su área de influencia con respecto a la superficie del Estado. ..... 61
**Tabla 12.** Nivel de peligro y el área que cubre en el Estado. ..... 69
**Tabla 13.** Superficie en peligro por caída de bloques. ..... 77
**Tabla 14.** Nivel de peligro y su área de cubrimiento. ..... 81
**Tabla 15.** Vivienda y población expuesta a los procesos de remoción en masa en zonas urbanas. ..... 83
**Tabla 16.** Riesgo por Procesos de Remoción en Masa en zonas urbanas. ..... 84
**Tabla 17.** Vivienda y población expuesta a los Procesos de Remoción en Masa en localidades. ..... 85
**Tabla 18.** Riesgo población y vivienda por procesos de remoción en masa en localidades. ..... 86
**Tabla 19.** Costos en vías de comunicación ante un posible daño por remoción de masas. Municipios Aldama-Miquihuana. ..... 88
**Tabla 20.** Costos en vías de comunicación ante una posible daño por remoción de masas. Municipios Ocampo-Victoria. ..... 89
**Tabla 21.** Puntos de verificación de dolinas. ..... 99
**Tabla 22.** Vivienda y población expuesta a hundimientos por kársticidad en localidades. ..... 101
**Tabla 23.** Clasificación de riesgo por hundimientos relacionados a kársticidad. ..... 102
**Tabla 24.** La vulnerabilidad en costo ante un hundimiento en zonas cársticas. ..... 103
**Tabla 25.** Sismos registrados en los Municipios de Tamaulipas. ..... 106
**Tabla 26.** Tipo de suelo. ..... 111
**Tabla 27.** Valores del coeficiente de escurrimiento. ..... 113
**Tabla 28.** Láminas de lluvia. ..... 114
**Tabla 29.** Logaritmo de la duración vs precipitación. ..... 114
**Tabla 30.** Valor del Factor K. ..... 116
**Tabla 31.** Valores del Factor C. ..... 117
**Tabla 32.** Valores del Factor P. ..... 117
**Tabla 33.** Tipos de vivienda en base a su menaje, CENAPRED. ..... 121
**Tabla 34.** Tipos de vivienda en base a su menaje y tipos de material (AGEB´s INEGI. 2005). ..... 121
**Tabla 35.** Matriz de Riesgo DINAPRE, (2006). ..... 122
**Tabla 36.** Clasificación litológica de acuerdo a la resistencia por compresión simple y susceptibilidad a la erosión. ..... 125
**Tabla 37.** Clasificación edafológica con respecto al grado de erodabilidad. ..... 125
**Tabla 38.** Clasificación por vegetación y uso de suelo en el Estado de Tamaulipas. ..... 126
**Tabla 39.** Clasificación del grado de pendiente asociado a la Erosión. ..... 126
**Tabla 40.** Clasificación de los tipos de erosión de acuerdo a su grado erosivo. ..... 127
**Tabla 41.** Clasificación del tipo de peligro por erosión. ..... 127
**Tabla 42.** Afectaciones históricas por inundación en el Estado - (CENAPRED, 2007). ..... 130
**Tabla 43.** Cuencas y subcuencas de la Región Hidrográfica Bravo-Conchos. ..... 133
**Tabla 44.** Cuencas y subcuencas de la Región Hidrográfica San Fernando-Soto La Marina. ..... 139
**Tabla 45.** Cuencas y subcuencas de la Región Hidrográfica Bajo Río Panuco. ..... 143
**Tabla 46.** Cuencas y subcuencas de la Región Hidrográfica El Salado. ..... 144
**Tabla 47.** Afectaciones potenciales a localidades por desbordamiento de escurrimientos en el Estado. ..... 146
**Tabla 48.** Ríos Principales y afectaciones potenciales por desbordamientos. ..... 146

**Tabla 49.** Afectaciones potenciales a manzanas por desbordamiento de escurrimientos en el Estado. ..... 148
**Tabla 50.** Ríos con el mayor número de afectaciones potenciales en zonas urbanas. ..... 150
**Tabla 51.** Afectaciones potenciales a vías de comunicación por desbordamiento de escurrimientos en el Estado. ..... 151
**Tabla 52.** Distribución del tipo de vivienda y valor monetario de las viviendas afectadas en localidades. ..... 153
**Tabla 53.** Tipos de vivienda afectables por inundaciones a nivel manzana, en zonas urbanas, y su valor comercial. ..... 154
**Tabla 54.** Distribución de riesgo en localidades a nivel Estatal. ..... 155
**Tabla 55.** Distribución de riesgo por tipo de vivienda en zonas urbanas. ..... 155
**Tabla 56.** Longitud de canales en zona de peligro medio. ..... 157
**Tabla 57.** Tipos de carretera y su longitud expuesta en zona de peligro. ..... 157
**Tabla 58.** Localidades en zona de peligro por desbordamiento de canales. ..... 159
**Tabla 59.** Número de colonias en zona de peligro por desbordamiento de canales. ..... 159
**Tabla 60.** Municipios, cantidad de localidades, tipo de vivienda y su cantidad expuesta. ..... 162
**Tabla 61.** Colonias por Municipio, cantidad de viviendas y cantidad expuesta. ..... 163
**Tabla 62.** Clasificación de riesgo por localidad. ..... 165
**Tabla 63.** Nivel de riesgo en las viviendas por colonia. ..... 166
**Tabla 64.** Afectación por encharcamientos en zonas urbanas. ..... 170
**Tabla 65.** Distribución del tipo de vivienda y cantidad expuesta. ..... 173
**Tabla 66.** Distribución del riesgo en las viviendas que son afectadas por encharcamiento. ..... 175
**Tabla 67.** Cantidad expuesta a inundaciones de tipo acumulación. ..... 181
**Tabla 68.** Cantidades expuestas en función del tipo y número de viviendas en localidades. ..... 182
**Tabla 69.** Cantidades expuestas en función del tipo y número de manzanas. ..... 182
**Tabla 70.** Clasificación de riesgo para poblaciones ubicadas en zona de peligro. ..... 183
**Tabla 71.** Clasificación de riesgo para manzanas ubicadas en zona de peligro. ..... 183
**Tabla 72.** Clasificación Saffir-Simpson. ..... 200
**Tabla 73.** Tormentas tropicales y Huracanes categoría 1 con mayor número de eventos en el Estado de Tamaulipas. ..... 203
**Tabla 74.** Ciclones tropicales de alta categoría con menor número de eventos. ..... 206
**Tabla 75.** Ciclones tropicales más significativos en el Estado de Tamaulipas. ..... 206
**Tabla 76.** Incendios Forestales en el Estado de Tamaulipas. ..... 219
**Tabla 77.** Distribución de incendios por Municipio. ..... 221
**Tabla 78.** Distribución mensual con mayor incidencia de incendios forestales. ..... 222
**Tabla 79.** Distribución de superficie afectada por incendios forestales mensual durante el periodo 1998-2008. ..... 222
**Tabla 80.** Porcentajes y causas incendios forestales para el periodo 1998-2008. ..... 223
**Tabla 81.** Niveles de Incendio y Características de las Zonas Críticas asociadas a Incendios Forestales. ..... 224
**Tabla 82.** Distribución municipal de zonas critica asociadas a incendios forestales. ..... 226
**Tabla 83.** Vulnerabilidad a incendios forestales en función de diferentes tipos vegetación característicos de Tamaulipas. (CONABIO). ..... 227
**Tabla 84.** Periodos de incidencia y Concentración de Puntos de Calor (2002-2009). ..... 229
**Tabla 85.** Valores de precipitación de la estación 28059 magueyes. ..... 232
**Tabla 86.** Clasificación de los Peligros Antropogénicos y los tipos de sitios levantados. ..... 236
**Tabla 87.** Clasificación de sitios verificados y claves asignadas. ..... 238
**Tabla 88.** Base de datos de los peligros sociorganizativos. ..... 238
**Tabla 89.** Base de datos de los Sanitarios y Químicos. ..... 239
**Tabla 90.** Tipo y número de sitios verificados en 43 cabeceras municipales. ..... 242
**Tabla 91.** Distribución de todos los sitios sociorganizativos verificados en las 43 cabeceras municipales del Estado de Tamaulipas. ..... 245
**Tabla 92.** Sitios en zonas de peligro por inundación. ..... 246
**Tabla 93.** Cantidad de escuelas ubicadas en zonas de peligro por inundación. ..... 247
**Tabla 94.** Sitios ubicados en zonas de peligro por inundación. ..... 247
**Tabla 95.** Escuelas ubicadas dentro del área de explosión de gasolineras. ..... 248
**Tabla 96.** Sitios en peligro por estación de gaseras. ..... 248

**Tabla 97.** Sitios ubicados dentro de la zona de peligro por ductos en el Estado de Tamaulipas. ..... 250
**Tabla 98.** Otros sitios ubicados en zonas de peligros naturales y antropogénicos. ..... 250
**Tabla 99.** Efectos de la radiación térmica. ..... 252
**Tabla 100.** Estaciones de servicio para venta de gas LP. (gas licuado de petróleo). ..... 253
**Tabla 101.** Cabeceras municipales que no cuentan con gaseras. ..... 254
**Tabla 102.** Afectación por gaseras simuladas en Ciudad Victoria. ..... 258
**Tabla 103.** Afectación por gasera simuladas en Tampico. ..... 260
**Tabla 104.** Afectación por gaseras en Nuevo Laredo. ..... 262
**Tabla 105.** Gaseras en la periferia de la ciudad de Reynosa. ..... 265
**Tabla 106.** Estaciones de servicio para venta de gasolina y/o diesel. ..... 267
**Tabla 107.** Cabeceras municipales que no cuentan con estaciones de servicio (gasolineras). ..... 268
**Tabla 108.** Valor de infraestructura expuesta en el caso de explosión de dos gasolineras en Reynosa. ..... 273
**Tabla 109.** Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos. ..... 278
**Tabla 110.** Distribución de la población en obtenidos del análisis de la zonificación por peligro de ducto y AGEB´S. ..... 280
**Tabla 111.** Distribución de industrias y sus principales ramos. ..... 282
**Tabla 112.** Concentración de parques industriales. ..... 282
**Tabla 113.** Productos elaborados en las empresas maquiladoras e industrias del Estado. ..... 283
**Tabla 114.** Parques Industriales de Nuevo Laredos y sus empresas maquiladoras. ..... 285
**Tabla 115.** Parques Industriales de Reynosa y sus empresas maquiladoras. ..... 287
**Tabla 116.** Niveles de Riesgo por explosión de gaseras. ..... 289
**Tabla 117.** Colores que representan en el SIG el nivel de riesgo de gasolineras. ..... 293
**Tabla 118.** Sitios verificados en las 43 cabeceras municipales. ..... 296
**Tabla 119.** Clasificación de niveles de hospitales. ..... 296
**Tabla 120.** Centros de atención a la salud verificados en las 43 cabeceras municipales del Estado. ..... 299
**Tabla 121.** Jurisdicciones y los Municipios que corresponden a la Secretaría de Salud. ..... 302
**Tabla 122.** Ciudades y los Municipios que corresponden por subdelegaciones del IMSS. ..... 303
**Tabla 123.** Distribución de unidades médicas del ISSSTE en Tamaulipas. ..... 304
**Tabla 124.** Número de unidades médicas según la institución. ..... 304
**Tabla 125.** Municipios que si cuentan con servicio de hospitalización. ..... 305
**Tabla 126.** Municipios que cuentan con servicio de atención médica. ..... 305
**Tabla 127.** Unidades Médicas en zonas de peligro por inundación. ..... 306
**Tabla 128.** Unidades médicas en zona de posible explosión por gaseras. ..... 306
**Tabla 129.** Unidades médicas en zona de posible explosión por gasolineras. ..... 306
**Tabla 130.** Unidades médicas en zona de posible explosión por ductos. ..... 306
**Tabla 131.** Características relevantes de los rellenos sanitarios verificados. ..... 309
**Tabla 132.** Se muestra la distancia de los rellenos sanitarios con respecto a cuerpos de agua. ..... 309
**Tabla 133.** Basureros ubicados cerca de un cauce de agua superficial. ..... 311
**Tabla 134.** Principales características de los basureros verificados. ..... 312
**Tabla 135.** Distancia de sitios con respecto a cuerpos de agua y cauces de ríos o arroyos. ..... 317
**Tabla 136.** Características de los principales rastros. ..... 322

# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Ubicación geográfica del Estado de Tamaulipas. 10
**Figura 2.** Distribución de tipos de vegetación del Estado de Tamaulipas. 13
**Figura 3.** Distribución de la red hidrográfica en el Estado de Tamaulipas. 15
**Figura 4.** Plano de Provincias Fisiográficas de La República Mexicana (INEGI, 1983). 16
**Figura 5.** Mapa de distribución de geoformas dentro del Estado de Tamaulipas. 20
**Figura 6.** Distribución de los tipos de suelos en el Estado de Tamaulipas. 22
**Figura 7.** Distribución del clima en el Estado de Tamaulipas. 24
**Figura 8.** Mapa de distribución de las unidades geológicas en el Estado de Tamaulipas. 33
**Figura 9.** Columna Estratigráfica del Estado de Tamaulipas. 34
**Figura 10.** Distribución de los principales rasgos estructurales en el Estado de Tamaulipas. 41
**Figura 11.** Diagrama conceptual de la Metodología por Peligros Geológicos. 44
**Figura 12.** Representación de las pendientes en el Cerro del Bernal. 45
**Figura 13.** Modelado de La Sierra Madre Oriental en el Municipio de Ciudad Victoria. 46
**Figura 14.** Delimitación de Zonas Homogéneas. 47
**Figura 15.** Relación entre el echado de las discontinuidades y la inclinación de la ladera. 48
**Figura 16.** Relación angular entre las direcciones de buzamiento de ladera y de estratificación. 50
**Figura 17.** Efectos de la vegetación sobre la inestabilidad de una ladera (Suárez, 1998). 51
**Figura 18.** Representación gráfica de los tipos de vegetación y uso de suelo. 52
**Figura 19.** Tipos de fallas geológicas 55
**Figura 20.** Metodología empleada en el caso de fallas y fracturas. 56
**Figura 21.** Tipos de estructuras cársticas. 57
**Figura 22.** Metodología para determinar Riesgo por Hundimientos. 58
**Figura 23.** Esquema de un escenario donde se presenta Peligro por caída de bloques y los elementos expuestos. 59
**Figura 24.** Mapa de Pendientes del Estado de Tamaulipas. 62
**Figura 25.** Zonificación de peligro por deslizamiento (falla plana) sierras de Tamaulipas y San Carlos. 65
**Figura 26.** Zonificación de peligro por deslizamiento (falla plana) en la Sierra Madre Oriental. 66
**Figura 27.** a) Diagrama de densidades b) Diagrama de ciclográfica ó círculos máximos. 67
**Figura 28.** a) Diagrama de densidades b) Diagrama de ciclográfica ó círculos máximos. 68
**Figura 29.** Zonificación de peligro por caída de bloques en la región centro-norte del Estado de Tamaulipas. 71
**Figura 30.** Zonificación de peligro por caída de bloques al sureste de Tamaulipas. 73
**Figura 31.** Zonas de peligro por bloques caídos en la región suroeste del Estado de Tamaulipas. 75
**Figura 32.** Estereogramas de polos a) y ciclográficas b) del punto de verificación ICV10. 76
**Figura 33.** Zonificación de movimientos de flujos en mesetas de composición basáltica al Suroeste del Estado. 78
**Figura 34.** Ubicación de las principales fallas y zonas de fractura. 92
**Figura 35.** Zona de peligro por fallas en la comunidad Tula. 93
**Figura 36.** Mapa de afectación por fractura dentro del Municipio de Nuevo Laredo Tamaulipas. 94
**Figura 37.** Zonificación de peligro para las 49 dolinas ubicadas al suroeste del Estado. 96
**Figura 38.** Zonificación de peligro para las nueve dolinas ubicadas en la zona centro - noroeste del Estado. 97
**Figura 39.** Zonificación de peligro para las 18 dolinas ubicadas al sureste del Estado. 98
**Figura 40.** Regionalización Sísmica de México (CFE, 1993). 104
**Figura 41.** Sismos registrados en el Estado de Tamaulipas. 105
**Figura 42.** Delimitación de una subcuenca en relieve. 108
**Figura 43.** Principales características de una cuenca hidrológica. 109
**Figura 44.** Sistema de ordenación de corrientes. 110
**Figura 45.** Sección transversal de un cauce natural circunscrita en un trapecio (CENAPRED, 2004). 119
**Figura 46.** Sección transversal de un cauce no natural circunscrita en un rectángulo (CENAPRED, 2004). 119
**Figura 47.** Sección transversal de campo en el programa CANVAS. 120
**Figura 48.** Ciudades de la República Mexicana donde ocurren inundaciones periódicas. 128
**Figura 49.** Zonificación nacional del peligro y daños significativos por inundación. 128
**Figura 50.** Zonas susceptibles a inundaciones por desbordamiento de cauces. 145

**Figura 51.** Zonificación del Río Guayalejo en la comunidad El Limón, Municipio El Mante. ..... 149
**Figura 52.** Zonificación de peligro por inundación al desbordarse el Río Pánuco, Municipios de Tampico y Madero. ..... 152
**Figura 53.** Zonificación de peligro medio por desbordamiento de canales. ..... 156
**Figura 54.** Distribución de canales en el norte del Estado. ..... 158
**Figura 55.** Zonificación de de peligro medio (canales de Municipios Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros). ..... 160
**Figura 56.** Zonificación de vulnerabilidad. Reynosa, Tamaulipas. ..... 164
**Figura 57.** Niveles de Riesgo por colonia. Reynosa, Tamaulipas. ..... 167
**Figura 58.** Zonas de peligro por encharcamiento. ..... 169
**Figura 59.** Zonas de peligro alto por encharcamientos. Matamoros, Tamaulipas. ..... 171
**Figura 60.** Zonificación de Vulnerabilidad. Matamoros, Tamaulipas. ..... 174
**Figura 61.** Zonificación de riesgo en la Ciudad de Matamoros. ..... 176
**Figura 62.** Zona de peligro alto por inundación asociada al fenómeno de acumulación. ..... 178
**Figura 63.** Zona de peligro por inundación del tipo acumulación en la Presa Vicente Guerrero. ..... 179
**Figura 64.** Zona de peligro por inundación del tipo acumulación en la comunidad Las Carboneras. ... 180
**Figura 65.** Precipitación media anual. ..... 185
**Figura 66.** Precipitación total mensual. ..... 186
**Figura 67.** Lluvias torrenciales en 24 horas. ..... 188
**Figura 68.** Promedio de tormentas al año. ..... 190
**Figura 69.** Número de días con granizo en 28 años. ..... 192
**Figura 70.** Distribución de Temperaturas Mínimas Extremas. ..... 194
**Figura 71.** Distribución de Temperatura Máxima Extrema. ..... 195
**Figura 72.** Temperaturas Media Anual. ..... 196
**Figura 73.** Número de días acumulados con heladas. ..... 198
**Figura 74.** Partes de un huracán y su comportamiento. ..... 199
**Figura 75.** Frecuencia de eventos registrados en el Estado de Tamaulipas. ..... 202
**Figura 76.** Ocurrencia de ciclones tropicales en el Estado de Tamaulipas. ..... 202
**Figura 77.** Frecuencia anual de ciclones tropicales en el Estado de Tamaulipas. ..... 205
**Figura 78.** Distribución de los ciclones tropicales más significativos en el Estado de Tamaulipas. ..... 207
**Figura 79.** Mapa de peligro por erosión. ..... 211
**Figura 80.** Distribución anual de incendios forestales durante el periodo 2001-2008 (CONAFOR). .... 220
**Figura 81.** Zonificación a partir del índice de vegetación con alta susceptibilidad a incendiarse. ..... 228
**Figura 82.** Mapa de Índice de Severidad de Sequía Meteorológica del periodo 1950-1980. ..... 231
**Figura 83.** Mapa de Índice de Severidad de Sequía Meteorológica del periodo 1980-2000. ..... 233
**Figura 84.** Ejemplo de uno de los diez formatos utilizados para levantamiento de Peligro Sociorganizativos, en este caso corresponde al formato utilizado para levantamiento de escuelas. ..... 237
**Figura 85.** Esquema del procedimiento para elaboración de simulación por explosión de gaseras y gasolineras. ..... 241
**Figura 86.** Fichas utilizadas durante la verificación de escuelas, oficinas de gobierno, iglesias y centros deportivos. ..... 244
**Figura 87.** Distribución de gaseras verificadas. ..... 249
**Figura 88.** La simulación por explosión de gaseras muestra como su radiación termina puede llegar a afectar varios sitios públicos. ..... 251
**Figura 89.** Ficha utilizada para verificación de gaseras. ..... 255
**Figura 90.** Zonificación de peligro por explosión en gaseras al norte de Ciudad Victoria. ..... 257
**Figura 91.** Zonificación de peligro por explosión de gaseras y gasolinera. ..... 259
**Figura 92.** Gaseras simuladas en la periferia de Nuevo Laredo. ..... 261
**Figura 93.** Gaseras ubicadas en la periferia de Reynosa. ..... 264
**Figura 94.** Distribución de Gasolineras verificadas. ..... 269
**Figura 95.** Formato para el levantamiento de gasolineras, con información pertinente. ..... 270
**Figura 96.** Gasolineras en la colonia centro de la Ciudad de Reynosa. ..... 272
**Figura 97.** Ubicación y zonificación de peligro para la Gasolinera San Carlos. Cd. Victoria, Tamaulipas. ..... 274
**Figura 98.** Ubicación y zonificación de peligro para la Gasolinera Central de Combustibles y Lubricantes. Tampico, Tamaulipas. ..... 275

**Figura 99.** Distribución de la red de ductos. 281
**Figura 100.** Ficha de verificación de industrias. 284
**Figura 101.** Distribución de los parques industriales en la ciudad de Nuevo Laredo. 286
**Figura 102.** Distribución de los parques industriales dentro de la Ciudad de Reynosa. 288
**Figura 103.** Zonificación de riesgo por explosión de las Gaseras Jebla y ComVicSA en Ciudad Victoria. 291
**Figura 104.** Zonificación de riesgo por explosión de la Gasera TermoGas. Nuevo Laredo, Tamaulipas. 292
**Figura 105.** Zonificación de riesgo para la gasolinera San Carlos. Cd. Victoria, Tamaulipas. 294
**Figura 106.** Simulación de riesgo para las gasolineras San Antonio y Multiservicios Nacionales. Reynosa, Tamaulipas. 295
**Figura 107.** Distribución de unidades médicas verificadas. 298
**Figura 108.** Ficha técnica de campo utilizada en la verificación de centros de salud. 301
**Figura 109.** Ficha para levantamiento de depósitos de residuos sólidos no peligrosos. 308
**Figura 110.** Ubicación de rellenos sanitarios y basureros verificados. 310
**Figura 111.** Localización del basurero municipal de San Fernando con respecto a la zona urbana. 314
**Figura 112.** Ubicación del basurero municipal de Jaumave. 316
**Figura 113.** Antiguos calicheras que se utilizan como tiraderos clandestinos. Reynosa, Tamaulipas. 318
**Figura 114.** Distribución de rastros verificados. 319
**Figura 115.** Ficha utilizada para verificar las principales características de los rastros. 320
**Figura 116.** Ubicación del Rastro con respecto a la escuela y Río Soto La Marina. 324

# ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

**Fotografía 1.** Bosque de neblina, Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas. ..... 12
**Fotografía 2.** Deslizamiento planar sobre la Carretera Federal No. 101. ..... 64
**Fotografía 3.** Estratificación casi vertical con rumbo paralelo al trazo carretero. ..... 67
**Fotografía 4.** Deslizamiento planar sobre la antigua Carretera Ciudad Victoria-San Luis Potosí. ..... 68
**Fotografía 5.** Deslizamiento planar. Carretera Ciudad Victoria-San Luis Potosí. ..... 69
**Fotografía 6.** Caída de bloques por volteo en la localidad El Rincón Murillo, Municipio de San Carlos. 72
**Fotografía 7.** Bloques caídos por derrumbe, colonia Obrera, Municipio de Tampico. ..... 74
**Fotografía 8.** Desprendimiento de bloques en la carretera antigua Ciudad Victoria-San Luis Potosí. 76
**Fotografía 9.** Flujos en mesetas dentro del Municipio de Llera. ..... 79
**Fotografía 10.** Detalle del tamaño de los bloques basálticos, Municipio de Güémez. ..... 79
**Fotografía 11.** Zona de alto peligro a la ocurrencia de flujo de detritos. ..... 80
**Fotografía 12.** Flujo de detritos en el Municipio de Tampico. ..... 80
**Fotografía 13.** Conjunto de dolinas en el Municipio de Aldama. ..... 99
**Fotografía 14.** Dolinas en el Municipio de Tula. ..... 100
**Fotografía 15.** Método de la Consistencia cerca del límite plástico. ..... 111
**Fotografía 16.** Método de Dilatancia. ..... 112
**Fotografía 17.** Río Bravo. ..... 131
**Fotografía 18.** Río San Juan. ..... 132
**Fotografía 19.** Río El Álamo. ..... 132
**Fotografía 20.** Río El Salado. ..... 133
**Fotografía 21.** Río Conchos. ..... 134
**Fotografía 22.** Río Pilón. ..... 135
**Fotografía 23.** Río Purificación. ..... 135
**Fotografía 24.** Río Corona ..... 136
**Fotografía 25.** Río San Marcos. ..... 136
**Fotografía 26.** Río Soto La Marina. ..... 137
**Fotografía 27.** Río Tigre. ..... 138
**Fotografía 28.** Río Carrizal. ..... 138
**Fotografía 29.** Cortina del la Presa Vicente Guerrero, Municipio de Padilla. ..... 139
**Fotografía 30.** Río Guayalejo. ..... 140
**Fotografía 31.** Río Tamesí. ..... 141
**Fotografía 32.** Río Pánuco. ..... 141
**Fotografía 33.** Río Mante. ..... 142
**Fotografía 34.** Río Comandante. ..... 143
**Fotografía 35.** Cortina del la Presa Estudiante Ramiro Caballero Dorantes, Municipio El Mante. ..... 144
**Fotografía 36.** Río Guayalejo, comunidad El Limón, Municipio El Mante. ..... 147
**Fotografía 37.** Río Comandante en la comunidad El Limón, Municipio El Mante. ..... 147
**Fotografía 38.** Inundaciones en El Limón, Municipio El Mante, Julio de 2008. ..... 148
**Fotografía 39.** Canal Anzaldúas. ..... 161
**Fotografía 40.** Marca de encharcamiento, Colonia San Francisco, Matamoros. ..... 172
**Fotografía 41.** Zona de peligro medio por erosión, en la comunidad San Francisco. Municipio de San Fernando. ..... 211
**Fotografía 42.** Zona de peligro bajo por erosión, en la comunidad El Aniego, Municipio de Camargo. 211
**Fotografía 43.** Peligro alto por erosión, asociado a actividad antropogénica, eólica y marina en la comunidad Carbonera Norte, Municipio de San Fernando. ..... 212
**Fotografía 44.** Peligro alto por erosión, asociado a actividad antropogénica, eólica y marina en la comunidad La Pesca, Municipio de Soto La Marina. ..... 213
**Fotografía 45.** Peligro alto por erosión. ..... 213
**Fotografía 46.** Peligro alto por erosión. ..... 214
**Fotografía 47.** Peligro muy alto por erosión. Comunidad Los Duraznos, Municipio Tula. ..... 215
**Fotografía 48.** Peligro muy alto por erosión. Comunidad El Caracol, Municipio Bustamante. ..... 215
**Fotografía 49.** Campos de cultivo de la zona fronteriza del Estado. ..... 217
**Fotografía 50.** Campos de cultivo ubicados en el Municipio de Tula. ..... 218

**Fotografía 51.** Medio idóneo para el inicio de un incendio. Municipio de Bustamante. 218
**Fotografía 52.** Jardín de Niños Federico Froebel, ubicado en Ciudad Madero. 277
**Fotografía 53.** Estancia Infantil de la colonia 16 de septiembre, en Ciudad Madero. 277
**Fotografía 54.** Población de Río Bravo en las cercanías de ductos de PEMEX. 279
**Fotografía 55.** Parque Industrial Modulo América. 285
**Fotografía 56.** Parque Industrial Villa Florida. 287
**Fotografía 57.** Hospital General Dr. Norberto Treviño Zapata. 303
**Fotografía 58.** Basurero del Municipio San Fernando. 313
**Fotografía 59.** Basurero municipal de Jaumave. 315
**Fotografía 60.** Tiradero clandestino en la colonia Satélite, Reynosa. 317
**Fotografía 61.** Instalaciones del Rastro Municipio de Abasolo. 321
**Fotografía 62.** Instalaciones del Municipio de Guerrero. 323
**Fotografía 63.** Rastro del Municipio Río Soto La Marina. 323

# I. RESUMEN

Las constantes amenazas por fenómenos naturales y los desastres que conllevan forman parte de la historia de Tamaulipas. El presente trabajo pretende actualizar el conocimiento sobre los diferentes peligros y riesgos a los que se encuentra expuesta la ciudadanía a fin de que se tenga conciencia plena de éstos; también pretende que se caracterice el territorio estatal con los niveles de información concernientes a los diversos peligros a través de mapas de manera que se facilite su identificación y, con ello, se programen acciones de prevención y mitigación de riesgos.

Este Atlas de Riesgos del Estado de Tamaulipas (ARET) también se desarrolló a fin de que la Unidad de Protección Civil del Estado (PCE) se apoye en la atención y prevención de desastres con una herramienta ágil y dinámica, que permita su permanente actualización, misma que se integra por una base de datos que se traduce en mapas integrada en Sistema de Información Geográfica (SIG).

Esta herramienta cumple con varios objetivos, por un lado es instrumento de gestión para la prevención de riesgos y, por otro, facilita la planeación urbana, el ordenamiento territorial sustentable y de este se desprenden estrategias de prevención, apoyando de manera decidida a la toma de decisiones para una efectiva planeación y gestión urbana.

El presente estudio incluye el análisis de peligros por los fenómenos naturales geológicos e hidrometeorológicos, así como los antropogénicos: sanitario-ambientales, químico-tecnológicos y socio-organizativos que afectan a la zona de estudio.

Para la realización del trabajo se tomó como base la Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad (Identificación y Zonificación), edición 2004 (SEDESOL y SGM) y la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatal y Municipales de Peligros y Riesgos (CENAPRED, 2006). Para cada uno de los tipos de peligros geológicos, antropogénicos e hidrometereológicos se siguió una metodología apropiada y adaptada para el área de estudio según las condiciones del terreno y las necesidades propias de este proyecto.

En el análisis de peligros geológicos se tomaron en cuenta litología y estructura geológica de la roca, así como la orientación e inclinación de laderas y taludes.

En el análisis de peligros hidrometeorológicos se incluyó la compilación de datos meteorológicos, y su tratamiento estadístico, como es la precipitación y su relación con el escurrimiento que se concentra en obras de drenaje y corrientes naturales, para determinar las zonas de desbordamientos, canales, zonas de encharcamiento y acumulación de cuerpos de agua.

Dentro del mismo nivel de información se incluyeron diferentes tipos de erosión basándose en fichas técnicas que incluyen litología, tipo de suelo, fotografías, vegetación asociada y tipo de roca, entre otros parámetros; además se recurrió al análisis de las imágenes satelitales.

La información obtenida del análisis se integró con la información cartográfica recopilada y fue analizada con las coberturas de edafología, geología, pendientes, vegetación y uso del suelo, entre otra más, dando como resultado un mapa que zonifica el área afectada por peligro por erosión.

Dentro de los peligros antropogénicos se incluyeron los temas de peligro químico-tecnológico por explosión e incendio de estaciones de servicio (gasolineras) y gaseras, sanitario-ambiental con el diagnóstico de tiraderos, rellenos sanitarios y rastros, así como la parte relevante de temas socio-organizativo, es decir, la afectación en comunidades y ciudades por los anteriores factores de peligro y riesgo, a fin de facilitar a la autoridad áreas de afectaciones, número de viviendas, distribución de población potencialmente afectable, valor de inmuebles y menaje (según las AGEB´s de INEGI), etc.

Del análisis de peligros geológicos, resalta que:

En las zonas montañosas del Estado de Tamaulipas es donde se ubican la mayor concentración de movimientos en masa, por consiguiente, las localidades que se ubican en estas zonas son aquella que podrán verse más perjudicadas. En zonas urbanas sólo algunas cabeceras tienen este tipo de problemas, de manera puntual. Tal es el caso de Tampico y Cd. Victoria.

En cuanto a peligros hidrometeorológicos, se analizaron inundaciones por escurrimientos y desbordamiento de cuerpos de agua, así como encharcamiento. Para su estudio se procedió a:

- Analizar imágenes SPOT Multiespectral, con pixeles de 10m y SPOT Pancromática con pixeles de 2.5 m.
- Análisis meteorológico (comportamiento pluvial, distribución geográfica, análisis histórico, cálculo de intensidad, duración y tiempo de retorno –IDTR-).
- Delimitación de micro y macrocuencas, cruce entre red hidrológica y vialidades, perfiles (secciones de ríos y arroyos), registro fotográfico y modelación.
- Desarrollo e integración de la información en un SIG, con Modelo Digital de Elevación, cálculo de pendientes en grados, cálculo de pendientes en porcentaje, redes hidrológicas corregidas y topográficamente verificadas con dirección de escurrimiento aguas abajo y mapa de suelos.

Finalmente, los peligros y riesgos antropogénicos son producidos por actividades humanas, aunque las circunstancias naturales pueden condicionar su gravedad. Incluye los químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos.

Para la evaluación del impacto de los peligros químico-tecnológicos se aplicó el modelo de simulación para el análisis de consecuencias por fuego y explosiones, software SCRI-Fuego. Así, determinada de una sustancia inflamable y su volumen se relaciona con la cantidad de TNT (Trinitro Tolueno o dinamita) cuyo efecto explosivo sería semejante. El Modelo de simulación de bolas de fuego, como resultado de la expansión de líquidos de ebullición (Bleve), se realizó para todas las gaseras ubicadas dentro de las cabeceras municipales del Estado.

Los peligros sanitario-ambientales se refieren a aquellos que pueden sufrir los seres vivos al exponerse a elementos contaminantes. Este nivel de información se realizó de forma documental, apoyada con datos y estadísticas del sector salud, así como verificaciones de sitios de interés como son: rastros, basureros, tanques de agua y plantas de tratamiento entre otros.

Por su parte, los peligros socio-organizativos incluyen accidentes y aquellos que se derivan de grandes concentraciones de población. La cartografía de este nivel de información se realizó por Municipio, a través de un censo. Se geoposicionaron albergues, gimnasios, centros comerciales, mercados, terminales de autobuses, escuelas, templos, teatros, hoteles y hospitales, entre otros.

Para el análisis de riesgo se realizó una matriz de doble entrada, donde se combinan las variables: peligro y vulnerabilidad, ésta última dependiendo del tipo de vivienda que se tiene. Los niveles de combinación entre peligro por bola de fuego y peligro alto, contra cualquier tipo de vivienda se clasificó como riesgo muy alto (en caso de haber población o viviendas afectadas), puesto que la radiación térmica en estas áreas es alta. Existen áreas que aunque serían afectadas en caso de presentarse una explosión aún no representan riesgo para la población debido a que son zonas poco habitadas.

Se realizó una combinación de los niveles de información para, en primer lugar, identificar el peligro que representan estaciones de servicio (gasolineras) y gaseras para establecimientos religiosos, educativos y de salud, entre otros, luego, a este peligro se le involucró la vulnerabilidad, que consiste en la pérdida económica, y por último el riesgo que representa un establecimiento de este tipo hacia lo que lo rodea o viceversa.

# II. **INTRODUCCIÓN**

Debido a múltiples circunstancias que pueden ser de tipo geográfico, del medio natural o estratégico (en el plano socioeconómico, cultural o político), el Estado de Tamaulipas presenta un mosaico de actividades o características que, al combinarse entre sí, originan una diversidad de riesgos por regiones, incluso en microrregiones.

Más aún, en las zonas en donde la urbanización alcanza el grado de ciudades medianas a grandes, las actividades preponderantes son contrastantemente distintas. Como ejemplo se puede establecer que en la zona fronteriza predomina la industria manufacturera y el incesante tráfico comercial a través de sus puentes internacionales. En la zona central predomina el sector agroindustrial y gubernamental, así como actividades tales como la agricultura, la ganadería, la pesca, así como la industria pequeña y mediana de manufactura, en tanto la zona sur basa sus actividades en aquellas relacionadas con el petróleo y el refinamiento de productos similares. También existen otras actividades importantes tales como puertos, comercio, turismo y pesca.

Todo lo anterior, demuestra incluso sectorización en la culturización en la entidad, situación que opera como un elemento adicional en la recurrencia de algunos peligros provocados por la gente. Ante lo anterior, se hizo evidente la necesidad de trabajar por la prevención de los desastres, pues está de sobra justificada por la preocupación que representan para las instituciones y el gobierno y las repercusiones derivadas de los mismos. Uno de los principios fundamentales de la Protección Civil es la prevención. Sus bases efectivas son la educación, la capacitación y la reducción de los riesgos potenciales para mitigar el impacto de los desastres.

Es por lo anterior que la acción preventiva se define como la piedra angular en la instrumentación del Programa de Protección Civil. La aplicación de todas las acciones necesarias de este programa en materia de Protección Civil puede garantizar en gran parte la efectividad institucional ante contingencias internas y externas.

Con la utilización de los Sistemas de Información Geográfica como herramienta, se generará cartografía de asociación de peligros aislados o múltiples. El propósito principal del Atlas de Riesgos es presentar la información relacionada con diferentes peligros para un área en estudio en un mapa electrónico, ofreciendo un cuadro compuesto de los peligros naturales de diferentes magnitudes, así como de su frecuencia y área de impacto. Un mapa de peligros múltiples también puede ser descrito como un mapa de peligro compuesto", "sintetizado", y "sobrepuesto". Un área determinada puede sufrir la presencia de varios peligros naturales.

De esta manera, varios fenómenos naturales, causales de peligros, pueden ser consecuencia de un mismo evento. El mecanismo que origina el evento puede interconectar varios peligros y se le puede identificar fácilmente mediante el uso de dicha cartografía compuesta. Adicionalmente, los efectos y el impacto de un sólo evento peligroso incluyen diferentes tipos de impacto, cada cual de diferente severidad y afectando localidades diferentes.

De esta manera, la cartografía múltiple es un medio excelente para crear conciencia respecto a la mitigación de peligros múltiples. Resulta ser una herramienta analítica total para evaluar la vulnerabilidad y el riesgo, especialmente cuando se combina con la cartografía de instalaciones críticas.

Con la recopilación de la información y el traslapamiento de características, así como la ubicación de los problemas todo a través de códigos de colores o señalizaciones se logró una herramienta para determinar si existen situaciones que pueden prevenirse, controlarse o mitigarse.

# III. **ANTECEDENTES**

La frecuencia y gravedad de los desastres por fenómenos naturales y los accidentes de origen humano tienen efectos importantes sobre la población, las actividades económicas y el medio ambiente. Tradicionalmente, el manejo de desastres se ha limitado a responder a las calamidades ocasionadas por éstos, tomándose muy pocas medidas preventivas. Hoy todo el mundo ha reconocido que la manera más eficiente y económica del manejo de desastres en la prevención y planificación de las respuestas.

Uno de los antecedentes que sirven de base para el desarrollo de los Atlas de Riesgos ha sido que la Secretaría de Gobernación, a través del CENAPRED, elaboró la "Guía Básica para la Elaboración del Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", misma que engloba diversas herramientas metodológicas para orientar y ayudar a evaluar los peligros y riesgos a los que estamos expuestos.

En el caso de Tamaulipas, sus gobiernos avanzaron con la integración preliminar de un Atlas Estatal de Riesgos, el cual contiene información sobre eventos ocurridos de 1995 a 2007. Por otro lado, el Plan Estatal de Desarrollo 2005-2010, en sus líneas de acción se encuentra inscrito el mandamiento para las autoridades de Protección Civil, de fortalecer y consolidar un sistema de información para la prevención de riesgos.

# IV. OBJETIVOS Y METAS

## 1. General

Generar el Atlas de Riesgos del Estado de Tamaulipas apoyándose con Sistemas de Información Geográfica (SIG). Elaborar cartografía de peligros, para que la entidad pueda instrumentar acciones preventivas, correctivas, de mitigación, y/o restauración de los riesgos potenciales, ya sea por fenómenos naturales y/o antrópicos.

## 2. Específicos

- Establecer una base de datos de los peligros a los que está expuesta la entidad.
- Preparar una base de datos de los riesgos y situaciones vulnerables, los cuales podrán ser retroalimentados con un sistema accesible para las dependencias municipales.
- Uniformizar los Atlas Municipales de Riesgos, en cuanto a la sistematización de la información.
- Promover la participación de las diversas instituciones en el Estado, así como a los diversos sectores de la sociedad, que estén involucradas en la respuesta a contingencias.
- Capacitación del recurso humano que será el usuario principal de Atlas.

## 3. Metas

Conformación e integración de Atlas de Peligros y Riesgos a nivel estatal, por medio de un Sistema de Información Geográfica que permita hacer simulaciones por diferentes escenarios.

# V. METODOLOGÍA GENERAL

Para la elaboración del presente Atlas se tomó como base la metodología vigente desarrollada a nivel nacional por la SEDESOL y el SGM denominada “Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad (Identificación y Zonificación)”, edición 2004, y la desarrollada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos”.

Se utilizaron métodos básicos de interpretación de los sensores remotos disponibles como son las imágenes de satélite, ortofotografías, fotografías aéreas y el modelo digital de elevación para extraer información relativa a la expresión regional de los peligros causados por fenómenos naturales y en la definición de las zonas de peligro en zonas urbanas o por urbanizar.

Si bien, más adelante en cada uno de los apartados por nivel de peligro y riesgo se describe de manera detallada y concisa el método de trabajo seguido, de manera general se describen éstos a continuación.

## *A. Determinación de Peligro*

Para cada uno de los tipos de peligros se siguió una metodología apropiada y adaptada para el área de estudio según las condiciones del terreno y de las necesidades propias de este proyecto.

En el análisis de peligros geológicos se tomaron en cuenta litología y estructura geológica de la roca, así como la orientación e inclinación de laderas y taludes. Determinando la zonas de posible afectación. Soportados mediante el levantamiento de puntos de verificación en campo, incluyendo información como el azimut de la dirección de inclinación máxima del plano, así como su ángulo de inclinación.

Posteriormente se realizó un análisis de toda la información en el SIG obteniendo las zonificación diferentes capas de información (deslizamiento de falla plana, por volteo y flujos)

El análisis hidrológico incluyó el análisis de precipitación y su relación con el escurrimiento que se concentra en obras de drenaje y corrientes naturales.

Para la identificación de los diferentes tipos de erosión se elaboró una ficha o cédula, la cual contiene la fotografía del sitio e información relacionada con su ubicación, además, tipo de vegetación asociada, cobertura en $Km^2$ y tipo de roca, entre otros parámetros.

Por su parte, el análisis de peligros antropogénicos. Se incluyeron los temas de peligro químico-tecnológico, sanitario-ambiental y socio-organizativo, y se realizó la modelación de las gaseras y gasolineras del área con lo cual se obtuvieron los radios de afectación en caso de explosión o derrame.

Una vez que se identificaron los peligros se llevó a cabo la cuantificación el grado de vulnerabilidad a nivel de manzana, localidad y vías de comunicación que eran afectadas para posteriormente determinar el riesgo.

## *B. Determinación de vulnerabilidad y riesgo*

La definición del concepto de vulnerabilidad, nos da la pauta para conocer el valor monetario de las zonas que están expuestas a un fenómeno cualquiera, y así, el clasificar los sectores expuestos que presentan mayor o menor susceptibilidad de afectación respecto a sus condiciones Sin embargo, sólo nos enfocaremos a las condiciones socioeconómicas en base al

tipo de vivienda y algunos materiales de construcción. Por tal motivo, esta cuantificación se adecuó en base en la clasificación propuesta por el CENAPRED donde toman en cuenta al menaje y algunos tipos de materiales de construcción que existente en ellas. Como se menciona en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tipos de vivienda en base a su menaje, CENAPRED.

| TIPO DE VIVIENDA | CARACTERÍSTICAS | VALOR |
|---|---|---|
| I | Corresponde a los hogares más humildes, una vivienda consta de un sólo cuarto multifuncional, construido con material de desecho. Asimismo, el menaje es el mínimo indispensable. | $12,500 |
| II | Hogares que pueden ser clasificados como clase baja, donde la vivienda puede ser equiparada como una vivienda de autoconstrucción o viviendas construidas con materiales de la zona, la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto al menaje, la hipótesis es que las diferentes habitaciones cuentan con sus muebles propios y están más o menos definidas. | $50,000 |
| III | El tercer tipo de viviendas también puede ser clasificado como clase - baja, similar al tipo II, pero con techos más resistentes, construida la mayoría de las veces sin elementos estructurales. El menaje corresponde al necesario para las diferentes habitaciones, como en el anterior nivel; sin embargo, se consideran de mayor calidad y por lo tanto un mayor costo. | $150,500 |
| IV | El cuarto tipo de viviendas se identifica como la típica para la clase media, es decir, que puede ser equiparada con una vivienda de interés social, construida la mayoría de las veces con elementos estructurales. El menaje que se ha seleccionado corresponde con el de una casa típica de una familia de profesionistas que ejercen su carrera y viven sin complicaciones económicas. | $300,000 |
| V | Finalmente, el último sector de viviendas, corresponde al tipo residencial, construida con acabados y elementos decorativos que incrementan sustancialmente su valor. El menaje está formado por artículos de buena calidad y con muchos elementos de confort. | $450,000 |

**Fuente:** *"Guía Básica para la elaboración de Atlas estatales y Municipales de peligro y riesgo", CENAPRED, 2005.*

Donde, en base a lo anterior, se elaboró una tabla de la tipología de vivienda adecuada a la información con la que se cuenta de los AGEB´s, (INEGI, 2005). Dicha clasificación se utilizará en este estudio (Ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Tipos de vivienda en base a su menaje y tipos de material (AGEB´s INEGI. 2005).

| TIPO DE VIVIENDA | CARACTERÍSTICAS | VALOR |
|---|---|---|
| I | Corresponde a hogares que cuentan con un cuarto, piso de tierra, sin servicios (agua potable, drenaje y energía eléctrica) y sin computadora. | $12,500 |
| II | Corresponde a hogares que cuentan de 2 a 3 cuartos, piso de cemento, con servicios (agua potable, drenaje y energía eléctrica), con refrigerador, con televisión y sin computadora. | $150,500 |
| III | Corresponde a hogares que cuentan con 4 cuartos, piso de cemento, con servicios (agua potable, drenaje y energía eléctrica), con refrigerador, con televisión, con lavadora y con computadora. | $300,000 |
| IV | Corresponde a hogares que cuentan más de 5 cuartos, piso de madera y cemento, con servicios (agua potable, drenaje y energía eléctrica), con refrigerador, con televisión, con lavadora y con computadora. | $450,000 |

Para la evaluación del parámetro de riesgo se combinaron los elementos de peligro, vulnerabilidad y bienes expuestos, ya que la definición de este precepto se puede señalar como la correlación entre la intensidad de una "amenaza natural" (peligro), la susceptibilidad de los sistemas expuestos a ser dañados por el efecto de un fenómeno perturbador (vulnerabilidad) y el valor de los bienes expuestos de dicha población que recibe el impacto. De donde dicha

correlación muestra los diferentes valores de riesgo que se obtienen al combinar estos parámetros (Ver Tabla 3).

**Tabla 3.** Niveles de riesgo.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Peligro muy alto** | **Riesgo Alto** | **Riesgo Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** |
| **Peligro alto** | Riesgo Medio | Riesgo Medio | Riesgo Alto | Riesgo Muy Alto |
| **Peligro Medio** | Riesgo Bajo | Riesgo Medio | Riesgo Medio | Riesgo Alto |
| **Peligro bajo** | Riesgo Bajo | Riesgo Bajo | Riesgo Medio | Riesgo Alto |
| **Peligro** / **Vulnerabilidad** | **Vulnerabilidad baja** | **Vulnerabilidad media** | **Vulnerabilidad alta** | **Vulnerabilidad muy alta** |
| | **Vivienda Tipo IV** | **Vivienda Tipo III** | **Vivienda tipo II** | **Vivienda tipo I** |

**Fuente:** DINAPRE, *Sistema Nacional de Defensa Civil, Perú, 2006.*

Para calcular el nivel de riesgo, en las zonas identificadas por afectación, se asignaron variables a cada uno de los elementos para el riesgo:

Peligro = 1; se asignó este valor debido a que la zonificación representa el peligro alto.
Vulnerabilidad = probabilidad de daño del (80% - 20%).
Valor = Costo de la vivienda de acuerdo a su tipología ($12,500 - $450,000).

Al combinar estas variables y combinar las variables en la Tabla 3, resultan niveles de riesgo de valor medio, alto y muy alto. Por ejemplo:

**Vivienda tipo I**

R = PVC
R = (1) (0.8) ($12,500x8)
R = $80,000

La matriz de riesgo utilizada estará en función del nivel de detalle de la información, puede contar con tres niveles (Alto, Medio y Bajo), o hasta cinco niveles (Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto) según sea el caso, esta fue tomada del DINAPRE, 2006. Modificado SGM, 2009.

# VI. **ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La acción de diversos fenómenos naturales ha causado un gran impacto en diversas regiones de México, por lo cual los tres órdenes de gobierno se han dado a la tarea de realizar estudios a fin de conocer su magnitud, periodicidad y grados de afectación, lo anterior a través de análisis de riesgo, donde se involucran factores como el peligro y la vulnerabilidad, mismo que al integrarlos genera escenarios de riesgo, útiles para la autoridad encargada de la prevención de desastres.

Dado el impacto negativo que causan los fenómenos naturales en la sociedad, instituciones de gobierno, universidades e iniciativa privada, han enfocado parte de sus actividades a estudiar aspectos técnicos que lleven a establecer medidas de prevención y mitigación ante el efecto de desastres, ya sea naturales o de origen antrópicos, lo anterior con la finalidad de anticiparse al efecto de los fenómenos y generar una respuesta eficaz que permita disminuir considerablemente pérdidas humanas y materiales.

Una herramienta importante que ayuda a conocer la recurrencia de un fenómeno natural o antropogénico, es la elaboración de un Atlas Estatal de Riesgos, el cuál tienen la finalidad principal de promover el conocimiento de los posibles escenarios de peligro y riesgo a los que está expuesto el territorio estatal, con énfasis en los principales centros de población. Con el manejo óptimo de los Atlas de Riesgo es factible emprender las acciones necesarias a fin de que la autoridad correspondiente salvaguarde a los habitantes, así como bienes y servicios de cualquier centro de población, además de ser una herramienta importante en actividades relacionadas con la planeación urbana.

## 1. Localización

El Estado de Tamaulipas se ubica al noreste de la República Mexicana, es uno de los seis Estados que colindan al norte con los Estados Unidos de América, con 370 Km de frontera, teniendo como línea divisoria el Río Bravo. Al este delimita con el Golfo de México, con 420 Km de litoral, al oeste limita con el Estado de Nuevo León y al sur con los Estados de Veracruz y San Luis Potosí. Geográficamente se ubica entre los paralelos 22°12’ 31’’ y 27°40’ 52’’ de latitud norte, y los meridianos 97°08’38’’ y 100°08’51’’ de longitud oeste. Está conformado por 43 Municipios que se distribuyen en una superficie territorial de 79,829 $Km^2$, representando el 4.1% de superficie total del país (Figura 1).

La entidad cuenta con una serie de vías de comunicación, tanto terrestres como aéreas, que lo conectan internamente y con el resto del país. La red de carreteras tiene un total de 7,935 Km que parten de Nuevo Laredo en el noroeste de la entidad y corre más o menos paralelo a la línea fronteriza, uniéndose con la carretera que se extiende hasta la ciudad de México. La carretera federal No. 2 que cruza el Estado hasta la Ciudad de Matamoros; la No. 180 une a Matamoros con Tampico y su trayectoria es paralela a la costa. En el trayecto de esta carretera entroncan diversos ejes, entre los cuales están el No. 101, que une a Matamoros con Ciudad Victoria, y el No. 97, que parte al norte de San Fernando y llega a Reynosa.

El Estado cuenta con una red ferroviaria de 1,062 $Km^2$, opera básicamente para el transporte comercial facilitando la actividad de producción y consumo con los Estados colindantes y con el país vecino.

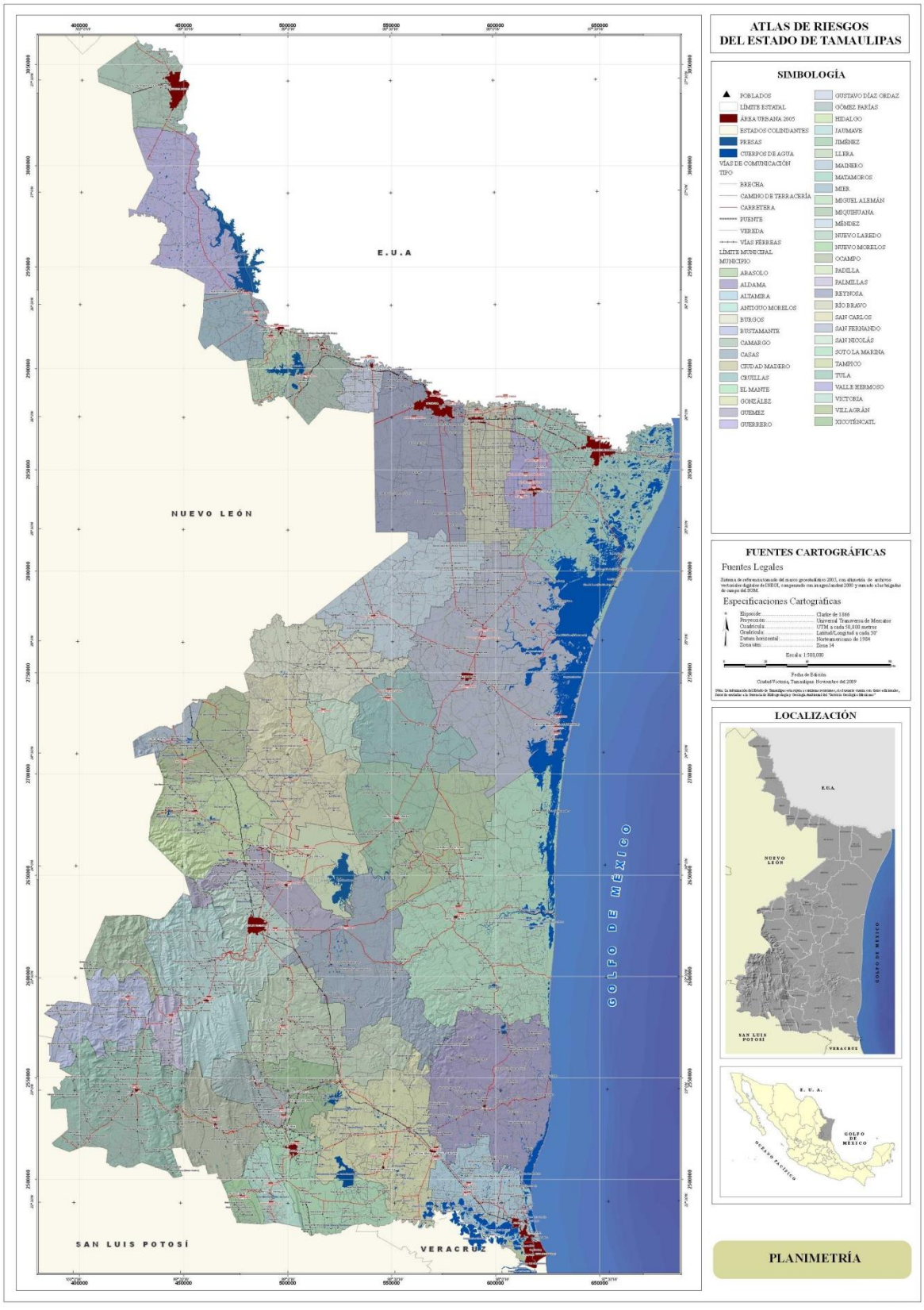



**Figura 1.** Ubicación geográfica del Estado de Tamaulipas.

## 2. Población

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en su II Conteo de Población y Vivienda 2005, recopiló datos sobre total de población, distribución municipal, educación, salud, servicio médico, vivienda y actividad económica, que a continuación se presentan:

En cuanto a la población, en el Estado de Tamaulipas, habitan 3'024,238 personas, de las cuales 364,269 se localizan en el área urbana y 2'659,969 en la rural (***INEGI, 2005***), 1'493,573 hombres y 1'530,665 mujeres, dando como resultado una densidad de población del 37.72 hab/Km$^2$, distribuidos en las 43 Municipios que lo conforman.

### *A. Educación*

Tamaulipas tiene una infraestructura en educación de 5,118 escuelas que abarcan los niveles de preescolar hasta nivel superior, donde la Universidad Autónoma de Tamaulipas se consolida como la máxima casa de estudios a nivel estatal. Existen en el Estado un total de 191,582 personas en edad escolar que no saben leer ni escribir y 2'438,959 con algún grado de estudios. El número de alfabetas representa más del 92% de la población total en edad escolar. Lo anterior ubica al Estado en el número siete de los Estados con mayor grado de escolaridad a nivel nacional, superando el promedio nacional.

### *B. Salud*

Con respecto a la información obtenida total de derechohabientes (INEGI, 2005) con acceso a los sistemas de salud se tiene 1'221,271 al IMSS, 197,675 ISSSTE, 399,477, 93,805, 59,197 y 14,427 para el Seguro Popular, Pemex e Instituciones Privadas y derechohabientes de otras instituciones respectivamente; 960,394 personas que no tienen acceso a ninguno de los anteriores y finalmente 105,701 que no especifica algún tipo de servicio médico tal.

## 3. Vegetación

El Estado de Tamaulipas cuenta con una superficie forestal de 4,664.360 hectáreas, acentuada en tres diferentes ecosistemas: templado-frío (bosque), tropical (selva) y zonas áridas (áridas y semiáridas), además de zonas conformadas con varios tipos de vegetación y áreas perturbadas, tal y como está plasmado en el Programa Estratégico Forestal del Estado de Tamaulipas, 2006-2025 (Tabla 4). Existen siete Áreas Naturales Protegidas (cinco de jurisdicción estatal y dos federales) de las cuales la más importante corresponde a la Reserva de la Biosfera El Cielo (RBC), por conservar una amplia biodiversidad que se extiende en una superficie de 144,530.5 hectáreas, donde se desenvuelven cuatro ecosistemas: bosque mesófilo de montaña, bosque tropical subcaducifolio, bosque de encino-pino y matorral xerófilo.

**Tabla 4.** Distribución de los tipos de vegetación en el Estado de Tamaulipas.

| TIPOS DE VEGETACION | SUPERFICIE (Hectáreas) |
|---|---|
| Bosque | 519.074 |
| Selva | 805.629 |
| Vegetación de Zonas Áridas | 2,671.937 |
| Otros Tipos de Vegetación | 345.724 |
| Áreas Perturbadas | 321.996 |
| **TOTAL** | **4,664.360** |

La entidad presenta una amplia variedad de vegetación distribuidos en nueve tipos de bosques (Bosque cultivado, de ayarin, encino, encino-pino, galería, pino, pino-encino, táscate y mesófilo de montaña); cinco tipos de matorral (crasicaule, desértico micrófilo, desértico rosetófilo, espinoso tamaulipeco y submontano); cuatro tipos de pastizales (cultivado, halófilo, inducido y natural); siete tipos de selva (subperennifolia, caducifolia, espinosa, subcaducifolia, subperennifolia, subcaducifolia y subperennifolia; vegetación de dunas costeras, de galería y halófila (Figura 2;). Dentro de las particularidades que se tienen en el Estado es la presencia de tres diferentes tipos de ecosistemas; el primero se considera como Templado Frío y se ubica en las Sub-provincias: Gran Sierra Plegada, Sierras y Llanuras Occidentales, Llanuras de Coahuila y Nuevo León, Llanuras y Lomeríos, Llanura Costera de Tamaulipas y Discontinuidad de Sierras de Tamaulipas. Los tipos de vegetación están representados por Pino, Pino-Encino, Otras Coníferas, Encino y Bosque Fragmentado (Fotografía 1).

**Fotografía 1.** Bosque de neblina, Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas.

De acuerdo a Sánchez-Ramos (2008), en Tamaulipas los bosques conforman el 1.7% del total nacional, las selvas el 4.0%, las zonas áridas el 5.0%, la vegetación halófila el 5.4%, y el 1.7% de áreas perturbadas del total nacional. Se destinan tres millones 849 mil 022 hectáreas a la producción, un millón 180 mil 156 hectáreas a la restauración, y 47 mil 665 hectáreas a la conservación. Esto significa, en términos de superficie, que Tamaulipas contribuye a nivel nacional con el 3.5% de la producción, el 3.8% de la restauración y el 0.5% de las medidas de conservación. El Estado experimentó un problema serio de deforestación (el 36.6% de la superficie estatal se deforestó en un periodo de 30 años, de 1970 al 2000). Sin embargo, Tamaulipas cuenta con el 20% de la superficie cubierta con bosques y selvas con un buen estado de conservación, principalmente en los ecosistemas montañosos de la Sierra Madre Oriental. Es remarcable, por lo anterior, que existen áreas que pueden ser consideradas críticas, en el sentido de su vulnerabilidad y la consecuente deforestación -pérdida de hábitat- e incendios forestales.

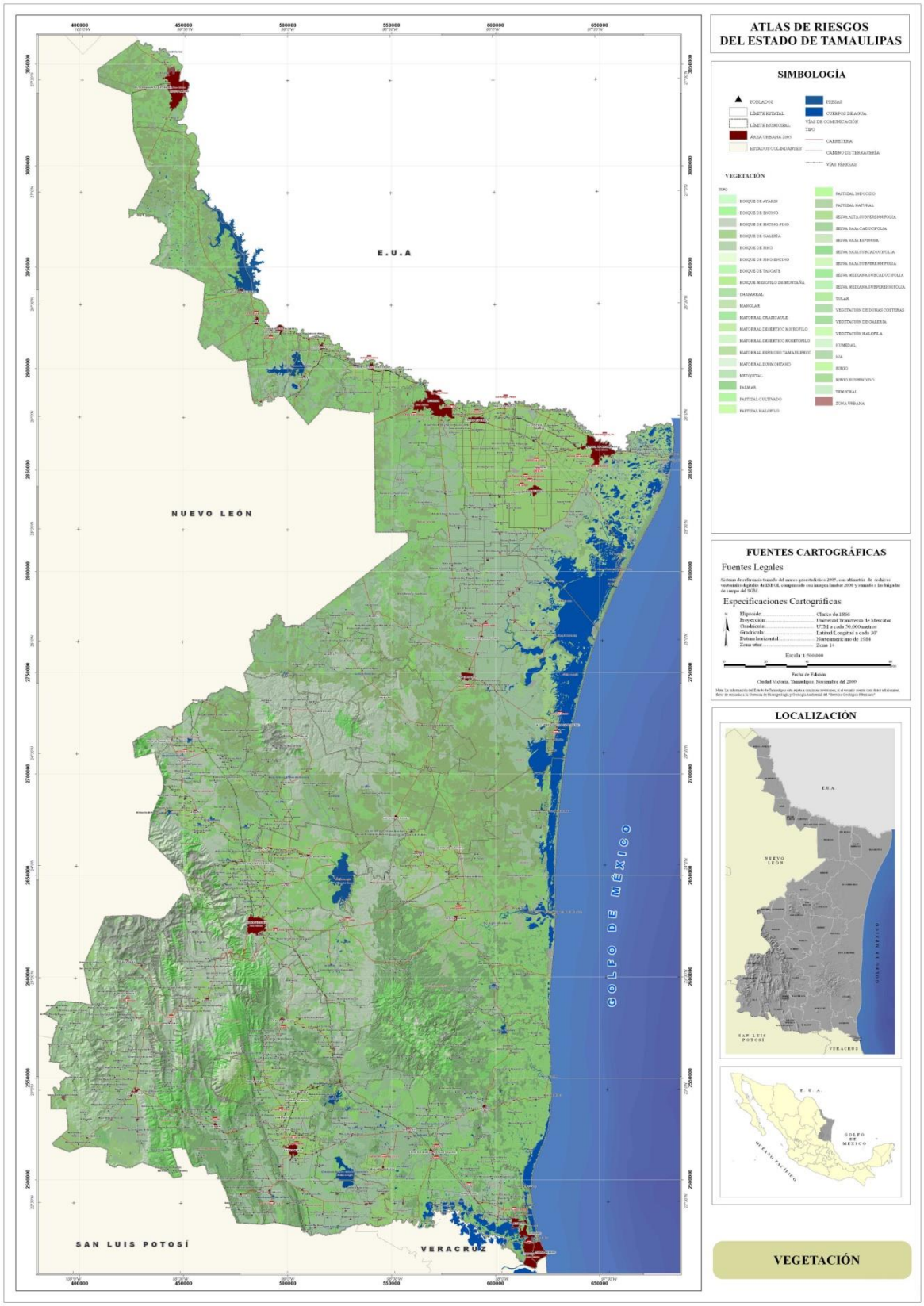



**Figura 2.** Distribución de tipos de vegetación del Estado de Tamaulipas.

# 4. Hidrografía

La red hidrográfica de la entidad tamaulipeca inicia en las sierras altas formando corrientes que son alimentadas principalmente por la lluvia, las cuales descienden y recorren a través de importantes afluentes que se van distribuyendo en cuatro regiones hidrológicas: Bravo-Conchos (RH 24), San Fernando-Soto La Marina (RH25) , Panuco-Tamesí (RH 26) y El Salado (RH37). Los Ríos cortos descienden de la zona montañosa, paralelos entre sí y cuyo poco caudal aumenta gradualmente mientras se avanza hacia el sur del Estado. El más caudaloso es el Río Bravo, ubicado en prácticamente el extremo norte del Estado, asimismo, destacan el Bravo y sus afluencias Salado y Sabinas, el San Fernando y el Soto La Marina, en cuyos márgenes se han establecido la mayoría de las poblaciones importantes; hacia el sur las corrientes importantes que encontramos son el Guayalejo, que en su curso inferior recibe el nombre de Tamesí, antes de unirse al caudal del Pánuco y posteriormente desembocar en el Golfo de México (Figura 3).

La Región Bravo-Conchos, alberga al Río Bravo cuyo afluente constituye el límite fronterizo con los Estados Unidos de América, nace en las montañas del país vecino y recorre la porción norte con una longitud de 3,034 kilómetros hasta su desembocadura en el golfo de México, sobre su margen derecho se ubican ciudades importantes como Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Camargo, Reynosa, Río Bravo y Matamoros. A este afluente se suma el Río San Juan que nace en las entidades de Coahuila y Nuevo León, que a su vez son alimentados por el río Pesquería Grande, Salinas y la corriente de Santa Catarina. Esta región aloja cinco cuencas principales: Río Bravo-Matamoros-Reynosa, Río Bravo- San Juan, Río Bravo Sosa, Río Bravo-Nuevo Laredo y La Presa Falcón-Río Salado.

La Región San Fernando-Soto La Marina, cuenta con una corriente principal que surge en la Sierra Madre como río Blanco y se une a los manantiales del Río Purificación en su curso superior. Al confluir con los ríos Pilón y Corona en la Presa Vicente Guerrero, cambia su denominación por la de Soto la Marina, al cual se suman los escurrimientos superficiales hasta desembocar en el Golfo de México.

En esta región se localizan cuatro cuencas: Laguna de San Andrés-Laguna Morales, Río Soto La Marina, donde se ubica la Presa Vicente Guerrero y el Distrito de Riego No. 32, por otro lado se localizan también las cuencas Laguna Madre y Río San Fernando.

El Río San Fernando nace en la Sierra Madre Oriental, en Nuevo León, al entrar a Tamaulipas por el Municipio de Burgos recibe como tributarios al Río San Lorenzo y a los arroyos Fresno y Burgos. Su cuenca tiene una extensión de 15,640 kilómetros y toma el nombre de Río San Fernando al pasar por la localidad del mismo nombre, para posteriormente desembocar en la Laguna Madre. El Río Corona llamado también como Santa Engracia, se enriquece con las aguas de los ríos Caballeros, San Pedro y San Marcos que provienen de la Sierra Madre oriental, al igual que con las aguas del arroyo Grande o de Croix. El Río Pilón proviene de la Sierra de San Carlos y atraviesa los Municipios de Mainero, Villagrán e Hidalgo y es alimentado por los ríos Santa Lucia y San Carlos y los arroyos Trinchera y Torrecillas.

Región Panuco-Tamesí, corresponde a una de las regiones hidrológicas más importantes del país, tanto por su volumen de escurrimiento como por la superficie que ocupa. Dentro de esta se ubican tres cuencas importantes, la cuenca de los ríos Tamesí, Panuco y Tamuín. El Río Tamesí una se origina entre las montañas que forman el valle de Palmillas, en la Sierra Madre. Recibe primeramente el nombre del Río Jaumave y luego confluye con el Río Chihue, entrando al Municipio de Llera por el Cañón de Santa Rosa. El Río Panuco luego de recibir las aguas del Río Tamesí a la altura del Puente del Moralillo, en la ciudad de Tampico, se constituye como límite con el Estado de Veracruz, a lo largo de ocho kilómetros aproximadamente hasta desembocar en el Golfo de México.

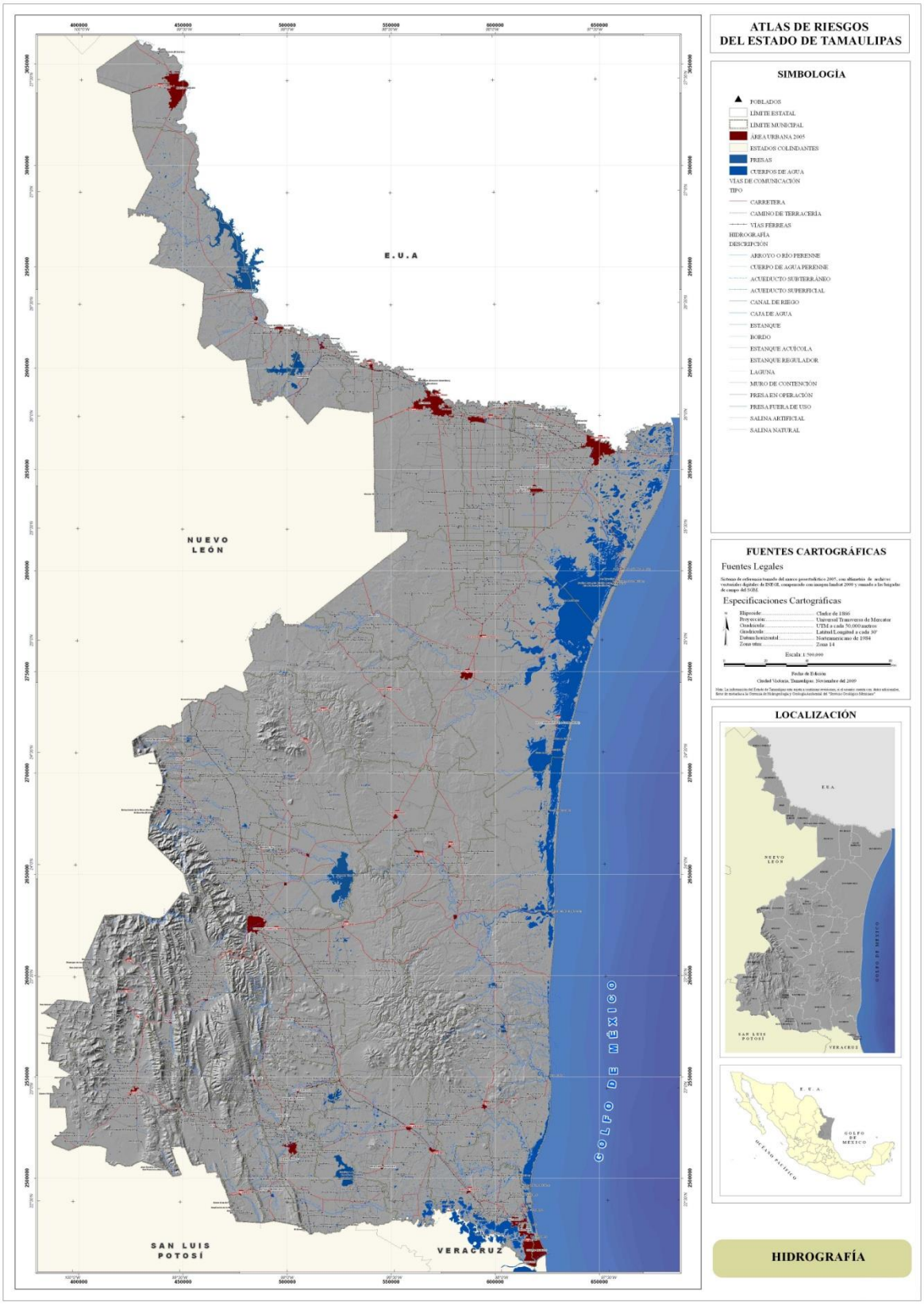



**Figura 3.** Distribución de la red hidrográfica en el Estado de Tamaulipas.

Por último, la región denominada El Salado es la que menor área ocupa en todo el Estado, constituida por una serie de cuencas cerradas, entre ellas la Sierra Madre, siendo la única con presencia en Tamaulipas. Cubre una pequeña porción del suroeste del Estado a la altura del Trópico de Cáncer, el cual se sitúa treinta kilómetros al sur de Ciudad Victoria. Está constituida por una serie de cuencas cerradas de diversas dimensiones.

Referente a cuerpos de almacenamiento de agua, el Estado de Tamaulipas cuenta con tres presas principales, cuyo uso principal es la generación de energía eléctrica, riego agrícola y el consumo humano. Al norte del Estado, en el Municipio de Guerrero, se localiza la Presa Falcón, mientras que en los Municipios Camargo se ubica la Presa Marte R. Gómez, así como la Presa Vicente Guerrero, ubicada en el Municipio de Padilla, cuyos afluentes principales son los Ríos Purificación, San Carlos y Pilón. Cabe mencionar que la presa más grande del Estado es la Presa Internacional Falcón, con una capacidad de 5’038, 000,000 $m^3$.

## 5. Fisiografía

De acuerdo a INEGI (1983), el Estado de Tamaulipas se ubica dentro de los límites de tres Provincias Fisiográficas que conforman el territorio mexicano (Figura 4), la zona montañosa del suroeste del Estado pertenece a la Provincia Sierra Madre Oriental, las extensas áreas de llanuras costeras, lomeríos y valles, así como las sierras de San Carlos y Tamaulipas que abarcan la mayoría de los terrenos tamaulipecos, corresponden a la Provincia Llanura Costera del Golfo Norte, finalmente hacia la zona noroeste, en la que predominan lomeríos suaves alternados con llanuras dentro de la Provincia Grandes Llanuras de Norteamérica.

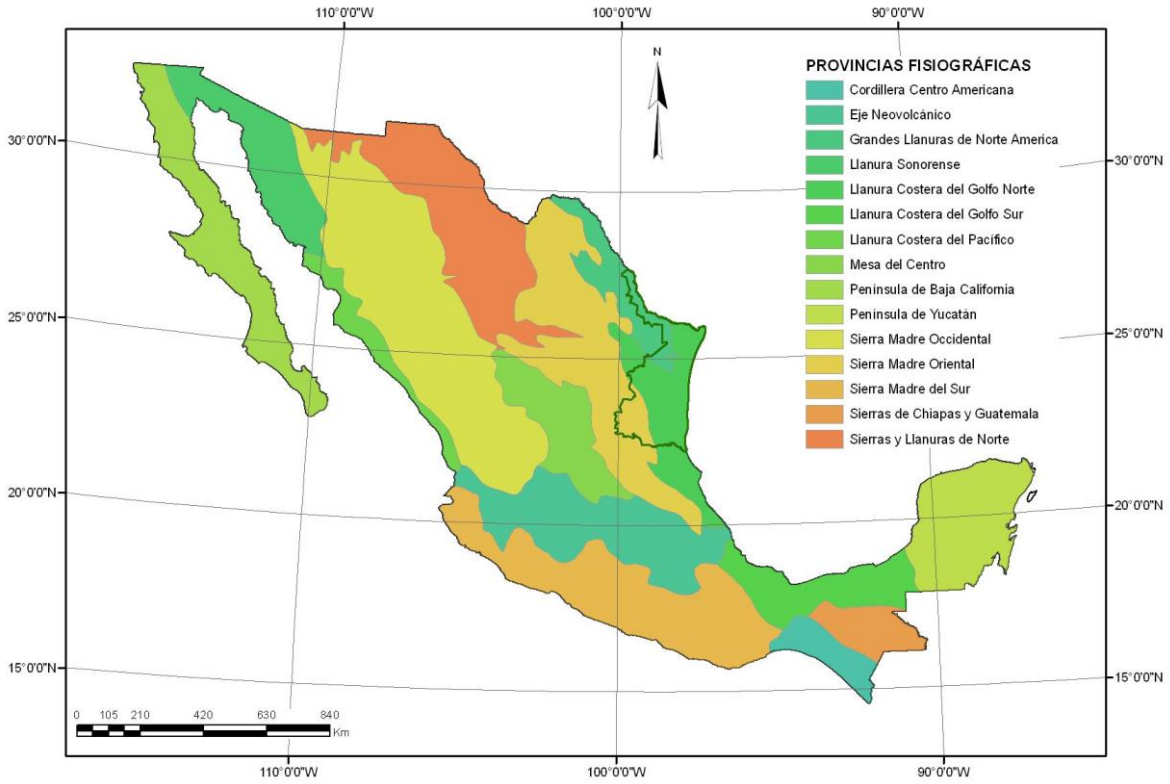



**Figura 4.** Plano de Provincias Fisiográficas de La República Mexicana (INEGI, 1983).

### *A. Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental*

La Provincia Sierra Madre Oriental se divide en dos su provincias: Gran Sierra Plegada y Sierras y Llanuras Occidentales, de manera general están formadas por un conjunto de sierras altas con cumbres, cuyas altitudes oscilan entre 2,000 y 3,000 msnm. Predominan las rocas sedimentarias marinas (calizas, lutitas y areniscas), con edades que varían entre el Cretácico y el Jurásico Superior. En esta provincia abundan cuerpos estructurales de tipo anticlinal y sinclinal, además de una extensa zona de pie de monte, lomeríos, mesetas, llanuras y valles.

### *B. Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte*

Esta provincia se encuentra subdividida en cuatro su provincias: Llanuras y Lomeríos, Llanura Costera Tamaulipeca, Sierra de Tamaulipas y Sierra de San Carlos, de manera general se caracteriza por la presencia de relieves contrastantes, desde amplias llanuras interrumpidas por lomeríos, fuerte presencia de sedimentos antiguos, ya sea arcillosos y/o arenosos. En el caso de las llanuras, éstas se encuentran seccionadas por dos sierras: Sierra de Tamaulipas, formada principalmente por calizas afectados por cuerpos intrusivos ácidos, y la Sierra de San Carlos, representada por un conjunto de cuerpos ígneos asociados a calizas. Sus altitudes máximas oscilan entre los 1200 y 1400 msnm. En la zona de la llanura costera destaca la presencia de sedimentos marinos no consolidados en zonas inundables, estos asociados a lomeríos y mesetas aisladas.

### *C. Provincia Fisiográfica Grandes Llanuras de Norteamérica*

Representada en el Estado por la Su provincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León, a su vez se caracteriza por ser una llanura aluvial con altitudes topográficas máximas entre 300 y 400 msnm. En este caso la zona de llanura es interrumpida por una serie de lomeríos bajos y dispersos, de pendientes suaves, compuestos principalmente por materiales conglomeráticos. Dentro de sus características similares destacan las topoformas formadas por mesetas y valles ubicadas al sur de la provincia.

## 6. Geomorfología

Como se ha mencionado en apartados anteriores, de acuerdo a Raisz (1964), el Estado de Tamaulipas está delimitado por tres Provincias Fisiográficas: Sierra Madre Oriental, Grandes Llanuras de Norteamérica y Llanura Costera del Golfo Norte, a partir de las cuales a continuación se describen sus principales características geomorfológicas.

De manera general las formas topográficas son una manifestación directa de las estructuras geológicas presentes. Gran parte de las zonas serranas se encuentran en una etapa geomorfológica de juventud, lo anterior a que se tiene la presencia de zonas montañosas con grandes desniveles, vertientes escarpadas y valles estrechos en forma de garganta. Por otro lado, la zona de valles tiende a clasificarse en una etapa geomorfológica de mayor madurez, ya que existe presencia de una serie de fosas sepultadas, vertientes con una inclinación menor, llanuras extensas de inundaciones, además que los ríos principales no presentan grandes cambios de altura topográfica como en la etapa de juventud.

El Estado se caracteriza por la presencia de extensas planicies que se elevan unos cuantos metros sobre el nivel medio del mar, seguido por algunos lomeríos de baja altura. En parte de la superficie estatal se observa un contraste en el relieve topográfico, lo anterior por la presencia de cadenas montañosas altas y alargadas correspondientes a la Sierra Madre Oriental y elevaciones de menor tamaño representadas por las sierras de Tamaulipas y San Carlos. Existen zonas donde al interior de cuerpos elevados se presentan amplios valles, cañadas profundas, llanos, etc.,

mientras que en los flancos de las principales sierras se observan extensas zonas de pie de montes.

A continuación se describen las características geomorfológicas que conforman a cada Provincia Fisiográfica, además se muestra su distribución dentro de la entidad (Figura 5), así mismo en la Tabla 5 se anexa la descripción de cada rasgo geomorfológico.

**Tabla 5.** Tabla de rasgos geomorfológicos que conforman el relieve del estatal. Modificado de Geomorfología, Informe Geomorfológico INEGI (1995).

| RASGO GEOMORFOLÓGICO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Bajada | Comprende áreas de pendientes y extensiones variables transicionales entre geoformas elevadas y partes llanas, comprendiendo las partes bajas de las laderas y zonas de pie de monte. |
| Llanura Aluvial | Superficies relativamente plana con pocas variaciones en sus alturas, además de tener contacto con medios sedimentarios que incorporan materiales en su superficie. |
| Llanura Desértica | Superficies planas parcial o totalmente descubiertas de la vegetación, donde agentes erosivos (principalmente el viento) remueven las partículas finas de los suelos, dejando |
| Lomerío | Comprende las elevaciones del terreno de tamaño y altura menor respecto a una sierra, comprende estructuras como cerros y lomas. |
| Meseta | Superficie llana cortada por valles, con pendientes irregulares y escarpadas, generalmente son el resultado de la erosión de estratos dispuestos horizontalmente. |
| Playa o Barra | Playa, es el la acumulación de sedimentos no consolidados por acción del oleaje. Barra, depósito submarino de arena de forma alargada, situado en el curso de una corriente. |
| Sierra | Se refiere al conjunto de estructuras montañosas elevadas y alineadas, generalmente son parte de una cordillera. |
| Valle | Superficies llanas rodeadas por sierras o geoformas elevadas. |

## *A. Provincia Sierra Madre Oriental*

Se encuentra enmarcada por parte de Sierra Madre Oriental, en su mayoría la topografía de esta provincia se caracteriza por la presencia de estructuras plegadas, accidentadas, paralelas y alargadas, que son resultado de esfuerzos sobre rocas preexistentes que dieron origen a estructuras anticlinales y sinclinales orientadas predominantemente norte-sur, con pendientes entre el 40 y 70%. Respecto a las elevaciones topográficas son superiores a los 2,000 m, con valores máximos de alrededor de 4,000 m en la Peña Nevada, ubicada al poniente del Municipio de Ciudad Victoria.

A su vez la provincia presenta un conjunto de relieves, entre valles y mesetas al interior de las sierras, hacia las laderas y pies de monte principalmente, se ubican importantes sistemas fluviales, además de topoformas características de las superficies cársticas, tal es el caso de extensas cavernas, manantiales y dolinas, estas últimas, incrementando su tamaño con el desplome de techos de cavernas vecinas.

En la parte occidental de la provincia se observan rasgos asociados a llanuras desérticas, donde se observan relieves de menor altura y extensas llanuras con presencia de materiales rodados provenientes de zonas topográficas de mayor altura. Otros tipos de rasgos geomorfológicos presentes en la zona son las estructuras dómicas y las mesetas, a partir de la presencia de cuerpos intrusivos y coladas lávicas resultado de esfuerzos distensivos que provocaron una actividad ígnea, se les puede observar al poniente de Ciudad Victoria, al sur de Ocampo, oriente de Bustamante, entre otros Municipios.

De acuerdo a la Figura 5, la Provincia Sierra Madre Oriental está caracterizada por una franja central alineada prácticamente norte-sur, formada por sierras plegadas con presencia de mesetas. Esta franja central está flanqueada al este y oeste con sierras plegadas y una fuerte presencia de zonas de pie de montes representados por descensos topográficos fuertemente marcados. En el resto de la provincia existen características topográficas diversas, tal es el caso de valles, sierras y mesetas, llanuras aluviales, entre otras.

### *B. Provincia Grandes Llanuras de Norteamérica*

Se ubica en el extremo noreste del Estado, de entre sus principales rasgos geomorfológicos destaca una extensa llanura que cubre la mayor parte de la zona, asociada a la presencia de lomeríos de pendientes suaves. Se tiene la presencia de mesetas asociados a derrames de lava, además de afloramientos de pequeños cuerpos intrusivos ubicados principalmente en los alrededores del Municipio de Burgos.

De acuerdo a la Figura 5, en pequeñas zonas al sur y centro norte de la subprovincia se observan escasos rasgos geomorfológicos relacionados con sierras bajas y sierras bajas con lomeríos, los cuales se caracterizan por elevaciones topográficas bajas que sobresalen en una zona de llanura.

### *C. Provincia Llanura Costera del Golfo Norte*

Esta provincia es la que tiene mayor extensión en el Estado, involucrando extensas llanuras y lomeríos, sistemas de sierras pertenecientes a las sierras de Tamaulipas y San Carlos, así como toda la línea de costa, por lo que está compuesta por una gran variedad de rasgos geomorfológicos

Presenta gran variedad de rasgos geomorfológicos, desde las extensas llanuras, llanuras aluviales y valles de relieve bajo ocasionalmente interrumpidos por pequeños lomeríos, mesetas y sierras, como es el caso de las extensas llanuras que conforman las cuencas de Burgos y Tampico-Mizantla, las cuales son divididas por las sierras de Tamaulipas y San Carlos.

Estas dos últimas, son pilares estructurales en un ciclo geomorfológico de juventud avanzada, evidenciado por la presencia de cambios topográficos considerables en cortas distancias, lo cual se traduce en la presencia de cañones y escarpes en las zonas más altas de las sierras. Poseen características geomorfológicas idénticas, predominando las sierras con altitudes superiores a los 800 m y en su mayoría con pendientes mayores a los 40º.

También se da la presencia de una serie de lomeríos ubicados hacia las laderas de ambas sierras, así como conjuntos de mesetas ubicados hacia la parte sur del Estado en los alrededores del Municipio de Tampico.

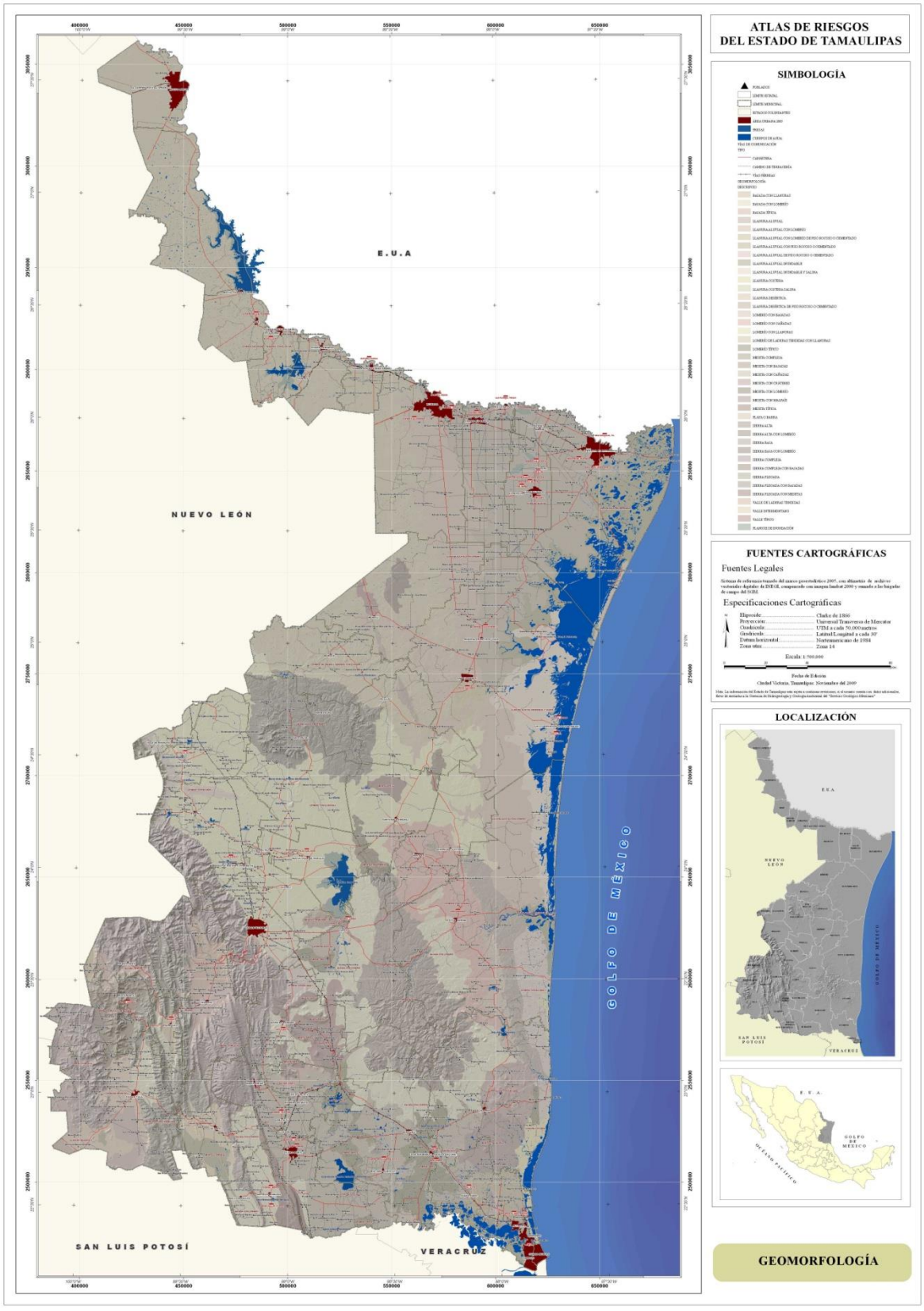



**Figura 5.** Mapa de distribución de geoformas dentro del Estado de Tamaulipas.

# 7. Clasificación y Uso de Suelo

La gran diversidad de rocas que afloran en el Estado ha propiciado que por efectos de la erosión exista una gran diversidad de suelos (Figura 106). A continuación se describen los principales suelos (según la clasificación FAO/UNESCO) que constituyen cada una de las provincias.

En los Municipios de la frontera (de Matamoros a Nuevo Laredo), los suelos típicos de esta provincia son los xerosoles, que se encuentran sobre lomeríos suaves y algunas llanuras. Son suelos profundos, de textura de migajón arcillosa o arcillosa, de color amarillento o rojizo; se derivan de rocas arcillosas y calcáreas y su estructura es en forma de bloques. Los xerosoles cálcicos presentan movimientos de carbonato dentro del perfil; los xerosoles lúvicos presentan acumulación de arcilla en los horizontes subsuperficiales; los xerosoles háplicos no muestran evidencias tan claras de los procesos antes mencionados. Son suelos fértiles con deficiencia de nitrógeno, poco susceptibles a la erosión, y se encuentran en regiones áridas y semiáridas. Otros suelos localizados en esta área son los fluvisoles en la cercanía del Río Bravo y sus afluentes; los vertisoles, rendzinas y los solonchak están cercanos al litoral.

Los Llanos de San Fernando: Estos llanos están conformados por los Municipios de San Fernando, Méndez y una porción considerable de Burgos y Cruillas. Los suelos característicos son los castañozem, tienen una capa superficial de color pardo, y su textura es de migajón arcillosa y arcillosa. Son suelos profundos que descansan sobre furas capas de arcilla con contenidos bajos de materia orgánica y acumulación de carbonatos de calcio en el subsuelo, presentan baja susceptibilidad a la erosión, y son de regiones semiáridas. Otros suelos presentes son el xerosol, el vertisol y el solonchak.

Sierra de San Carlos: La conforman los Municipios de San Carlos, San Nicolás y parte de Cruillas y Burgos. El suelo característico es el rendzina, el cual presenta una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre una roca caliza; no son profundos (en promedio 10 cm), tienen textura arcillosa de color negro a gris, son de susceptibilidad moderada a alta a la erosión, y se encuentran en regiones semiáridas. Otros suelos presentes son los vertisoles, litosoles y castañozem.

La cuenca central: La forman los Municipios de Victoria, Güémez, Padilla, Hidalgo, Villagrán, Mainero, Jiménez, Abasolo, Casas y Soto la Marina. El suelo predominante es el vertisol, de colores negro, gris y rojizo. Sus suelos son muy duros, masivos y pesados. Tienen textura arcillosa, que origina grietas anchas y profundas en la época de sequía, y se encuentran en regiones semiáridas. Otros suelos presentes son los rendzinas, litosol, xerosol, feozem, cambisol y los gleysoles cercanos al litoral.

Sierras del suroeste: La conforman los Municipios de Tula, Jaumave, Palmillas, Miquihuana y Bustamante. El suelo característico es el litosol, el más abundante de la región y se encuentra en la mayor parte de la sierra, con pendientes mayores a 20%. Se desarrolla de materiales calcáreos (lutitas, margas y conglomerados) y no tiene potencial agropecuario. Consiste en suelos sin desarrollo, de colores negros y grises, es rico en materia orgánica y no presenta problemas salinos. Resulta susceptible a la erosión, pudiendo ser de alta a muy alta y se encuentra en regiones semiáridas. Otros suelos presentes son los xerosoles, rendzinas y feozem.

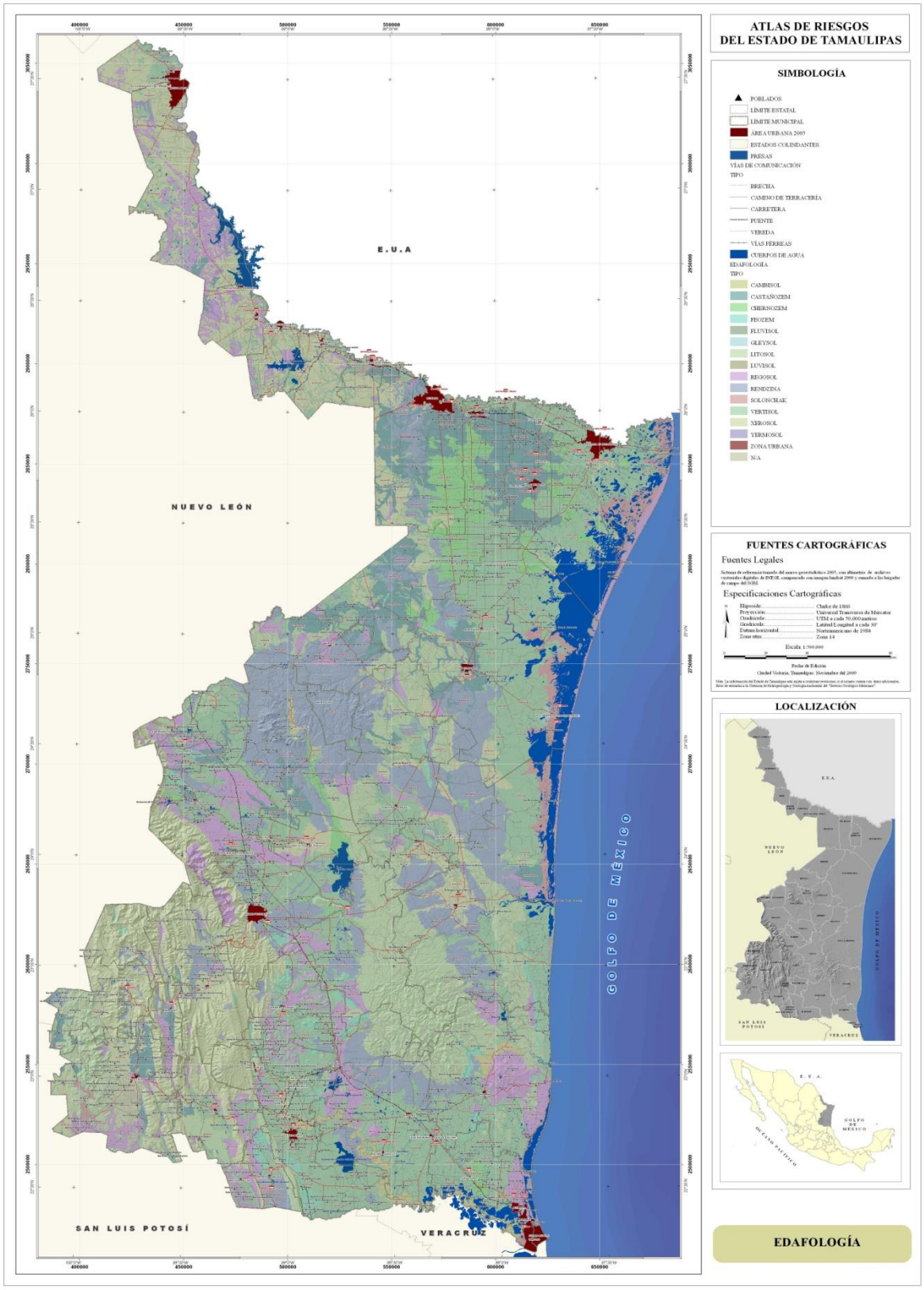



**Figura 6.** Distribución de los tipos de suelos en el Estado de Tamaulipas.

La Huasteca: La constituyen los Municipios de Llera, Gómez Farías, Xicoténcatl, Ocampo, Antiguo Morelos, Nuevo Morelos, Mante, González, Aldama, Altamira, Madero, Tampico además de Casas y Soto la Mariana. El suelo predominante es el vertisol, resultan ser suelos casi siempre muy fértiles, de origen aluvial, de textura arcillosa, masiva o pesada que originan grietas anchas y profundas en la época de sequía. Son de colores negros y grises, de susceptibilidad baja a la erosión, y se encuentran en regiones semiáridas. Otros suelos son litosol, rendzina, feozem y regosol.

Tamaulipas cuenta con un territorio apto para la gran diversidad de actividades agrícolas, pecuarias y forestales. De la superficie total son agrícolas 21%, con potencial ganadero 58%, con bosques 11% y otros con el 10%.

## 8. Climatotología

En el Estado existe una gran variedad de climas que se distribuyen en función de la geografía, el trópico de cáncer divide a la entidad en dos zonas bien definidas: el sur con climas cálidos y relativamente húmedos, mientras que en el centro y norte del Estado son más secos con temperaturas extremas más elevadas. La parte cercana al Golfo de México presenta temperaturas menos extremas que el resto de las zonas al interior del Estado (Tabla 6).

**Tabla 6.** Zonas climáticas del Estado de Tamaulipas.

| ZONAS CLIMATICAS | TIPO DE CLIMA |
|---|---|
| Zona Centro-Norte | Climas semisecos y semicálidos con lluvias escasas todo el año. |
| Zona Sierra Madre | Clima cálido hasta templado, según la altitud y húmedo a seco de este a oeste. |
| Zona Sur-Sureste | Climas cálidos sub-húmedos y húmedos con lluvias en verano. |

**Fuente:** Köppen (1981).

De acuerdo a Köppen (1981), en la zona centro y norte del Estado prevalece un clima cálido con lluvias escasas, al sur se registra una temperatura más elevada y húmeda. Siguiendo una línea paralela a la Costa del Golfo de México, la presencia de la Sierra Madre Oriental impide en gran parte que los vientos húmedos lleguen hacia los altiplanos del sur, ocasionando un clima seco; las diferentes altitudes de la sierra determinan la temperatura cálida en la costa así como un clima templado en el sureste.

Durante el verano, la cercanía del mar da lugar a vientos húmedos y ciclones que provocan la precipitación de gran parte de las lluvias anuales; en invierno, las masas de aire polar o “nortes” causan una alta humedad, ocasionando grandes precipitaciones en la zona centro y norte del Estado (Figura 7; Tabla 7).

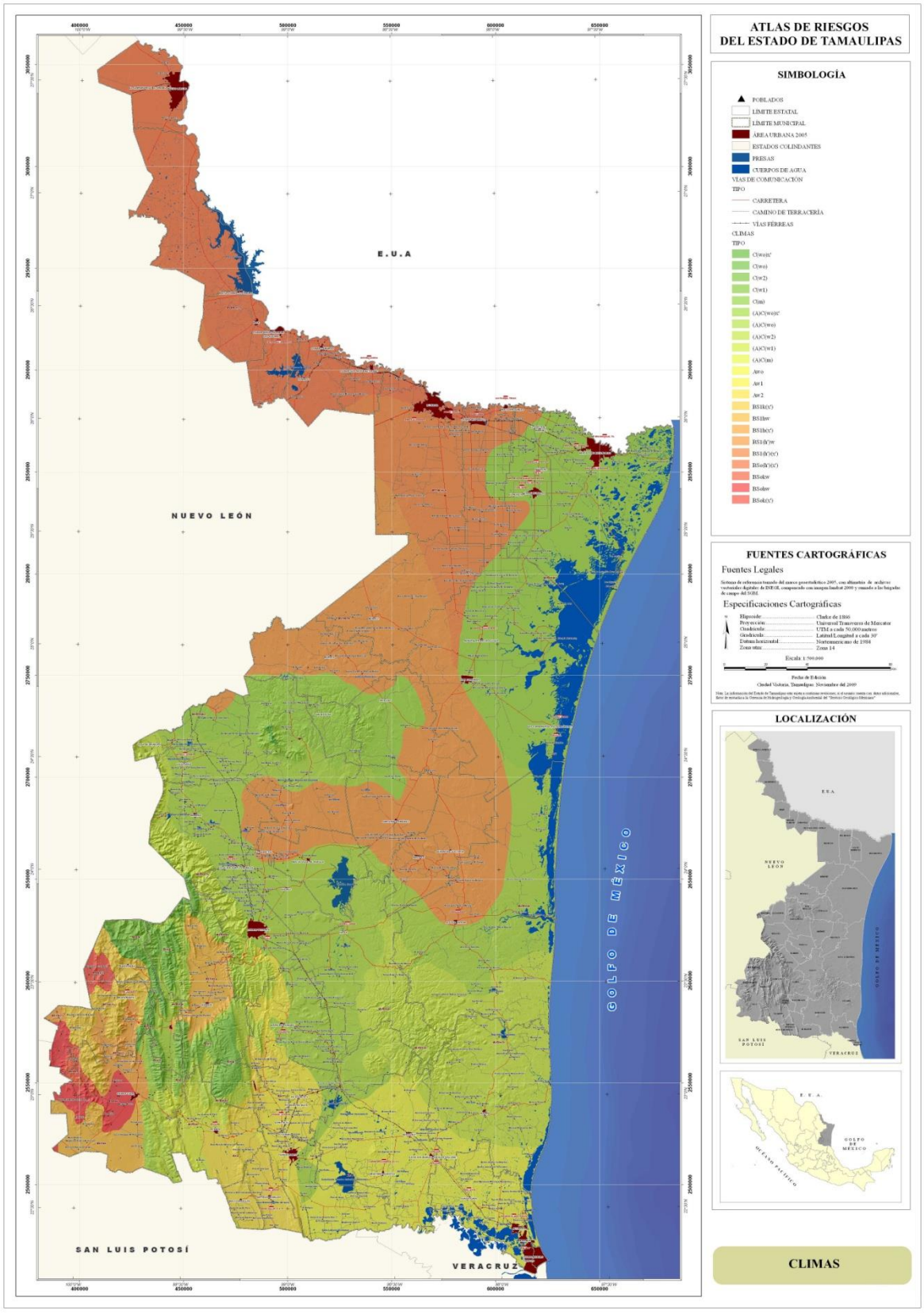



**Figura 7.** Distribución del clima en el Estado de Tamaulipas.

**Tabla 7.** Descripción de la clasificación del clima y precipitación del Estado de Tamaulipas.

| CLASE | DESCRIPCION DEL CLIMA | DESCRIPCION DE LA PRECIPITACIÓN |
|---|---|---|
| (A)C(m) | Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. | Lluvias de verano, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| (A)C($w_1$) | Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de 18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. | Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual. |
| (A)C($w_2$) | Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. | Precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| (A)C($w_0$) | Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de 18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. | Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2, y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| (A)C($w_0$)x' | Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de 18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. | Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2 % del total anual. |
| $Aw_1$ | Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frío mayor de 18ºC. | Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| $Aw_2$ | Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frío mayor de 18ºC. | Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| $Aw_0$ | Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22ºC y temperatura del mes más frío mayor de 18ºC. | Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| $BS_1$(h')(x') | Semiárido, cálido, temperatura media anual mayor de 22ºC, temperatura del mes más frío mayor de 18ºC. | Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. |
| $BS_1$(h')w | Semiárido cálido, temperatura media anual mayor de 22ºC, temperatura del mes más frío mayor de 18ºC. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| $BS_1$h(x') | Semiárido, semicálido, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de 18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. | Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. |
| $BS_1$hw | Semiárido, semicálido, temperatura media anual mayor de 18ºC, temperatura del mes más frío menor de18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| $BS_1$k(x') | Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC, temperatura del mes más caliente menor de 22ºC. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. |
| $BS_0$(h')(x') | Árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22ºC, temperatura del mes más frío mayor de 18ºC. | Lluvias repartidas todo el año, y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. |
| $BS_0$hw | Árido, semicálido, temperatura entre 18ºC y 22ºC, temperatura del mes más frío menor de18ºC, temperatura del mes más caliente mayor de 22ºC. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| $BS_0$k(x') | Árido, templado, temperatura entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC, temperatura del mes más caliente menor de 22ºC. | Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. |
| $BS_0$kw | Árido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C. | Lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10.2% del total anual. |
| C(m) | Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| C($w_1$) | Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| C($w_2$) | Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual. |
| C($w_0$) | Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| C($w_0$)x' | Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. |

# 9. Geología

## *A. Estratigrafía*

El Estado de Tamaulipas se caracteriza por la presencia de una litología variada, ésta cubre edades que varían del Precámbrico al Reciente. A continuación se hace una breve descripción de las principales características de cada unidad litológica que aflora en el Estado, en orden cronológico de la más antigua a la más reciente y cuya distribución se observa en la Figura 8. Mientras que su columna estratigráfica se observa en la Figura 9. Cabe mencionar que la información fue tomada de las Cartas Geológico-Mineras escalas 1:250,000 y 1:500,000 del Estado de Tamaulipas, elaboradas y publicadas por el Servicio Geológico Mexicano (2006).

***Gneiss Novillo (PEpt Gn).***Se formó a partir de sedimentos de origen granítico y volcánico principalmente, los cuales fueron afectados por procesos metamórficos que dieron origen a la Faja Tectónica Oaxaqueña. Se trata de un ortogneiss y paragneiss en facies de granulita, en transición de anfibolita a granulita, presentan dos cuerpos de anortosita, así como horizontes de mármol. Es de estructura compacta y geometría tabular, su foliación tiene rumbo preferente noroeste sureste con echados al noreste.

Su distribución se concentra en una serie de cañones tales como Peregrina, Caballeros y El Novillo, ubicados en los Municipios Ciudad Victoria y Jaumave, presenta un bandeado con alto contenido de granates, textura gráfica y estructuras de tipo augen, la foliación tiene rumbo preferente noroeste sureste. Sus tonalidades varían de blanco, gris y negro, lo anterior en función del contenido de granate y a su composición cuarzofeldespática, de igual forma sus tonalidades verdosas están relacionadas a la presencia de epidota. Por otro lado es común observar afloramientos a nivel de los arroyos y en algunos lomeríos, donde se observa subyaciendo al Esquisto Granjero.

***Formaciones Cañón de Caballeros, Vicente Guerrero, El Aserradero, Del Monte y Guacamaya (Psp Ar-Cgp-Cz).*** Conjunto de rocas sedimentarias de edad Paleozoico, constituidas en su mayor parte por estratos areno-arcillosos que presentan un espesor aproximado a los 2000 m. Sus afloramientos se localizan principalmente al oeste de Ciudad Victoria.

***Esquisto Granjeno (Pcp E).*** Se trata de un esquisto micáceo de biotita-muscovita con abundantes porfidoblastos de albita, posee una foliación definida por micas y clorita, el cuarzo forma agregados lenticulares dispuestos paralelamente a la foliación. Su color es gris plateado, de textura pseudobandeada, estructura compacta, con foliación de rumbo noreste-suroeste, así como echados al noroeste, en el caso de su geometría se presenta en forma tabular y se estima un espesor máximo de 500 m.

La unidad cubre una secuencia esquistosa a su vez está formada por rocas verdes, metacalizas y serpentinitas, que forman cuerpos alargados en el sentido de la foliación, sus contactos con el esquisto son casi verticales, muestran una serie de pliegues definidos por una estructura bandeada. El origen del esquisto se relaciona a un arco insular que se correlaciona con el Esquisto Aramberri. De entre los afloramientos más representativos se ubican en los cañones El Novillo, Peregrina, Caballeros y Arroyo Seco, ubicados en los Municipios de Ciudad Victoria y Jaumave. Es común observar a esta unidad delimitada por el Gneiss Novillo y por sedimentos triásicos de la Formación Huizachal.

***Formación Huizachal (TRs Jh Ar-Cgp-Lm).*** Se trata de una secuencia formada por lutitas y areniscas intercaladas con un conglomerado de matriz arenosa con clastos volcánicos y con una serie de horizontes bentoníticos. Su localidad tipo se encuentra al sureste del Valle del Huizachal, ubicado al suroeste de Ciudad Victoria. Cabe mencionar que la formación es correlacionable en edad con todos los sedimentos de edad triásica. Aflora en distintas zonas del Estado, tal es el caso del Municipio de Miquihuana, donde constituye el Anticlinal Huizachal-Peregrina, el cual se presenta con intercalaciones de tobas riolíticas. En el Cañón Peregrina subyace en discordancia angular a la Formación Zuloaga, así

mismo en el Cañón El Novillo se observa en contacto por falla con el Esquisto Granjeno, por su parte en el Cañón de Caballeros está cubierto por la Formación La Joya.

***Formación La Joya (Jc)o Cgp-Ar-Lm).*** Se refiere a areniscas y lutitas de origen marino, además de un conglomerado basal compuesto principalmente por fragmentos de rocas ígneas y metamórficas. Su localidad tipo se encuentra en el Cañón El Novillo, donde el espesor de las arenas y lutitas se estima en 70 m. Su mejor exposición se encuentra al sureste del Municipio de Hidalgo constituyendo parte del Anticlinal Huizachal-Peregrina, donde adquiere forma de una franja delgada que bordea a la Formación Huizachal.

De manera general presenta una estratificación con rumbo noroeste-sureste, con echado al noreste. Los estratos se encuentran intercalados con lutitas, mientras que su geometría es tabular. Es común observar a rocas de esta formación constituyendo una serie de lomeríos bajos en zonas topográficas generalmente escarpadas. Sobreyace en discordancia angular a la Formación Huizachal y subyace de la misma manera a la Formación Zuloaga. Cabe mencionar que por sus características litológicas se considera fue depositada como facie continental lacustre.

***Formación Zuloaga (Jok Cz).*** Se caracteriza por la presencia de calizas arenosas, compactas y dolomíticas, en estratos que varían de 20 a 40 cm de espesor. En su parte superior contiene lutitas, yesos y anhidritas, además de nódulos de pedernal. Sus principales afloramientos se encuentran en el Anticlinal Huizachal-Peregrina, con fuerte presencia de calizas dolomitizadas con intercalaciones de calcarenitas, a la vez que se registra la presencia del conglomerado basal el cual se extiende sobre el Valle de Huizachal, así como en los cañones El Novillo, Peregrina y Caballeros, además de observarse en las márgenes del Arroyo Las Coloradas y Río San Pedro.

Aflora al suroeste del Municipio de Bustamante, en este caso representada por calizas arenosas y calizas compactas en estratos de 20 a 40 cm de espesor. También aflora al sureste del Municipio de Hidalgo, donde se observa que cubre en discordancia angular a las formaciones La Joya y Huizachal, a la vez que subyace en discordancia erosional a la Formación Tamaulipas. Cabe mencionar que esta formación representa la transgresión inicial del Jurásico superior, asociada a un ambiente de litorales someros y/o de borde de plataforma con aporte de materiales terrígenos.

***Formación Olvido (Jok Y-Cz).*** Se trata de una secuencia estratigráfica compuesta por anhidritas, yesos, calizas y lutitas. Su localidad tipo se localiza en el Rancho El Olvido, al sureste del Valle del Huizachal. Está constituida en su base por una alternancia de calizas y margas, mientras que en su parte superior se compone por una secuencia rítmica de anhidritas y yesos. Es común la presencia de capas de lutitas calcáreas, calizas recristalizadas, margas y calizas oolíticas.

Sus principales afloramientos se localizan en las inmediaciones de Ciudad Victoria, así como en el Municipio de Güémez donde suprayace a la Formación Zuloaga, morfológicamente se caracteriza por formar zonas de relieve bajo, además de una fuerte presencia de dolinas. Esta unidad pertenece a un ambiente lagunar, se correlaciona con la Formación Zuloaga, a su vez que sobreyace a la Formación La Joya y subyace a la Formación La Caja.

***Formación La Caja (Jt Lu-Ar).*** Se compone de estratos delgados de limonitas calcáreas, calizas arcillosas con intercalaciones de limolitas, lutitas calcáreas, así como calizas con fuerte presencia de fosforita y pedernal. Las rocas de esta formación generalmente se encuentran expuestas en una serie de pliegues asimétricos recostados, así como una serie de cabalgaduras. El espesor de sus estratos varía entre 10 y 30 cm.

La formación fue depositada en ambientes de baja energía, asociados a una depositación lenta. Sobreyace concordantemente a la Formación Zuloaga, mientras que es correlacionable en edad con la Formación La Casita.

***Formación La Casita (Jt Lu-Ar).*** Secuencia de areniscas, lutitas, margas, calizas, yesos y conglomerados. Hacia su base se observan estratos de margas con intercalaciones de areniscas calcáreas, lutitas y calizas, en su parte media incrementan los horizontes calcáreos intercalados con limolitas, mientras que en su cima prevalecen las lutitas y limolitas calcáreas. Su estratificación es delgada, presenta concreciones calcáreas y en ocasiones contiene amonitas.

Su espesor varía de 20 a 80 m, en el Cañón del Huizachal se han llegado a reportar hasta 100 m. Su ambiente de depósito se considera en cuencas de aguas someras, presenta una coloración obscura además de pirita, lo cual indica condiciones de circulación restringida. La sobreyace la Formación Taraises en contacto concordante y transicional, mientras que la subyacen las formaciones Zuloaga y Olvido. Es correlacionable en edad con la Formación La Caja.

***Formación Taraises (Kbeh Cz-Lu).*** Unidad constituida por una secuencia calcáreo-arcillosa en estratos delgados con abundancia de fósiles, se compone por dos miembros, uno inferior formado por calizas gruesas y el superior por caliza y margas. Aflora en la Sierra Madre Oriental sobre franjas delgadas con orientación preferente noroeste-sureste, generalmente constituye flancos de estructuras anticlinales. La unidad se depositó sobre un piso marino de profundidad somera con abundante oxígeno, lo cual facilitó la proliferación de organismos.

Sus contactos son concordantes y transicionales, sobreyaciendo a los depósitos de las formaciones La Casita y La Caja, subyace las calizas de la Formación Cupido.

***Formación Cupido (Khap Cz).*** Secuencia calcárea constituida hacia su base por calizas arcillosas con intercalaciones de margas, continúa con una serie de calizas microcristalinas de 10 a 40 cm de espesor con nódulos de pedernal y férricos, entre sus afloramientos más representativos se encuentra el del Cañón La Borrega en la Sierra de Tamaulipas; entre las características más sobresalientes de esta formación es la presencia de capas de limolitas, así como la presencia de estilolitas.

Su medio de depósito fue en condiciones de aguas profundas y tranquilas, originando calizas de textura mudstone, su parte media indica un acarreo continental que sugiere una regresión originada por un levantamiento en el continente y la parte superior se depósito en un ambiente de plataforma de tipo arrecifal. Aflora ampliamente en la Sierra Madre Oriental subyaciendo a la Formación La Peña y sobreyaciendo a la Formación Taraises, se correlaciona en edad con la Formación Tamaulipas Inferior.

***Formación Tamaulipas Inferior (Khap Cz).*** Se trata de calizas en estratos gruesos, con fuerte presencia de calcita recristalizada en vetillas perpendiculares y paralelas a la estratificación, además de bandas de pedernal y estructuras estilolíticas en sus planos de estratificación, intercalados con las calizas se tienen horizontes arcillosos.

Destacan sus afloramientos en la sierras de Tamaulipas y San Carlos, donde sus características litológicas son similares, presentándose calizas con textura mudstone en estratos de 1.2 m, con bandas y lentes de pedernal. Las características litológicas de esta formación sugieren que fueron depositadas en un ambiente de mar abierto de baja energía con aporte de sedimentos terrígenos. Subyace concordantemente al Horizonte Otates y es correlacionable con la Formación Cupido.

***Formación La Peña (Kap Cz-Lu).*** Se trata de una secuencia compuesta por calizas y lutitas. En su parte inferior está constituida por calizas de estratificación delgada, así como lutitas con fósiles hematizados, mientras que en la parte media la caliza es arcillosa en capas medianas intercaladas con limolita. Su cima está formada por calizas arcillosas y limolitas calcáreas en capas de 20 a 40 cm. Su ambiente de depósito está relacionado a aguas profundas con aporte de materiales terrígenos. Sobreyace concordantemente a la Formación Cupido, subyaciendo a la vez a la Formación Cuesta del Cura, se correlaciona en edad con el Horizonte Otates.

***Horizonte Otates (Khap Cz-Lu).*** Secuencia arcillo-calcárea que separa a las formaciones Tamaulipas Inferior y Tamaulipas Superior. Se encuentra constituida por calizas en estratos medianos intercalados con lutitas y limolitas, presenta bandas de pedernal así como estratos arcillosos y cristales de marcasita diseminados, se observa una alternancia de mudstone y lutitas, por lo que se piensa que durante su depósito ocurrieron movimientos epirogénicos. Entre sus afloramientos destaca el que se encuentra sobre la carretera Jaumave-Ciudad Victoria presentando bandas de pedernal. Sobreyace a la Formación Tamaulipas Inferior y en un cambio brusco concordante marcado por la presencia de arcillas y capas de pedernal, subyace de la misma manera a la Formación Tamaulipas Superior. El Horizonte Otates es correlacionable en edad con la Formación La Peña.

***Formación Tamaulipas Superior (Kace Cz).*** Secuencia de calizas en estratos medianos con intercalaciones de arcillas, pedernal y pirita, son estratos ondulados con líneas estilolíticas paralelas a los planos de estratificación. Su principal afloramiento se encuentra en la Sierra de Tamaulipas presentándose en estratos delgados de calizas y lutitas con bandas de pedernal. También se le observa sobre la Sierra de San Carlos como una caliza de estratificación media con nódulos de pedernal y ferruginosos.

Su depósito se efectuó en una cuenca de mar abierto de baja energía, la presencia del pedernal marca la concentración de sílice producto de las corrientes marinas provenientes de zonas donde abundan los radiolarios. Estratigráficamente sobreyace al Horizonte Otates y subyace a la Formación Agua Nueva, ambas de manera transicional y concordante, lateralmente las facies de cuenca de esta unidad cambia a facies de talud de la Formación Tamabra, así como a facies arrecifal y pos-arrecifal de la Formación El Abra. Es correlacionable con las formaciones Cuesta del Cura y El Abra.

***Formación El Abra (Kace Cz).*** Se trata de un complejo calcáreo de tipo plataforma, por su carácter arrecifal tipo bioherma tiene variaciones en su espesor por las irregularidades y condiciones que debió presentar el fondo marino durante su depósito, además, se observan diferencias en su litología, edad y variedad de ambientes de depósito, por lo que es separada en miembros característicos.

El miembro inferior se halla constituido por calizas de grano fino en estratos gruesos, son características las estructuras estilolíticas sobre los planos de estratificación. El miembro superior se halla constituido por calizas de grano fino con restos fósiles y nódulos de pedernal, son estratos medianos y ondulados con estilolitas, karsticidad y plegamientos. En conjunto su espesor varía de 600 a poco más de 1,000 metros. Aflora desde la Sierra de Hidalgo hasta los Municipios de Antiguo y Nuevo Morelos, donde se expone sobre las laderas de la Sierra Las Cucharas y el Anticlinal Nicolás Pérez. Subyace a la Formación Agua Nueva y se encuentra en contacto lateral con la Formación Tamabra. Se correlaciona en edad con las formaciones Cuesta del Cura y Tamaulipas Superior.

***Formación Tamabra Kace (Kace Cz-Bre).*** Depósitos de plataforma externa controlados por parámetros físicos, está compuesta por brechas calcáreas, calcarenitas bioclásticas y flujos de detritos provenientes de la plataforma, su cementante es de tipo calcáreo. Esta unidad aflora en los Municipios de Jaumave y Güémez, en una franja orientada noroeste-sureste, con una longitud de aproximadamente 40 Km. La estratificación de esta secuencia es irregular, en algunas partes masiva, formando bancos de más de 1 m de espesor. Se relaciona lateralmente con la parte inferior de la Formación El Abra, subyace a la Formación Agua Nueva.

***Formación Cuesta del Cura (Kace Cz-ped).*** Secuencia de calizas delgadas de estratificación ondulada e irregular, con bandas y nódulos de pedernal, esporádicamente presenta estilolitas y concreciones de marcasita. Sus afloramientos forman parte de la Sierra Madre Oriental, se trata de franjas delgadas con orientaciones preferentes noroeste-sureste y norte sur.

En su parte media y hacia la cima presenta intercalaciones de lutitas y margas en disposición laminar, la unidad presenta fracturas perpendiculares y pliegues de tipo chevrón y rodilla, su espesor varía de 100 a 150 m. Se le considera depositada en un medio de talud de aguas profundas con corrientes de turbidez, en zonas cercanas a la plataforma. Subyace concordantemente a la Formación

Agua Nueva y sobreyaciendo de la misma manera a la Formación La Peña. Se correlaciona en edad con las formaciones Tamaulipas Superior y El Abra.

***Formación Agua Nueva (Kcet Cz-Lu).*** Está formada por calizas arcillosas en estratos tabulares de espesores variables, alterna con lutitas carbonosas a arenosas con abundancia de fósiles, presenta capas de bentonita de espesores de 20 a 30 cm. Se expone típicamente en el Cañón La Borrega sobre la Sierra de Tamaulipas y en las cercanías a la Ranchería Agua Nueva, donde consiste de lutitas negras interestratificadas con calcilutitas. Tiende a distribuirse en franjas interrumpidas sobre los flancos de las sierras que se hallan al frente de la Sierra Madre Oriental.

Se depositó en un ambiente de borde de plataforma, su espesor varía desde unos centímetros hasta cerca de 30 m. Cubre concordantemente a las formaciones El Abra y Cuesta del Cura. Se correlaciona en edad con la Formación Indidura. Cabe mencionar que al depositarse esta Formación culmina el largo intervalo de depósitos predominantemente calcáreos de la Sierra Madre Oriental.

***Formación Tamasopo (Ktss Cz).*** Complejo calcáreo compuesto por calizas arcillosas, bioclásticas y arrecifales que fueron depositadas sobre una plataforma tipo rampa, representada por las facies de tipo arrecifal de la Formación San Felipe. Se divide en dos miembros, uno inferior constituido por calizas delgadas tipo mudstone y packstone y un segundo miembro superior, constituido por calizas delgadas tipo wackestone y boundstone en una matriz microcristalina en ocasiones recristalizada.

Se distribuye ampliamente sobre la porción central y occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, manifestándose en el poblado de Tula. Descansa concordante sobre la Formación El Abra y le sobreyace transicionalmente a la Formación Cárdenas. Se correlaciona con las Formación Agua Nueva representando su equivalente de plataforma.

***Formación Indidura (Kcet Cz-Lu-Lm).*** Se trata de intercalaciones de caliza arcillosa, lutitas y limolitas, con algunos estratos delgados de areniscas con abundantes fósiles. Descansa concordantemente sobre las Formaciones Cuesta del Cura y Aurora. Se le correlaciona con las formaciones Tamasopo y Cárdenas de la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

***Formación San Felipe (Kcoc Cz-Lu).*** Alternancia de calizas y lutitas, hacia la cima las calizas se vuelven arcillosas y en algunos casos alternan con capas de margas, marcando su zona transicional con la Formación Méndez. En su base está constituida por calizas ligeramente arcillosas, lutitas calcáreas y bentonita, sus principales afloramientos se encuentran distribuidos en la porción oriente de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, así como al occidente de la Sierra Las Cucharas.

Se depósito en un ambiente de mar abierto, sus espesores varían de 60 a 150 m. Sobreyace concordantemente y en forma transicional a la Formación Agua Nueva y subyace de igual manera a la formaciones Méndez y Cárdenas.

***Formación Méndez (Kcm Lu-Mg).*** La constituyen secuencias de lutitas, lutitas calcáreas y margas calcáreas en estratos delgados y laminares alternando con capas de bentonita, presenta fractura concoidal y es deleznable, su principal afloramiento se observa en la franja oriente de la Sierra Madre Oriental, así como al oriente de las sierras Las Cucharas y El Abra, con espesores que varían entre 5 y 1,000 m.

Esta unidad se depositó en un ambiente marino profundo de aguas tranquilas, donde la sedimentación calcárea disminuye y se incrementa el aporte de materiales terrígenos. Descansa concordantemente sobre la Formación San Felipe, y subyace de igual forma a la Formación Velasco, ocasionalmente se encuentra cubierta por depósitos de aluvión y derrames basálticos. Es correlacionable en edad con la Formación Cárdenas.

***Formación Cárdenas (Kcm Lu-Ar).*** Secuencias de lutitas con intercalaciones de areniscas. Se encuentra depositada sobre la porción central de la Plataforma Valles-San Luís Potosí, se distribuye

principalmente en la porción occidental de los poblados Ávila y Urbina, siguiendo una franja con orientación preferente norte-sur hasta el Valle de Tula.

La unidad se depositó a partir de una regresión marina, sus sedimentos son de aguas someras y alta energía con desarrollo de organismos marinos. Sobre la unidad descansa discordante un conglomerado y yace concordantemente a la Formación San Felipe, frecuentemente está cubierta por material aluvial. Representa el equivalente de aguas someras de la Formación Méndez.

***Formación Midway (Tpa Lu-Ar).*** Formada por sedimentos arcillo–arenosos, caliza microcristalina, arcillosa y fosilífera, con una arenisca sub-arcosa. Se trata de una secuencia rítmica de lutitas y areniscas calcáreas en estratos delgados con coquinas. Sus principales afloramientos se localizan en los Municipios de Burgos, Mier y Guerrero.

Esta unidad se depositó en un medio que varía de litoral a nerítico volviéndose más profundo hacia el oriente. Cubre discordantemente a la Formación Méndez, su contacto superior es concordante y transicional con la Formación Wilcox.

***Formación Velasco (Tpae Ar-Lu-Mg).*** Está formada por areniscas interestratificadas con lutitas físiles cementadas por carbonato de calcio, presenta horizontes de bentonita intercalados con margas. Aflora hacia la Planicie Costera del Golfo sobre Municipios como Abasolo, Jiménez, Burgos, Méndez, San Carlos, entre otros. Sus sedimentos se depositaron en aguas moderadamente profundas, en estratos delgados y ondulantes, por su composición arcillosa se alteran fácilmente y forman suelos residuales, en algunos afloramientos se observa la alternancia de lutitas y areniscas calcáreas. Su espesor promedio es de 70 m. Sobreyace discordantemente a la Formación Méndez y subyace concordantemente a la Formación Chapopote, se correlaciona en edad con la Formación Wilcox.

***Formación Wilcox (Tpae Ar-Lu).*** Secuencia rítmica de areniscas y lutitas, contiene horizontes de yeso y calizas de textura boundstone con material lignítico. Se trata de areniscas con micas arcillosas variando a una arenisca limolitica, presenta concreciones de sílice interestratificadas con lutita arenosa, de igual forma en ocasiones presenta horizontes de lutita plástica. Entre sus principales afloramientos están los ubicados al norte de la comunidad Burgos, al surponiente de Mier y en los alrededores de Guerrero.

La unidad fue depositada en aguas litorales de alta energía, sus espesores varían entre de 150 a 250 m. Sobreyace concordantemente a la Formación Midway, a la vez que subyace de la misma forma a la Formación Carrizo.

***Formación Carrizo (Te Ar).*** Está compuesta por areniscas masivas de estructura semicompacta, constituida por un conglomerado conformado por cuarzos, feldespatos, muscovitas y óxidos de fierro. Contiene algunas arcillas y en la parte superior estas reducen y aumentan las areniscas, presenta estratificación cruzada. Sus afloramientos más importantes se ubican en los Municipios Guerrero y Mier, con un espesor que varía entre 90 y 150 m. Se considera que estos sedimentos fueron depositados por un sistema fluvial sobre una amplia planicie costera. Se encuentra subyaciendo concordante y transicionalmente a la Formación Big Ford y sobreyace concordante a la Formación Wilcox.

***Formación Big Ford (Te Ar-Lm).*** Se encuentra constituida por una secuencia de areniscas, limolitas y lutitas, hacia su base predominan las areniscas en capas delgadas, en su parte media se observa estratificación cruzada, además presenta estructuras de tipo huellas de oleaje y pistas de gusano. En su parte superior las areniscas son de grano fino con horizontes de limolitas. Sus afloramientos más representativos se observan sobre la carretera que comunica a Cadereyta con Reynosa, con espesores que varían de 100 a 250 m. Sus sedimentos fueron depositados en un sistema deltaico en una facies lagunar. Sobreyace a la Formación Carrizo y subyace a la Formación Pico Clay ambas de manera transicional.

***Formación Pico Clay (Te Lu).*** Secuencia de lutitas y areniscas con estratificación cruzada y marcas de oleaje, se encuentra en capas de 30 a 40 cm interestratificadas con lutitas laminares, en su parte superior se tiene una secuencia rítmica de lutitas con horizontes de limolitas y areniscas. Sus afloramientos más representativos se observan al norte del Estado en las cercanías al Municipio de Nuevo Laredo, así como en el cauce del Río Bravo, presentando rumbo preferencial noroeste-sureste. La unidad indica que se formó a partir de depósitos deltáicos de facie lagunares y planicie de inundación. Sobreyace a la Formación Big Ford y subyace a la Formación Laredo.

***Formación Laredo (Te Lu-Ar).*** Se encuentra representada por una secuencia de areniscas y lutitas con estratificación cruzada, concreciones calcáreas, bioturbaciones, restos fósiles y madera petrificada. Entre sus afloramientos destaca el ubicado en gran parte de las márgenes del Río Bravo. Su espesor varía de 250 a 270 m, fue depositada en un ambiente litoral de alta energía. Subyace concordantemente a la Formación Yegua y de igual manera sobreyace a la Formación Pico Clay.

***Formación Yegua (Te Ar-Y).*** Está compuesta por una secuencia de areniscas y lutitas carbonosas. Entre sus características principales destaca la presencia de estratificación cruzada, láminas de yeso, horizontes de coquina y nódulos de pirita. Su espesor varía entre 150 a 200 m. La unidad fue depositada en una planicie costera y barras costeras. Descansa concordantemente sobre los sedimentos de la Formación Laredo y subyace a la Formación Jackson.

***Formación Jackson (Te Ar-Lu).*** Está compuesta por una serie de depósitos lagunares, costeros y marinos, con horizontes de arcillas tobáceas, fragmentos de carbón, madera petrificada y horizontes de ostreas. Las areniscas se encuentran en capas delgadas de 10 a 15 cm, presentan estructuras en forma de espirales y bioturbaciones. Uno de sus principales afloramientos forma una franja con rumbo preferente noroeste-sureste, aflorando en los Municipios Miguel Alemán, Camargo, Méndez y Burgos, con un espesor que varía entre los 1000 y 1500 m.

Fue depositada en un medio continental y litoral, dentro de un frente deltaico progresivo de alta energía con gran influencia marina en aguas someras. Sobreyace concordante y transicionalmente a la Formación Yegua y subyace discordantemente por erosión a la Formación Vicksburg. Es correlacionable con la Formación Chapopote.

***Formación Chapopote (Te Mg-Lu).*** Está formada por capas delgadas de margas y lutitas, se caracteriza por la presencia de intemperismo esferoidal. Entre sus afloramientos más representativos destacan los ubicados al suroeste de la Presa República Española, así como en la franja paralela a la línea de costa en los Municipios Altamira, Aldama y Soto La Marina, con espesores que varían entre los 20 y los 130 m. Descansa discordantemente sobre la Formación Guayabal y se encuentra cubierta por la Formación Palma Real. Es correlacionable con las formaciones Yackson y Yegua.

***Formación Vicksburg (To Ar-Lu).*** Secuencia rítmica de arenas y lutitas con abundancia de foraminíferos, se observan lechos de cenizas y microfósiles. Una de sus principales características es un horizonte arenoso que separa la unidad en dos miembros; uno superior depositado en aguas salobres y uno inferior en aguas marinas. Los sedimentos de esta formación fueron depositados en un medio marino cercano a la línea de costa. Sobreyace concordantemente a la Formación Jackson, de igual forma subyace a la Formación Frío.

***Formación Frío (To Lu-Ar).*** Secuencia de lutitas arcillosas con areniscas y algunos horizontes de bentonita, se encuentran cementados por carbonatos, con un espesor que varía entre 40 y 50 m. Entre sus afloramientos principales destaca la franja orientada noroeste-sureste, cubriendo zonas al norte del Municipio de Burgos, poniente de Méndez, así como entre los límites de los Municipios de Camargo y Díaz Ordaz. Sobreyace concordantemente a la Formación Vicksburg, a la vez que subyace discordantemente a la Formación Norma.

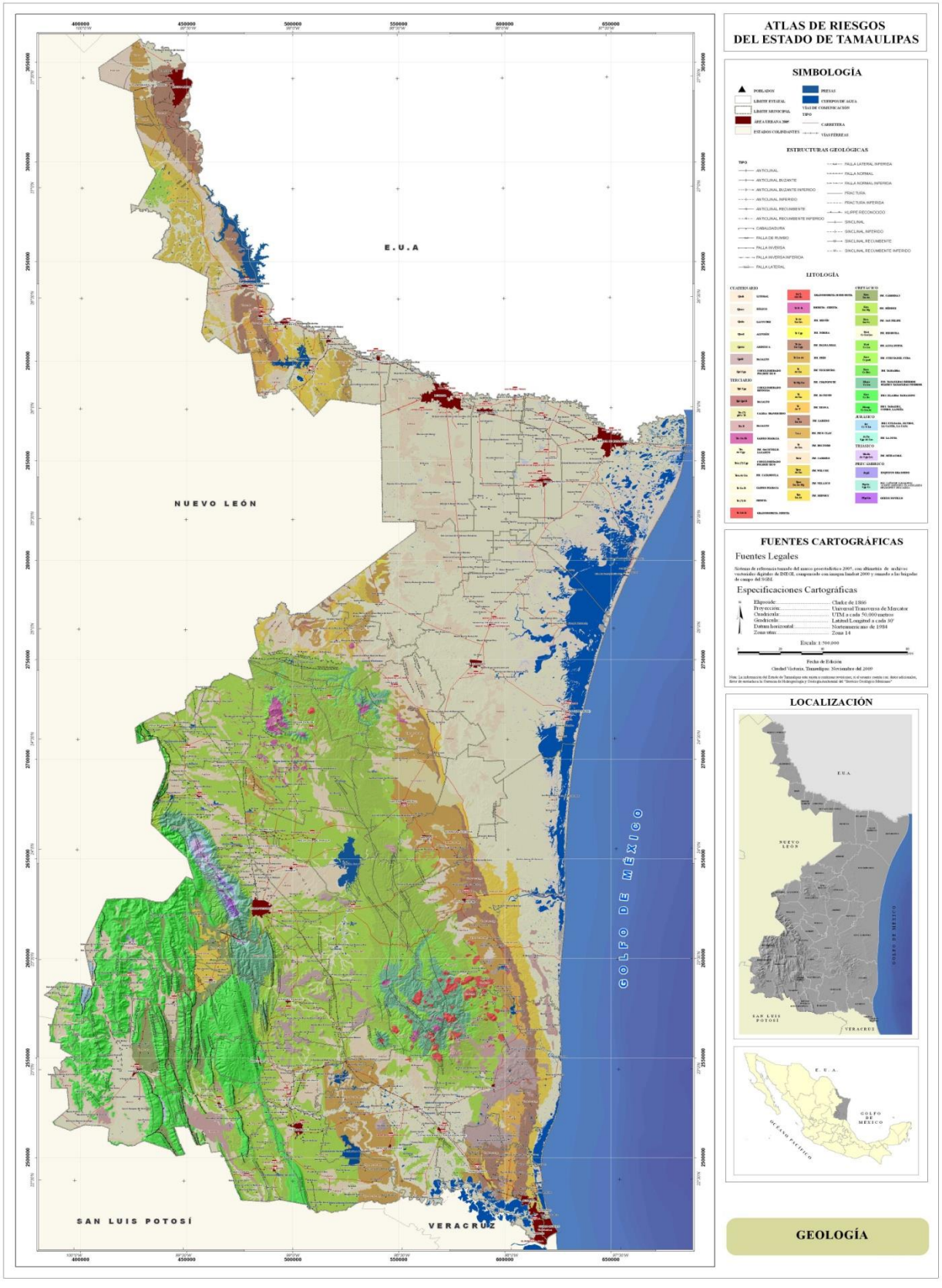



**Figura 8.** Mapa de distribución de las unidades geológicas en el Estado de Tamaulipas.

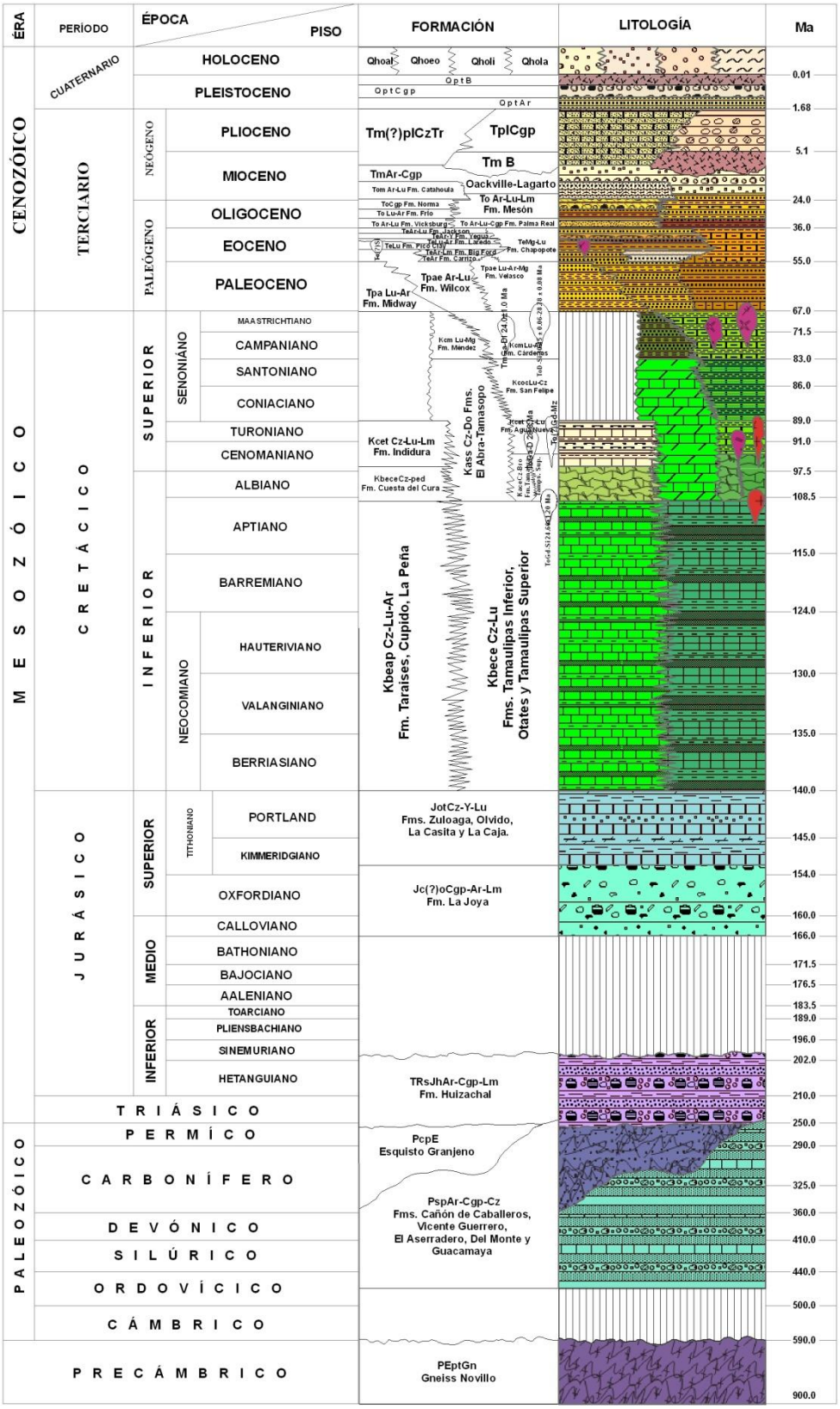



**Figura 9.** Columna Estratigráfica del Estado de Tamaulipas.

***Formación Palma Real (To Ar-Lu-Cgp).*** Secuencia de lutitas con intercalaciones de areniscas, éstas últimas se encuentran recristalizadas y con alto contenido de fósiles, formada por fragmentos de plagioclasa, cuarzo y pedernal con un cementante calcáreo. La unidad tiene un espesor promedio de 180 m, sus afloramientos se encuentran a lo largo de una franja paralela a la línea de costa, con dirección preferente norte-sur, cubriendo los Municipios Cruillas, Jiménez y Altamira. Su depósito ocurrió en un ambiente costero de aguas someras con un aporte de material volcánico evidenciado por la presencia de tobas. Descansa discordantemente sobre la Formación Chapopote, así mismo sobreyace concordantemente a la Formación Mesón y se correlaciona con la Formación Frío.

Sus principales afloramientos son observados en el Municipio de Méndez, así como en las rancherías Los Ébanos y la Unión. Se trata de una unidad representada por procesos fluviales que generaron paleocanales. La unidad se encuentra sobreyaciendo discordantemente a la Formación Frío, a la vez que está cubierta por la Formación Catahoula.

***Formación Mesón (To Ar-Lu-Lm).*** Está compuesta por lutitas y margas arenosas que subyacen una arenisca calcárea, en la parte superior contiene una coquina en una matriz calcárea. Destaca su distribución sobre una franja paralela a la línea de costa, sobre los Municipios de Cruillas, Soto la Marina, Aldama, Cd. Madero y Tampico, con un espesor promedio de 140 m. Esta unidad se desarrolló en una zona sublitoral interna y externa de aguas tropicales. Descansa concordantemente sobre la Formación Palma Real, a la vez que es cubierta por la Formación Tuxpan. Se correlaciona en edad con las formaciones Palma Real y Norma.

***Diorita-Sienita (To D-Si).*** Rocas de textura porfídica (diorita y sienita), de grano grueso con fenocristales de plagioclasa, feldespato, ferromagnesianos y biotita. Forma parte de la Provincia Alcalina Mexicana Oriental, la cual a su vez está integrada en el cinturón de cuerpos intrusivos y extrusivos con dirección preferencial noroeste-sureste, desde el Istmo de Tehuantepec hasta Río Grande. Esta litología tiene presencia en los Municipios Burgos, Cruillas y San Nicolás. Generalmente es afectado por diques de composición variada, de tipo lamprófidos, aplíticos, dioríticos, entre otros. La unidad es correlacionable con rocas intrusivas que forman la Sierra El Picacho.

***Granodiorita-Monzonita (ToGd-Mz).*** Corresponde a granodiorita con diferenciaciones a monzonita, textura porfídica con fenocristales de plagioclasa, feldespato y fuerte presencia de minerales ferromagnesianos. La unidad representa una intrusión posterior al emplazamiento que dio origen a la Sierra de San Carlos. Entre sus principales afloramientos está el Cerro El Diente, ubicado al sureste de la Sierra de San Carlos.

***Granodiorita-Sienita (To Gd-Si).*** Se trata de un cuerpo de granodiorita y sienita hipabisal, de estructura masiva y textura afanítica, con minerales máficos, feldespatos y cuarzo. Se observa en forma de mantos y mesetas.

***Gabro - Diabasa (To Ga-D).*** La unidad consiste en una roca oscura, densa, dura y compacta, presenta textura porfídica, con cristales de plagioclasa y olivino, presenta fracturamiento, conteniendo oxido de fierro; se presenta en forma de diques y cuellos volcánicos. Esta roca se encuentra emplazada en las calizas y lutitas de las formaciones Tamaulipas Inferior y Superior. Se correlaciona con el magmatismo básico observado en las rocas de La Provincia Alcalina Oriental Mexicana. Con base en su composición petrográfica y el contexto tectónico donde se localiza, el ambiente de depósito está relacionado a rocas de carácter alcalino (Demant y Robin 1975).

***Sienita (To Si).*** **P**órfido de sienita color gris oscuro, de textura fanerítica, está compuesta por minerales como son labradorita, piroxenos (augita, augita disposidica) hornblenda, biotita, entre otros. La relación estratigráfica que guarda esta roca es cortante y a veces se comporta como sills, de acuerdo con lo anterior se encuentra intrusionando a las areniscas y lutitas de la Formación Pico Clay, habiendo en el contacto entre estas dos unidades una zona de hornfels. El origen de esta roca corresponde a un ambiente ígneo intrusivo, posiblemente asociado a los plutones granodioríticos-graníticos del segundo cinturón de intrusivos del Estado de Coahuila, emplazados durante el Cretácico-Eoceno.

***Formación Catahoula (Tom Ar-Lu).*** Consiste en una interestratificación de lutitas, areniscas, horizontes de tobas y algunos lentes conglomeráticos con forma de paleocanales. Hacia su parte inferior predominan lutitas y limolitas, las areniscas tienen concreciones férricas, en la parte media se presentan horizontes de tobas y hacia la parte superior se vuelve más arcillosa, su espesor varía de 80 a 130 m.

Se observa en una franja orientada noroeste sureste, desde el Municipio Cruillas hasta Méndez, pasando por el Municipio de Reynosa hasta el Municipio de Gustavo Díaz Ordaz. Se le puede encontrar aflorando en los poblados La Pasión, Guadalupe, San Lorenzo, Los Horcones, San Felipe, La Coma, entre otros. Cabe mencionar que la unidad fue depositada a lo largo de una zona costera de aguas poco profundas. Se correlaciona con la Formación Oakville-Lagarto.

***Conglomerado Polimíctico (Tom Cgp).*** La unidad está constituida por conglomerados y gravas mal cementados, regularmente presenta estratificación cruzada. Los fragmentos del conglomerado son de calizas y rocas volcánicas, su redondez va de subangulares a redondeados, cementados por una matriz arcillo-calcárea, su espesor varía desde unos cuantos centímetros hasta paquetes de 20 m.

Su afloramiento más representativo se localiza frente a la Sierra Madre Oriental, dentro de los límites del Municipio de Jaumave. Su depósito se efectuó en un medio continental ayudado por agentes erosivos y transportados por corrientes fluviales de las partes altas a las más bajas donde se fueron acumulando, es común observar a la unidad formando mesetas. Se encuentran cubriendo discordantemente los sedimentos marinos, lutitas y areniscas de las formaciones Cárdenas y Méndez.

***Formación Oackville - Lagarto (Tm Ar-Cgp).*** Secuencia sedimentaria constituida por depósitos de arenas, gravas y arcillas, contiene gran cantidad de calcita, fragmentos de cuarzo y conchas, presentan estratificación cruzada además de horizontes de conglomerados polimícticos. Aflora sobre una franja orientada prácticamente norte-sur, paralela a la línea de costa desde los Municipios Aldama hasta Reynosa y Gustavo Díaz Ordaz, su espesor promedio se estima en 80 m. Se depositó en un medio deltaico en facies continentales litorales y lagunares con influencia volcánica por la presencia de algunos piroclastos. Sobreyace concordante a la Formación Catahoula y discordante a la Formación Mesón, está cubierta discordantemente por las formaciones Reynosa y Providencia.

***Gabro - Diabasa (Tm Ga-Di).*** Roca gabróica hipabisal de color gris oscuro, densa, dura y compacta, de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa embebidos en una matriz de olivino. En edad se correlaciona con el magmatismo básico de la Provincia Alcalina Oriental Mexicana, sus afloramientos se presentan en forma de diques y cuellos volcánicos, sobresaliendo los ubicados al sur y norte de la Presa República Española, en los Municipios de Aldama y Soto la Marina.

***Basalto (Tm B).*** Se trata de un basalto compacto y denso, el cual se presenta en forma de derrames, lajas, etc., su estructura es fluidal con fractura irregular, presenta textura afanítica a porfídica, con fenocristales de plagioclasa, se observan pequeñas amígdalas y cristales de olivino. La roca se presenta cloritizada y hematizada. Sus afloramientos representativos se localizan sobre una franja intermitente orientada noroeste-sureste, desde los Municipios Burgos y San Carlos hasta Altamira y Soto La Marina.

***Formación La Providencia, Caliza – Travertino (Tm pl Cz-Tr).*** Se compone de caliza con travertino, resultado de la disolución del carbonato de calcio. Su espesor es superior a 150 m, destacan sus afloramientos al norte de Jiménez, noreste de Abasolo, sur de Cruillas, así como en los alrededores de la Sierra de San Carlos.

***Conglomerado Reynosa (Tpl Cgp).*** Se encuentra constituida por sedimentos continentales con granulometrías que varían de gravas a arcillas, son fragmentos de calizas, areniscas, pedernal, rocas ígneas, etc., englobados en una matriz arcillosa y cementados por carbonatos, sus espesores varían de 10 a 30 m. Se distribuye en una franja intermitente con rumbo noroeste-sureste a lo largo de todo el Estado, haciéndose más abundantes entre Reynosa y Ciudad Victoria. Su depósito se efectuó en un

medio continental donde ríos y arroyos acarrearon los sedimentos hacia las partes bajas dando origen a grandes abanicos deltaicos. Tiende a formar mesetas aisladas sobreyaciendo en forma discordante a las Formaciones Méndez, Agua Nueva y San Felipe.

***Basalto (Tpl Qpt B).*** Basaltos de olivino vesiculares de textura holocristalina, en superficie fresca son de color gris obscuro, presentan un intemperismo moderado manifestado en un inpemperismo esferoidal. Estos derrames basálticos se exponen principalmente sobre la Plataforma Valles-San Luis Potosí, desde el Municipio de Nuevo Morelos sobre el sinclinal formado entre los anticlinales La Colmena y Nicolás Pérez, expandiéndose hacia el norte sobre al Municipio de Ocampo. La unidad incluye pequeños afloramientos de brechas volcánicas de la misma composición. Se le asigna una edad Terciario-Cuaternario, pudiendo ser asociada al proceso de extensión que generó estructuras como los cerros Bernal, Peñitas, entre otros.

***Conglomerado Polimíctico (Qpt Cgp).*** Está representado por conglomerados y aluviones constituidos por fragmentos redondeados de rocas sedimentarias y volcánicas, se encuentran mal clasificados y débilmente cementados. Sus fragmentos varían de angulosos a subangulosos con granulometría muy variadas desde unos milímetros a 30 cm, ocasionalmente presenta estratificación cruzada. El aluvión es producto de la erosión a que se encuentran sometidas las rocas preexistentes que se afloran en el área, se localizan principalmente en los valles y en las zonas topográficamente bajas, así como a lo largo de ríos y arroyos. Afloramientos importantes se localizan en las laderas de la Sierra de Tamaulipas, en los Municipios Soto La Marina y Abasolo.

***Basalto (Qpt B).*** Lava basáltica fisural, densa, compacta, de textura afanítica, con minerales de plagioclasa, olivino y ferromagnesianos. Se observa formando bloques, mesetas y coronando casquetes. Tiende a distribuirse en puntos intermitentes entre los Municipios Gómez Farías y Llera, además en el flanco occidental de la Sierra de Tamaulipas. La unidad tiende a formar pequeñas estructuras circulares, se observan claramente en las inmediaciones de las presas República Española y Vicente Guerrero, además de una estructura prominente y aislada que constituye al Cerro Bernal.

***Arenisca (Qpt Ar).*** Areniscas constituidas por fragmentos de plagioclasa, cuarzo, calcita y yeso, con presencia de fósiles. La unidad generalmente está cubierta por arenas que constituyen el depósito litoral, presenta estratificación cruzada y bioturbaciones. El ambiente de depósito corresponde a un medio sedimentario de litoral. Un afloramiento representativo es el ubicado en los Municipios San Fernando y Soto La Marina, específicamente sobre los poblados Punta de Piedra y Punta de Alambre.

***Aluvión (Qhoal).*** Esta unidad está representada por clastos de diferentes granulometrías, desde arcillas a cantos de hasta 20 cm. Se distribuye en grandes zonas del Estado, principalmente sobre las márgenes de arroyos y en las zonas de planicies, básicamente es producto de la desintegración de rocas preexistentes, principalmente calizas e ígneas.

***Sedimentos lacustres (Qhola).*** Se trata de una intercalación de limos, arenas y arcillas, ocasionalmente presenta horizontes yesiferos. Estos depósitos se ubican paralelamente a la línea de costa, en una franja de aproximadamente 30 Km de espesor, misma que se adelgaza en dirección sur.

***Depósitos eólicos (Qhoeo).*** Constituidos por arenas finas compuestas principalmente por fragmentos de conchas, plagioclasa, pedernal, cuarzo, etc. Los sedimentos están depositados en un ambiente de alta energía, formando dunas paralelas a la línea de costa con alturas que varían de 2 a 4 m y generalmente se encuentran cubiertos por vegetación halófita. Los sedimentos se mezclan con los arcillo-limosos de la laguna, formando estructuras sedimentarias tales como estratificación cruzada, gradual, de corte y relleno, se encuentran acumulados principalmente a lo largo de la línea costera de los Municipios de Matamoros, San Fernando y parte de Soto La Marina.

***Litoral (Qholi).*** Unidad compuesta por depósitos de arenas con fragmentos de conchas, varían de litarenitas feldespáticas a sublitarenitas bien clasificadas y de tamaño grueso. Las estructuras sedimentarias que presenta son características de ambientes de alta energía que imperan en la playa,

donde el viento es el medio dominante. Estos materiales se depositan prácticamente a lo largo de toda la línea de costa, limitados al sur por el Río Pánuco en Cd. Madero y al norte por el Río Bravo en Matamoros.

## *B. Geología Estructural*

La superficie que cubre el Estado de Tamaulipas ha sido afectada por diversos procesos estructurales y tectónicos, gran parte de la morfología actual es el resultado de la Orogenia Laramide, ocurrida durante finales del Cretácico e inicios del Terciario, dando como resultado el levantamiento y plegamiento de grandes depósitos de rocas sedimentarias, así como un proceso de fallamiento con orientación preferente norte-sur, generando a su vez bloques y fosas donde posteriormente fueron depositados rellenos sedimentarios.

Un rasgo característico de la zona son las franjas o bandas que comprenden prácticamente todas las formaciones del Terciario, las cuales tienden a formar terrazas estructurales, donde la orientación preferente es norte-sur. Por otro lado la sedimentación de la Cuenca de Burgos durante el Terciario, está asociada a un régimen de extensión, a su vez una serie de cuerpos ígneos imprimen un estilo de deformación peculiar a la roca encajonante en diversas áreas del Estado, tal es el caso de la Sierra Chiquita, ubicada en la zona centro occidental de Tamaulipas.

Resalta la presencia de un sistema de fallas orientadas noreste-suroeste, asociadas a derrames fisurales, por otro lado, existe un sistema de fallas con orientación preferente norte-sur y noroeste-sureste, asociadas a una reactivación ígnea. De igual forma el área que cubre el Estado se caracteriza por la presencia de una serie de curvilineamientos asociados a cuerpos dómicos, volcanes e intrusivos.

En referencia a las fracturas, en su mayoría tienen orientaciones preferentes al noroeste-sureste, manifestándose predominantemente un fracturamiento de tipo radial. De igual forma son comunes las fracturas de tipo paralelo, con dirección preferente noroeste-sureste, en ocasiones rellenas de sulfuros y óxidos de fierro.

Referente a los sistemas de plegamiento se observan pliegues simétricos con ejes orientados principalmente noroeste-sureste, lo anterior como producto de esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide, así como por el emplazamiento de cuerpos intrusivos durante el Terciario.

A continuación se hace una breve descripción de los principales rasgos estructurales para cada una de las Provincia Fisiográficas en las que se divide el Estado, mientras que su ubicación se muestra en la Figura 10. Cabe mencionar que las características principales de cada provincia, así como su distribución geográfica se pueden consultar en el apartado de generalidades.

### *a) Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental*

Su geología estructural es compleja, presenta deformaciones de tipo dúctil y dúctil-frágil con sistemas de fallamiento lateral y normal. Se característica la abundancia de estructuras anticlinales y sinclinales ocasionalmente amplios y en partes estrechos, sus ejes siguen una orientación preferencial noroeste-sureste, las estructuras fueron generadas por esfuerzos tectónicos compresivos que plegaron y dislocaron rocas preexistentes, lo anterior provocó la formación de un conjunto de anticlinales y sinclinales con orientaciones preferentes al noroeste-sureste y norte-sur, a la vez encontrándose una serie de fallas normales e inversas paralelas a los pliegues.

Algunas de las estructuras anticlinales más importantes en esta provincia son el Anticlinal El Boludo, Nahola, El Tepozán, El Abra, Nicolás Pérez, La Colmena, Las Abritas, Infiernillo, El Puerto, Sierra Mocha, San Francisco, Huizachal-Peregrina, entre otros, los cuales corresponden a estructuras de entre 10 y 80 Km de largo, con una amplitud que varía entre 2 y 10 Km. Sus orientaciones preferentes son al noroeste-sureste con tendencias al norte-sur y en menor proporción noreste-suroeste, son afectados por numerosas fallas normales así como por fallas inversas de grandes dimensiones. Geológicamente están constituidos en su mayor parte por rocas de las formaciones El Abra y Tamasopo a diferencia del

Anticlinal Huizachal-Peregrina que además se encuentra constituido por rocas de edad Precámbrico y Paleozóico.

Algunas estructuras sinclinales presentes en la provincia son el Sinclinal Antonia, El Magueyoso, Calabacillas, Las Antonias y Las Joberas, siguiendo rumbos preferentes norte-sur y en menor proporción noroeste-sureste. Sus longitudes varían entre 9 y 30 Km, están formados por una litología variada, tal es el caso de  por las formaciones Méndez, El Abra, San Felipe, Agua Nueva, Cuesta del Cura, Aurora, La Peña y Cupido.

Respecto a cabalgaduras, se observan en la Sierra Vieja, Antonio y Obregón, con longitudes promedio de 80 Km, ubicadas principalmente en las sierras El Duraznillo y Los Escorpiones, con orientaciones preferentes norte-sur y noreste-suroeste. Existen cabalgaduras de menores dimensiones entre las cuales se tiene El Platanillo, Las Fortunas, Paso Real, Santiaguillo y el Salado, con rumbos generales norte-sur.

La principal falla dentro de esta provincia es la Falla Carabanchel, ubicada en el extremo oriente de la Reserva de la Biosfera El Cielo, con una longitud de 45 Km, con rumbo preferente noroeste 10º sureste, separando a las formaciones El Abra y Tamabra.

### *b) Provincia Fisiográfica Grandes Llanuras de Norteamérica*

Esta provincia se encuentra constituida por rocas sedimentarias con un relieve suave, ocasionalmente afectadas por cuerpos intrusivos de pequeñas dimensiones. En el Terciario sobre los fondos marinos en la Cuenca de Burgos, fueron depositados sedimentos transportados por ríos formando unidades de lutitas y areniscas dispuestas en franjas paralelas a la línea de costa. Los efectos de la Orogenia Laramide se ven reflejados en un gran número de pliegues orientados al noroeste-sureste y noreste-suroeste.

En esta provincia se ubican las Fallas Los Reyes y El Mulato, la primera localizada al norte del Municipio de Cruillas, formando parte de un sistema escalonado junto con las fallas La Soledad y El Japón, con dirección preferente noroeste-sureste, afectando a la Formación Reynosa. En el caso de la Falla El Mulato, se localiza al suroeste del Municipio de Burgos afectando rocas de la Formación San Felipe, con un rumbo preferencial noroeste-sureste y una longitud de 33 Km.

En la zona se ubican los anticlinales El Cuchillo-San Juan de Vaquería, Cómales, Camargo y Mier, se trata de estructuras de entre 5 y 125 Km de longitud, su espesor varía entre 2 y 5 Km, con orientaciones preferentes noroeste-sureste, se encuentran conformados por rocas de las formaciones Midway, Wilcox, Jackson y Laredo. Las estructuras tienen presencia en los alrededores de los Municipios Camargo y Mier.

### *c) Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte*

Esta provincia se caracteriza por la presencia de dos estructuras anticlinales mayores afectadas por una serie de intrusiones del Terciario, las Sierras de Tamaulipas y San Carlos, de igual manera se tiene la presencia de cerros aislados relacionados a la actividad magmática de la Sierra de San Carlos, mismas que dieron origen a estructuras de menor magnitud con orientación preferente este-oeste, a su vez se observa una serie de brechas tectónicas que reflejan la ocurrencia de movimientos distensivos.

Es posible observar lineamientos y curvilineamientos con orientación preferente noroeste-sureste, además de estructuras de origen volcánico al norte de Tampico y en los alrededores de Aldama, al igual que algunas coladas de lava en Ciudad Mante. El resto del área que abarca esta provincia presenta relieves suaves, con amplias redes de drenaje y una abundante presencia de depósitos aluviales, en los cuales no se observan estructuras geológicas de importancia.

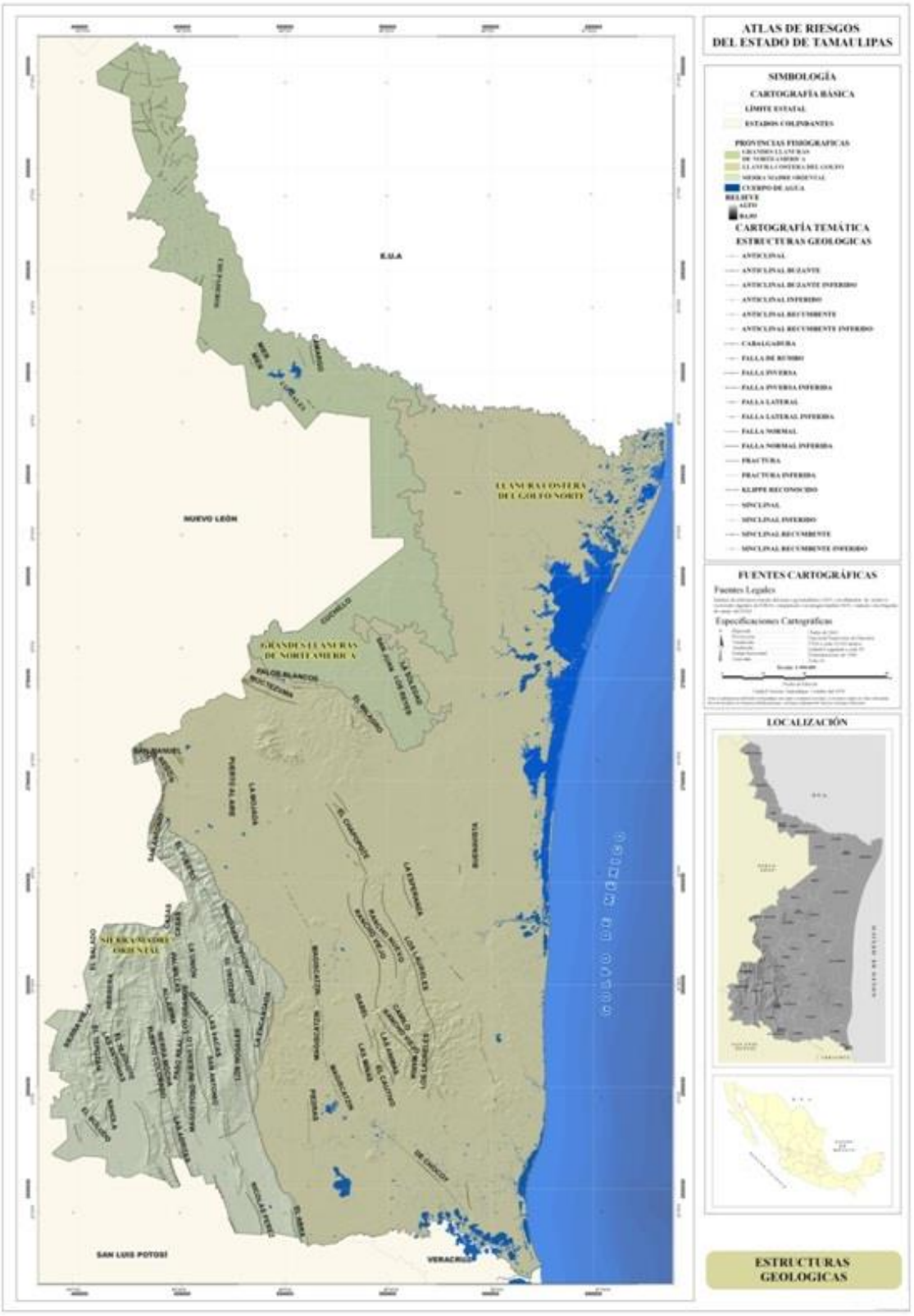

ATLAS DE RIESGOS
DEL ESTADO DE TAMAULIPAS
SIMBOLOGÍA
CARTOGRAFÍA BÁSICA
LÍMITE ESTATAL
ESTADOS COLINDANTES
PROVINCIAS FISIOGRÁFICAS
CUERPO DE AGUA
RELIEVE
ALTO
BAJO
CARTOGRAFÍA TEMÁTICA
ESTRUCTURAS GEOLOGICAS
ANTICLINAL
ANTICLINAL BUZANTE
ANTICLINAL BUZANTE INFERIDO
ANTICLINAL INFERIDO
ANTICLINAL RECUMBENTE
ANTICLINAL RECUMBENTE INFERIDO
CABALGADURA
FALLA DE RUMBO
FALLA INVERSA
FALLA INVERSA INFERIDA
FALLA LATERAL
FALLA LATERAL INFERIDA
FALLA NORMAL
FALLA NORMAL INFERIDA
FRACTURA
FRACTURA INFERIDA
KLIPPE RECONOCIDO
SINCLINAL
SINCLINAL INFERIDO
SINCLINAL RECUMBENTE
SINCLINAL RECUMBENTE INFERIDO
FUENTES CARTOGRÁFICAS
Fuentes Legales
Especificaciones Categráficas
LOCALIZACIÓN
ESTRUCTURAS GEOLOGICAS
NUEVO LEÓN
SAN LUIS POTOSI
VERACRUZ
GRANDES LLANURAS DE NORTEAMERICA
LLANURA COSTERA DEL GOLFO NORTE
SIERRA MADRE ORIENTAL
GOLFO DE MÉXICO

**Figura 10.** Distribución de los principales rasgos estructurales en el Estado de Tamaulipas.

Entre sus principales rasgos estructurales tenemos los anticlinales de las sierras de Tamaulipas y San Carlos, de igual manera se tienen los anticlinales Los Laureles, Rancho Viejo, Chocoy, Las Piedras, Moctezuma, entre otros, presentando orientaciones preferentes al noroeste-sureste y norte-sur, tienen longitudes entre los 35 y 80 Km, en su mayoría son conformados por rocas de las formaciones Méndez, Agua Nueva, San Felipe, entre otras.

Respecto a estructuras sinclinales destacan los sinclinales Rancho Nuevo, Las Ánimas y Magiscatzin, siguiendo rumbos preferentes noroeste-sureste.

De entre las fallas de tipo normal más importantes en la provincia sobresalen la Falla El Milagro en el Municipio de Cruillas, las fallas El Mulato y Palos Blancos formando un sistema escalonado de fallas normales localizado al norte de la Sierra de San Carlos, a su vez se observan conjuntos de fallas asociadas a derrames fisurales, tal es el caso de la Falla Buenavista, localizada entre los Municipios de Abasolo y Soto La Marina. Fallas inversas son observables al oeste de los Municipios Villagrán e Hidalgo.

## *C. Tectónica*

La zona que comprende el Estado de Tamaulipas ha sufrido los efectos de varias orogenias. Inicialmente la Orogenia Apalachiana forma pilares y fosas, las cuales favorecen el depósito de sedimentos arcillo arenosos de la Formación Huizachal. En seguida la Orogenia Palizada se manifestó a fines del Triásico, originando fosas que prevalecieron hasta el Jurásico temprano, donde se desarrollaron mares someros provenientes del Océano Pacífico. Posteriormente se registra la presencia de la Orogenia Nevadiana, manifestándose con basculamientos que levantan grandes porciones de sedimentos marinos que posteriormente son erosionados. Por último, la Orogenia Laramide da origen a los pliegues de la Sierra Madre Oriental y al levantamiento de las Sierras de Tamaulipas y Teziutlán, cabe mencionar que esta orogenia está asociada a las principales estructuras y rasgos morfológicos actuales.

De manera particular son varios los eventos tectónicos que han tenido influencia en la zona, tal es el caso de la presencia de un dominio tectónico de edad pre-Jurásico superior, constituido por rocas metamórficas, ígneas, además de rocas marinas paleozoicas y rocas continentales triásicas, las cuales se manifiestan con rumbo preferencial noroeste-sureste. Por otro lado, un dominio tectónico de edad post-Jurásico superior está constituido esencialmente por una secuencia de rocas marinas que forman estructuras con dirección preferente norte-sur.

En el caso de la Sierra Madre Oriental se trata de una cordillera cuyo relieve se debe a la presencia de rocas mesozoicas que junto con su basamento geológico fueron levantados, comprimidos y transportados en dirección noroeste, dando lugar a la formación de pliegues y cabalgaduras durante la Orogenia Laramide.

Existe una fase tectónica metamórfica que condujo a la formación del complejo metamórfico representado por gneises y esquistos. Por otro lado se tiene registro de un evento tectónico ocurrido durante el Terciario inferior, éste se caracteriza por estar compuesto por rocas deformadas durante la secuencia transgresiva del Golfo de México, particularmente rocas sedimentarias del Jurásico asociadas estructuralmente con rocas del Paleozoico.

En el Cretácico se presentó un periodo de enfriamiento, cesando los movimientos horizontales entre placas, asociados con la apertura del Golfo de México, a la vez que la margen pasiva del Noreste de México tuvo un descenso en su movimiento, dando origen a subsidencia tectónica y enfriamiento de la corteza. En los alrededores del Golfo de México, así como en el borde sureste de la Península Burro-Peyotes, se formaron extensas plataformas carbonatadas con delgadas intercalaciones de sedimento calcáreoarcilloso de espesores potentes.

Durante la regresión marina del Cretácico superior, en la región del Archipiélago de Tamaulipas existió un ambiente marino de aguas someras, mar abierto y de aguas profundas en el que se depositó una secuencia de sedimentos calcáreo-arcillosos. Posteriormente esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide originaron un intenso plegamiento, fallamiento y levantamiento de las rocas mesozoicas, principalmente dentro del Golfo de Sabinas y en la Sierra Madre Oriental, ubicada al poniente de la Cuenca de Burgos.

Un período de subducción y la fase compresiva resultante culminaron al consumirse la placa oceánica, cambiando drásticamente la dirección de los esfuerzos, generando entonces una fase distensiva con un intenso fallamiento de tipo normal.

En esta época no se presentaron movimientos tectónicos de consideración en la Cuenca de Burgos, sin embargo, en el Paleoceno y Eoceno se reflejan pulsaciones de los efectos finales de la Orogenia Laramide, esta actividad ocasiona basculamientos hacia la línea de costa.

Hacia el oriente del Estado se originan una serie de hundimientos creando una franja regresión marina, originando compactaciones diferenciales y el reajuste de las cuencas, dando origen a pulsaciones en el fondo marino, así como fluctuaciones en la línea de costa. Posteriormente una actividad ígnea todavía durante el Terciario, se manifiesta con el emplazamiento de cuerpos intrusivos y derrames basálticos, continuando el aporte y la subsidencia de las cuencas Tampico-Mizantla y Burgos.

La sedimentación ocurrida en la Cuenca de Burgos durante el Terciario, fue en una margen pasiva asociada a un régimen extensional ligado a la apertura de la Dorsal del Atlántico (activa hasta hoy en día), que da origen a regresiones y transgresiones desde el Paleoceno hasta el Reciente.

# VII. **RIESGOS GEOLÓGICOS**

## 1. Metodología

### *A. Peligro*

#### *a) Remoción de Masas*

Los procesos de remoción en masa son todos aquellos movimientos de materiales térreos, que pueden ser roca o suelos, pendiente abajo a través de la acción directa de la gravedad (CENAPRED, 2006).

De acuerdo a CENAPRED (2006) existen varios tipos de inestabilidades que pueden afectar una ladera, entre los más comunes se encuentran: caídos o derrumbes, deslizamientos, flujos, expansiones laterales y movimientos complejos.

La metodología empleada para delimitar zonas que pudieran representar peligro por Remoción de Masas incluye una etapa donde se programan recorridos de campo a sitios previamente establecidos, de acuerdo al análisis de información disponible, tales como cartas topográficas de INEGI 1:50 000 e información Geológica-Estructural (Servicio Geológico Mexicano, esc. 1:250 000 y 1:500 000), en cada uno de ellos se verifican los rasgos característicos de las estructuras geológicas, litología, condiciones del relieve y tipo de inestabilidad. La información recabada en campo se plasma en fichas técnicas, las cuales se emplean como fundamento en la elaboración del presente trabajo.

Los datos estructurales compilados mediante el levantamiento de puntos de verificación en campo, incluyeron el azimut de la dirección de inclinación máxima del plano, así como su ángulo de inclinación. Dado que el comportamiento del macizo rocoso es también influenciado por las condiciones de las discontinuidades (fallas, fracturas, etc.), en el formato de la ficha de campo se incluyeron parámetros tales como la longitud, espaciamiento, apertura, rugosidad de las superficies, alteraciones y/o material de relleno si está presente, los cuáles contribuyen a aumentar o bien a decrecer la resistencia al corte de las discontinuidades.

El análisis e interpretación de la información recabada en campo, así como en gabinete, permitieron, con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la generación de mapas temáticos de los factores que influyen en la inestabilidad de laderas, esto con el objetivo de contar con mapas de susceptibilidad a los procesos de remoción de masas, que a su vez sirvan como base para las primeras etapas de planeación y desarrollo de una metodología (Figura 11).

Para la evaluación de los peligros por Procesos de Remoción de Masas se tomaron y adaptaron algunos de los criterios postulados por CENAPRED (2006), en la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos”.

La metodología es de naturaleza cualitativa y empírica, asimismo a cada parámetro involucrado se le asigna un valor que estará en función de su influencia en la generación de inestabilidad de laderas.

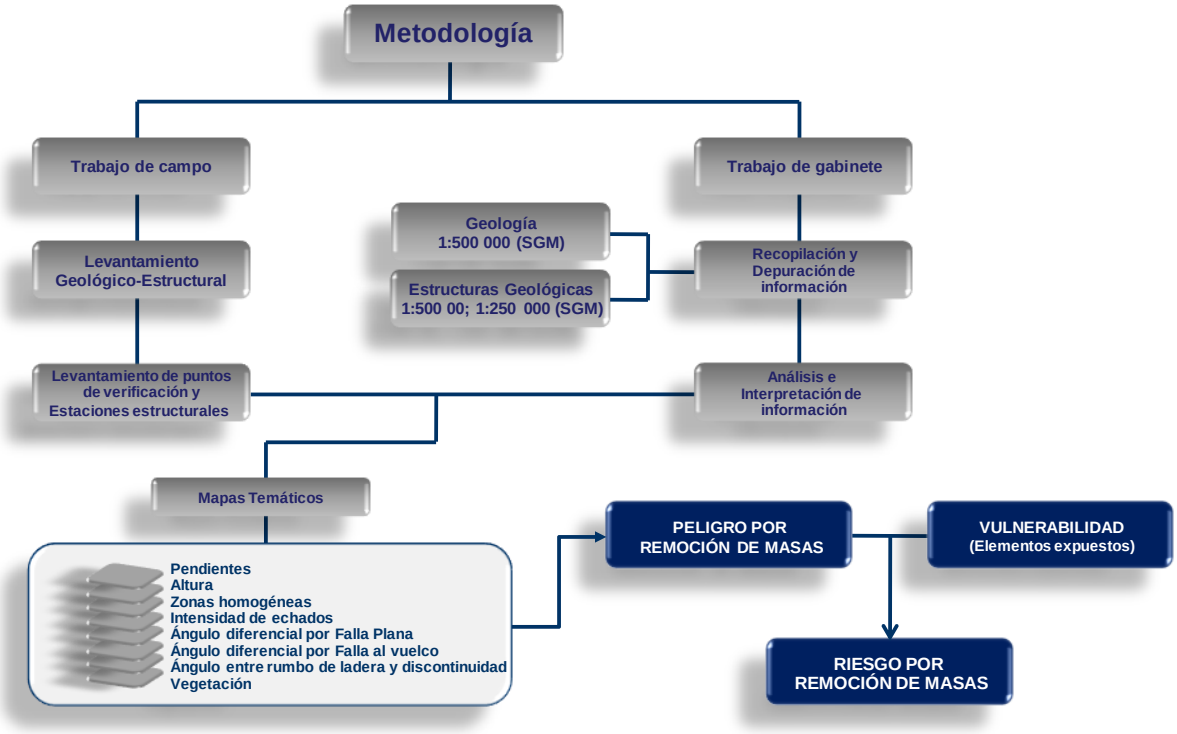



**Figura 11.** Diagrama conceptual de la Metodología por Peligros Geológicos.

### *b) Factores que determinan la inestabilidad de laderas*

Existe una gran variedad de factores que afectan la estabilidad de una ladera, en términos generales se dividen en internos y externos, los primeros están directamente relacionados con el origen y las propiedades del material que forma la ladera; mientras que los segundos son aquellos que perturban su estabilidad, ya sean fenómenos naturales: lluvias intensas, sismos, actividad volcánica, o actividades antropogénicas.

Un factor importante para la generación de movimientos en masa es la pendiente, generalmente las zonas con pendientes más pronunciadas tienen mayor probabilidad de que ocurran procesos de remoción; mientras que en zonas con pendientes suaves tienen una menor probabilidad de ocurrencia; sin embargo, esta variable no es una condicionante, pues deben incluirse otros factores como son: altura de las estructuras, tipo de roca, características estructurales de la ladera y vegetación.

Con el fin de facilitar la interpretación de la influencia de las distintas unidades geológicas en los procesos de remoción, fue conveniente agruparlas por zonas homogéneas, esto es la conjunción de unidades litológicas con comportamiento geomecánico similar. Las rocas sedimentarias, debido a su característica principal que es la estratificación, son las que presentan más sistemas de discontinuidad y por lo tanto son las más susceptibles a mecanismos de inestabilidad. Así mismo el arreglo geométrico entre las discontinuidades presentes en el talud o ladera determina el tipo de inestabilidad que se puede presentar en un lugar determinado, por lo que es de suma importancia la relación del sistema discontinuidad-talud ó ladera.

El ángulo diferencial es la relación angular existente entre la pendiente natural del terreno o en su caso la inclinación del talud, con respecto a la inclinación de la discontinuidad principal, dependiendo de este valor así como del ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud, se conocerá el arreglo geométrico de la ladera.

El último factor involucrado en este proceso de estimación del peligro por inestabilidad de laderas es la vegetación, una zona con vegetación densa contribuye a una mejor estabilidad de la ladera, debido a que sus raíces actúan como anclas al macizo rocoso, además evita la erosión de los materiales que forman la misma ladera, por lo que una zona deforestada aunada a la combinación de los demás factores involucrados es más propensa a sufrir inestabilidad.

Para generar el mapa de susceptibilidad es necesario realizar la sobreposición de mapas temáticos de los factores involucrados en los movimientos de laderas, que para este caso son:

- Pendiente
- Altura
- Tipo de roca
- Características estructurales del sistema Ladera-discontinuidad
- Vegetación

A continuación se describen brevemente cada uno de los mapas temáticos involucrados en la determinación del mapa de susceptibilidad por remoción de masas:

- *Pendientes*

El mapa de pendientes se elaboró con base al modelo digital de elevación del Estado de Tamaulipas, con curvas de nivel en zonas planas a cada 10 m y en zonas serranas a cada 20 m, proporcionadas por INEGI, posteriormente se reclasificó asignando los rangos manejados por CENAPRED (2006) en la "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos" que se muestran en la Tabla 9.

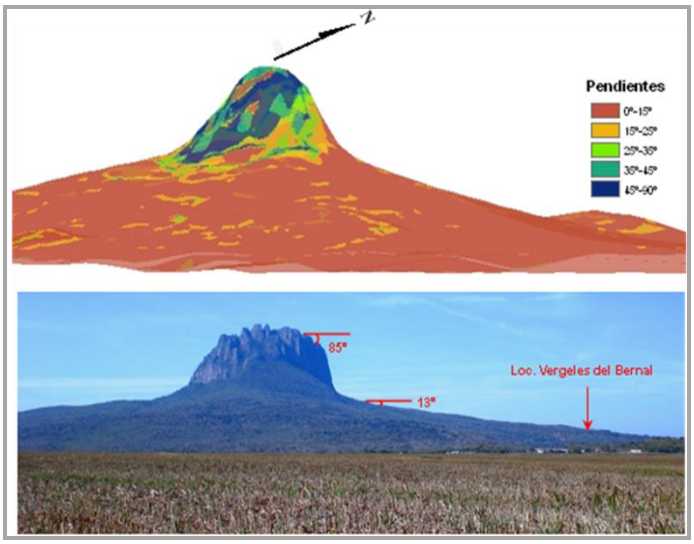



**Figura 12.** Representación de las pendientes en el Cerro del Bernal.

Lo anterior se ejemplifica mediante un modelo en 3D del Cerro del Bernal (Figura 12), donde se tienen pendientes suaves en su base (menores a 20°) y pendientes abruptas en la cima (mayores a 80°).

- *Altura*

En este caso se considera como la diferencia existente entre la altura máxima y mínima de la estructura que se analiza y la zona del valle. El objetivo es identificar la relación entre la altura de la ladera e inestabilidad de la misma; lo que permitirá cuantificar el volumen de material con posibilidad de deslizamiento.

Para obtener la altura real de las laderas con respecto al nivel topográfico, se elabora el plano de diferencia de alturas, el cual se obtuvo mediante el plano de curvas de nivel (INEGI, 2005) restando la cota más alta con respecto a la cota más baja que se tiene en el área (Figura 13).

Esto permite zonificar en rangos establecidos según la metodología a seguir en cada trabajo, para este caso se tomo en cuenta los establecidos en la Guía metodológica de CENAPRED (2006), la cual maneja rangos de alturas menores a 50 m, de 50 a 100 m, de 100 a 200 m y mayores a 200 m, siendo este ultimo el de mayor valor en el análisis.

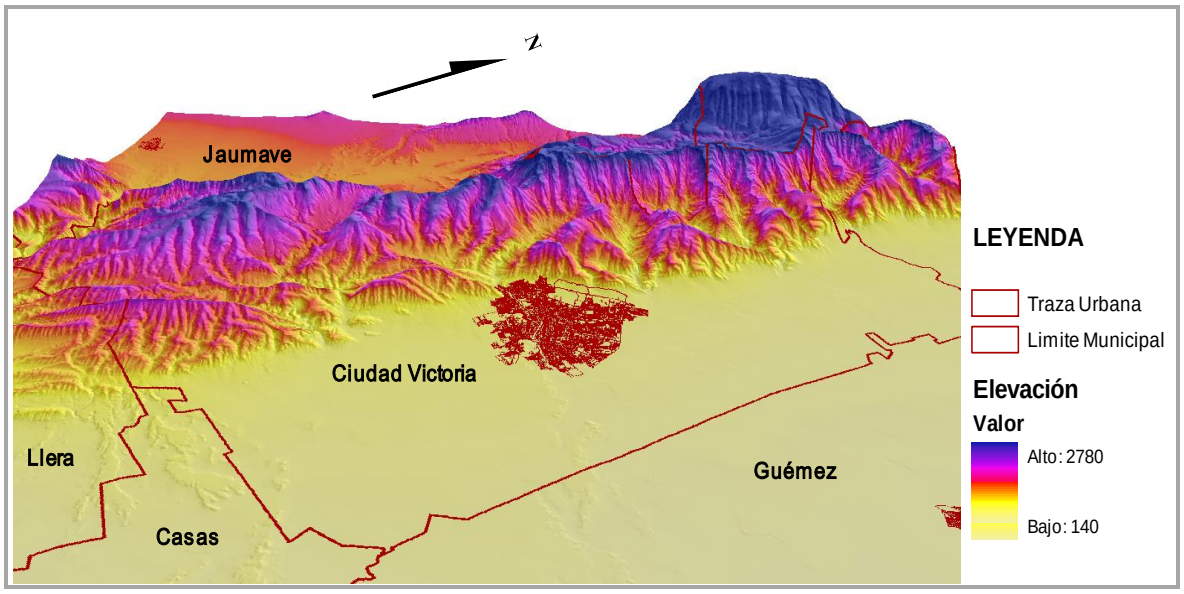



**Figura 13.** Modelado de La Sierra Madre Oriental en el Municipio de Ciudad Victoria.

- *Tipo de roca*

La importancia de contar con una carta Geológica radica en conocer y definir qué tipo de material es el más susceptible a sufrir inestabilidad, en conjunto con la combinación de los demás parámetros involucrados, ya que el comportamiento geológico determina la potencialidad de movimientos en los diferentes tipos de materiales rocosos y suelos.

El Estado de Tamaulipas se observa gran diversidad de rocas, afloran desde rocas metamórficas, rocas sedimentarias, así como rocas ígneas intrusivas y extrusivas, formando un total de 58 unidades geológicas, por lo que resulta complejo el análisis de cada una, por lo cual fueron agrupadas en zonas homogéneas según sus propiedades geomecánicas y litología (Figura 14). En este caso parte de los datos obtenidos de Armas (2004), quien realizó una carta de zonas homogéneas en el valle del Huizachal, así como de datos de la resistencia a la compresión simple de las rocas (González Vallejo, 2002) permitieron agrupar las unidades de la siguiente manera:

- Zona I Suelos.- Material fácil de erosionar, inestable, en algunas ocasiones los fragmentos no están bien soportados y al entrar en contacto con el agua, ya sea producto de precipitación o por alguna causa antropógenica, la cohesión entre sus partículas decrece, aumentando así su potencialidad a colapsar.

- Zona II Rocas Clásticas.- Están compuestas de intercalaciones ó bancos de conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas, en estratos laminares a medianos. Corresponden a macizos de baja a media calidad en cuanto a resistencia se refiere, cabe señalar que están expuestas a procesos de secado y humedecimiento, lo cual provoca que sean altamente erosionables y susceptibles a fallar.

- Zona III Calizas con intercalaciones.- Generalmente presentan una estratificación delgada a media con intercalaciones de otro material como lutitas, arcillas y bandas de pedernal. La combinación de diferentes tipos de litologías puede crear inestabilidad ya que el macizo rocoso no se comporta de manera homogénea. En sí, los bancos de caliza presentan una calidad media a buena, mientras que las intercalaciones son fácilmente intemperizables, produciendo mecanismos de descalce. En el caso donde se tienen intercalaciones de material arcilloso, y dependiendo de la disposición geométrica del macizo, estos pueden actuar como superficies de despegue para el deslizamiento a favor de los planos de discontinuidad.

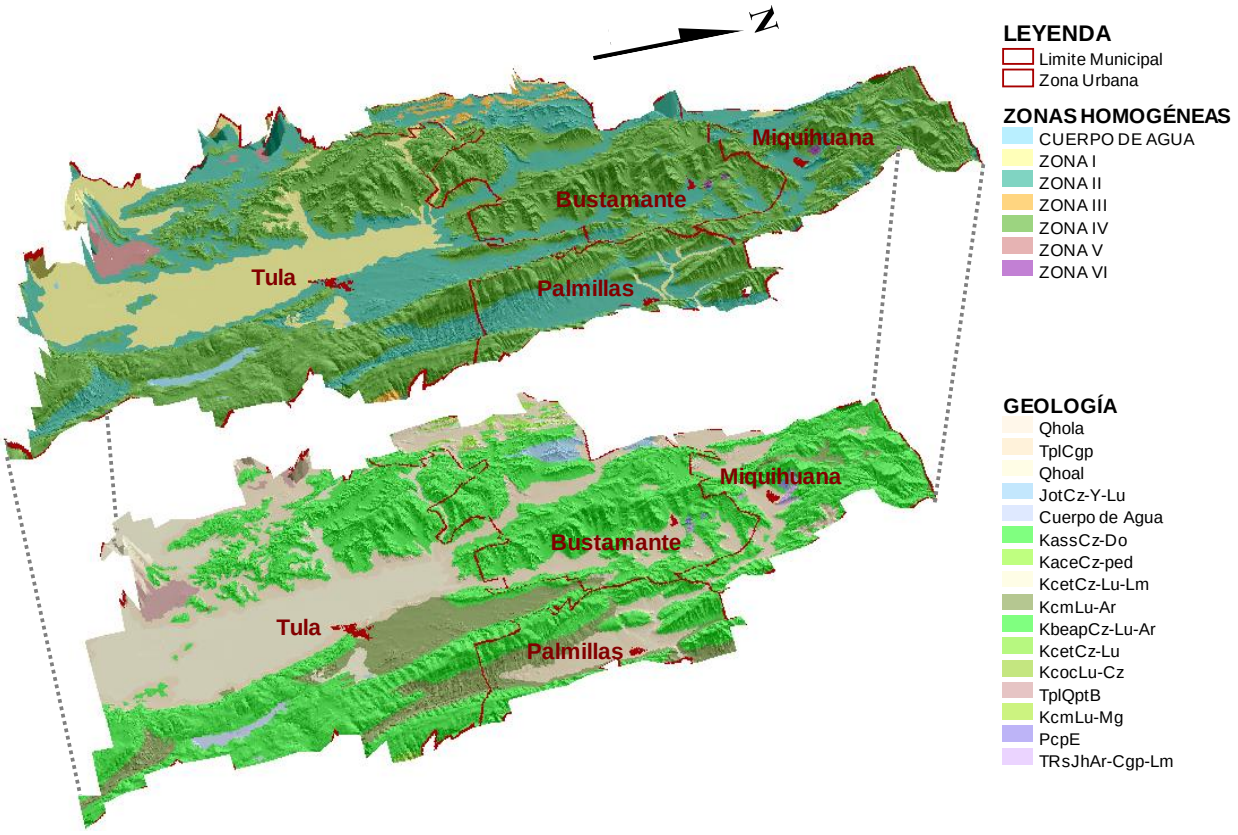



**Figura 14.** Delimitación de Zonas Homogéneas.

- Zona IV Calizas masivas.- Normalmente afloran en estratos gruesos a masivos con pequeñas intercalaciones de arcillas. Algunas de estas Formaciones presentan carsticidad y estructuras estilolíticas. Generalmente presentan pocas familias de fracturas y tienen una resistencia a la compresión simple alta, es decir, soportan esfuerzos de rotura por agentes externos.

- Zona V Rocas Ígneas.- Este tipo de rocas no presentan planos de estratificación, pero están expuestas al diaclasamiento y a la meteorización. Por lo general presentan una resistencia alta cuando se analiza un macizo de roca sana, pero esta resistencia va a depender del grado de alteración que presente este tipo de rocas.

- Zona VI Rocas Metamórficas.- En el área afloran 2 tipos de rocas metamórficas de características geomécanicas diferentes, el gneis en estado sano, que es más estable, a diferencia del esquisto,

sin embargo dependerá del grado de alteración que esté presente. Estas unidades afloran en una porción muy pequeña en los cañones del Novillo y Peregrina por lo que se agruparon en una sola zona, pero sin dejar de lado las condiciones en que estas rocas se presenten.

Cada una de estas zonas tiene un valor atendiendo al grado de influencia que tiene la litología en el análisis de estabilidad en una zona en particular.

### *c) Características estructurales del sistema ladera-discontinuidad*

Cuando se estudia el fenómeno de remoción de masas resulta importante conocer el comportamiento de una ladera, esto con base en las relaciones geométricas que guardan entre sí, la ladera o talud y la discontinuidad principal, la cuál puede ser la estratificación, fallas ó fracturas, ya que esta relación define el tipo de mecanismo de inestabilidad que se presentara en el caso que exista algún tipo de peligro.

Conocer estas características es de utilidad al momento de preveer la posibilidad de falla de una ladera o bien, al momento de definir el tipo de medida de remediación o mitigación. Cabe mencionar que de entre los datos más importantes destaca la diferencia angular existente entre el echado de la discontinuidad principal, en este caso la estratificación, y la inclinación del talud o pendiente de la ladera se le conoce como ángulo diferencial.

**Figura 15.** Relación entre el echado de las discontinuidades y la inclinación de la ladera.

En la Figura anterior se muestra un valor resultante de ángulo diferencial positivo y otro negativo, cabe mencionar que cada uno de ellos atiende a ciertas condiciones estructurales. Esto significa que si el echado de la discontinuidad es mayor que el echado de la ladera, entonces se habla de un ángulo diferencial positivo que es aplicable para el mecanismo de inestabilidad por falla plana; por el contrario, si la pendiente sobrepasa el echado de la discontinuidad, el ángulo diferencial resultante será negativo, entonces se tendrán condiciones favorables al volteo (Figura 15).

Las fallas tipo planas ocurren a lo largo de una superficie preexistente, esta puede ser sedimentaria como la estratificación ó tectónica como una falla o diaclasa, por lo cual se analizan como un problema en dos dimensiones. Para el análisis de este mecanismo entre más se acerque el valor del ángulo diferencial a los 90º, el bloque será más estable que si se acerca a 0º; es decir, si el ángulo diferencial es de 0º, el talud o la ladera tenderán a ser estables porque no habrá ninguna diferencia angular. Una de las condiciones para que este movimiento sea genere es que el plano de la discontinuidad buze a favor de la cara del talud o a favor de la pendiente. En este caso el mapa de ángulo diferencial por falla plana resulta de la resta del mapa de inclinación de los echados y el mapa de pendientes.

Las fallas al vuelco ocurren en macizos de roca fracturados en bloques a favor de sistemas de discontinuidades ortogonales entre sí, las cuales presentan un buzamiento contrario a la inclinación del

talud y con un rumbo aproximadamente paralelo a la superficie del mismo. En este tipo de falla la columna de roca puede rotar sobre un punto base localizado en la esquina inferior del bloque. Para que ocurra un desprendimiento por volteo es necesario que la discontinuidad buze en contra a la pendiente, en este caso estos valores resultantes del ángulo diferencial que más se acerquen a los 0º representaran casos inestables, por el contrario entre mayor sea el valor del ángulo, el macizo rocoso tendera a recuperar estabilidad. El mapa de ángulo diferencial por vuelco resulta de la suma del mapa de inclinación de los echados y el mapa de pendientes.

Para el caso de rocas ígneas y metamórficas donde no se presentan planos de discontinuidad bien definidos, como la estratificación, se tomaran en cuenta las diaclasas o bien los planos de esquistosidad, según se presente una superficie bien definida. En el caso de que se encuentren altamente fracturadas y tengan aspecto caótico por lo que no sea posible tomar datos estructurales de las discontinuidades. En este caso se dará un mayor peso al grado de alteración de la roca.

Otro factor a considerar es el ángulo entre rumbos, es decir la relación angular existente entre la dirección de buzamiento de la ladera y la dirección de buzamiento de la estratificación. Para la evaluación de este ángulo es necesario agrupar los valores azimutales de las direcciones de buzamiento de la ladera (mapa de aspecto) y la estratificación (mapa de rumbo del echado) en intervalos de 45º, por lo que se obtienen ocho direcciones preferenciales que pueden ser comparadas entre sí con la finalidad de conocer su influencia en la generación de inestabilidad (Tabla 8).

Una vez comparada la relación entre las variables anteriores, los resultados se presentan las siguientes formas:

- Paralelos a favor.- la ladera y los estratos se inclinan en la misma dirección y sin diferencia angular.
- Oblicuos a favor.- ambos elementos buzan con direcciones a 45° entre sí.
- Perpendiculares.- situación en la que existe un ángulo horizontal de 90° entre ambos.
- Oblicuos en contra.- la diferencia angular de dirección de buzamiento es de 135°.
- Paralelos en contra, donde la diferencia de direcciones de buzamiento es de 180° (Figura 16).

Para el desprendimiento por falla plana, tanto la ladera como la discontinuidad, deben inclinarse hacia la misma dirección, es decir que estas direcciones de buzamiento sean paralelas u oblicuas entre sí, (Figura 16), mientras que para el desprendimiento por volteo, la dirección de buzamiento entre ambas, la discontinuidad y la ladera, debe ser opuesta, esto es, paralelo en contra, oblicuo en contra o perpendicular (Informe Atlas de Riesgo de Monterrey y su área Metropolitana, 2008).

**Tabla 8.** Reclasificación de los mapas de rumbo del echado y aspecto.

| AZIMUTH | RUMBO | VALOR |
|---|---|---|
| 0-22.5 | Norte | 1 |
| 22.5-67.5 | Noreste | 2 |
| 67.5-112.5 | Este | 3 |
| 112.5-157.5 | Sureste | 4 |
| 157.5-202.5 | Sur | 5 |
| 202.5-247.5 | Suroeste | 6 |
| 247.5-292.5 | Oeste | 7 |
| 292.5-337.5 | Noroeste | 8 |
| 337.5-360 | Norte | 1 |

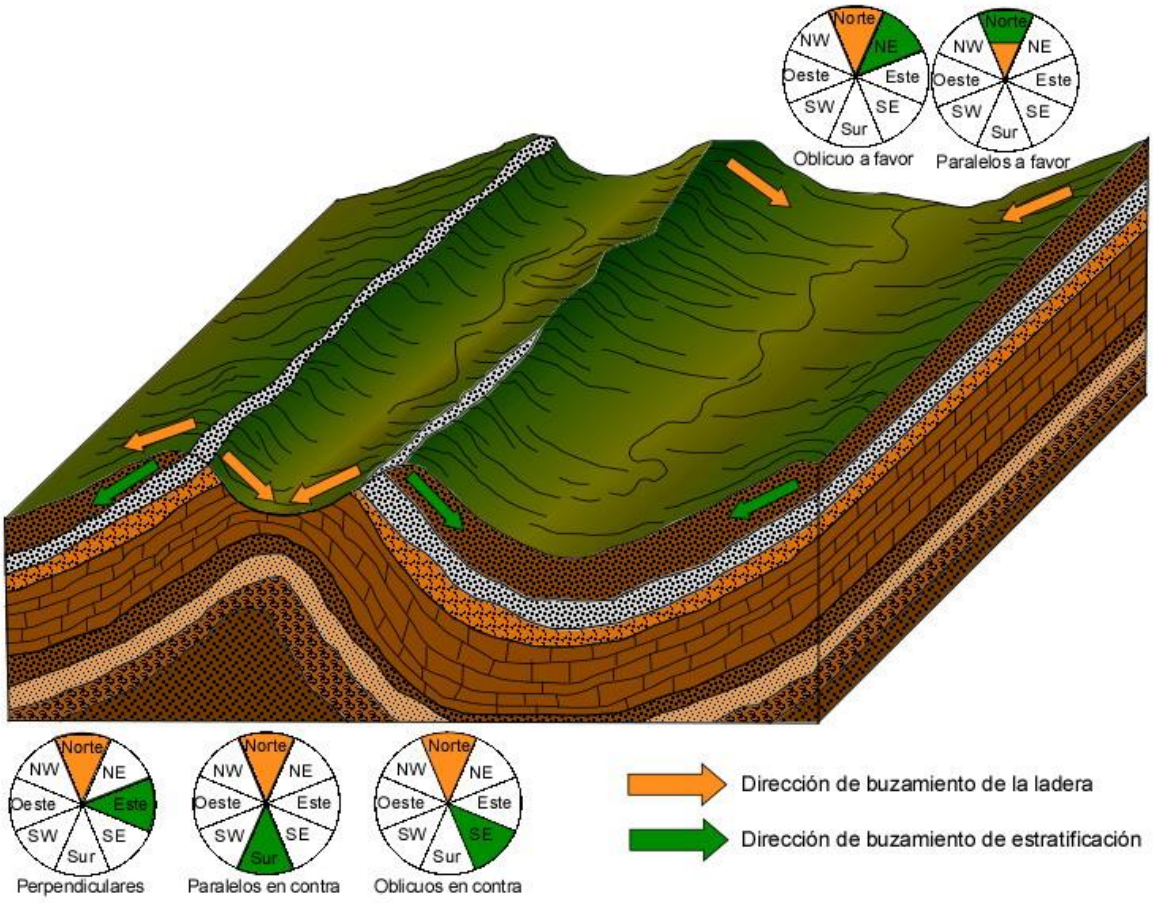



**Figura 16.** Relación angular entre las direcciones de buzamiento de ladera y de estratificación.

### *d) Vegetación*

El objetivo de conocer la distribución de la vegetación es definir las áreas que presenten una cobertura vegetal considerada, adicionalmente deben incluirse las áreas expuestas o desprovistas de vegetación. La vegetación juega un papel importante en la zonificación debido a que cumple dos funciones principales, por un lado tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces (Suarez, 1998).

El contar con una vegetación densa contribuye a regular las infiltraciones, y posteriormente gracias a su capacidad evapotraspiradora actúa como secador del suelo. Otro efecto positivo de la vegetación es que sus raíces actúan como anclajes, entre más profundas sean sus raíces el efecto será mejor ya que reforzaran la ladera al unir materiales inestables a otros más estables, sin embargo, sí estas son cortas existe la posibilidad de se movilicen junto con el material más superficial ya que no estarán sujetas al macizo rocoso (Figura 17).

La mayor importancia de la vegetación radica en que actúa como controlador de la erosión, por el contrario la ausencia de vegetación complica la estabilidad de una ladera ya que la hace más propensa a la erosión y más susceptible a sufrir procesos de remoción en masas, de ahí la importancia de cartografiar zonas deforestadas.

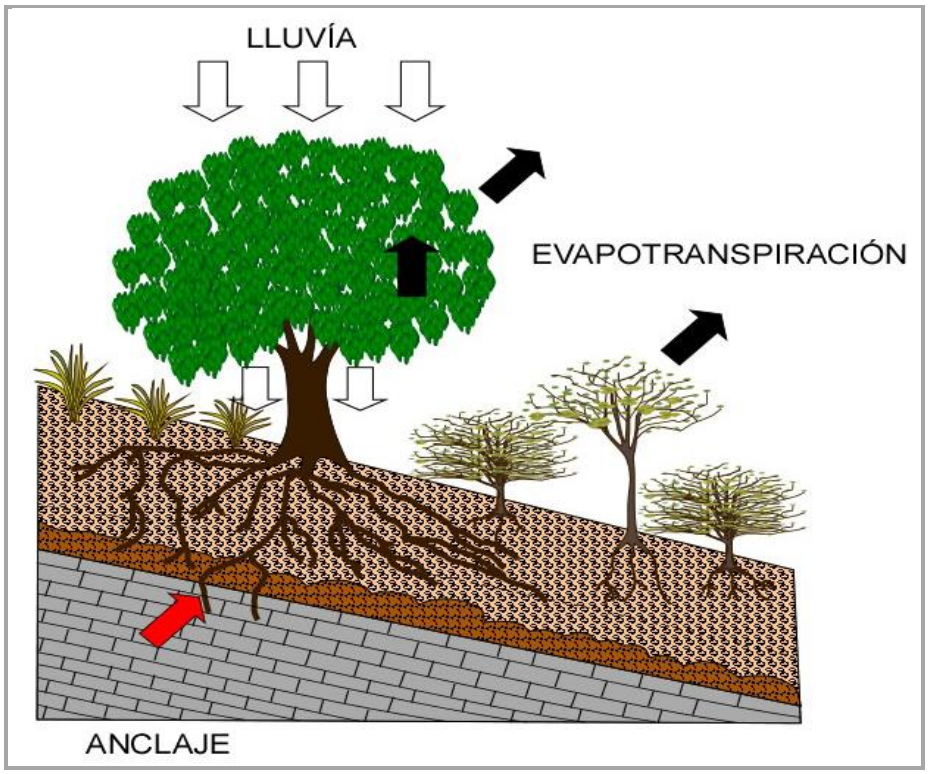



**Figura 17.** Efectos de la vegetación sobre la inestabilidad de una ladera (Suárez, 1998).

Para el presente trabajo se tomo como base la información de vegetación y uso de suelo de INEGI (2005), a su vez esta se reclasificó con los valores asignados para este rubro según la Tabla 9 y se realizó el Plano de Vegetación (Figura 18).

En la Figura 18 se muestra un ejemplo de una zona donde el tipo de vegetación fue procesada y reclasificada, así como una fotografía de la misma zona mostrando el uso de suelo de una manera general. En este caso a la cobertura vegetal se le asigna un valor (Tabla 9), en base a la clasificación de CENAPRED (2006). A fin de consultar con mayor detalle la distribución de vegetación en el Estado se recomienda al lector consultar el apartado VII.3.

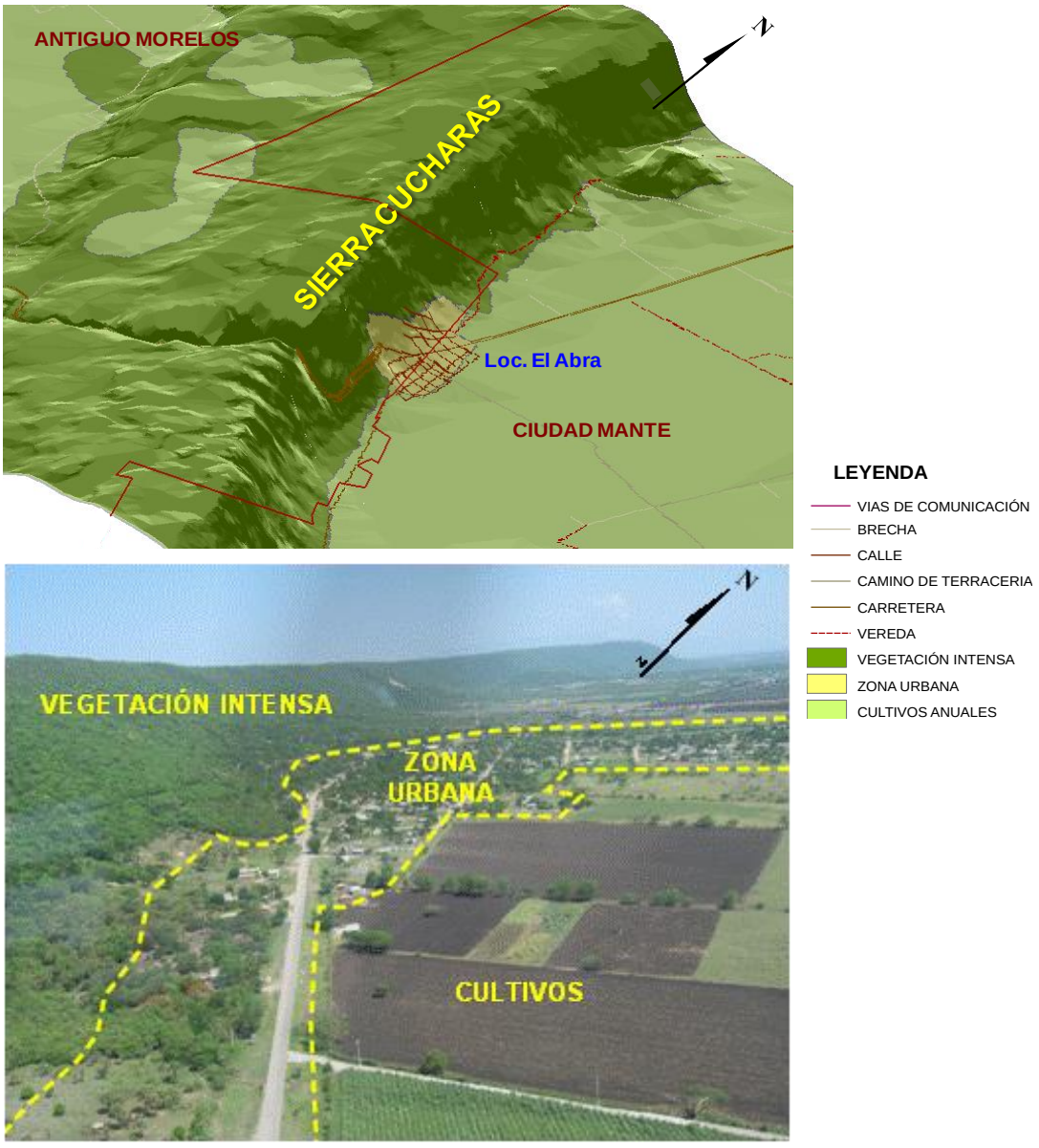



**Figura 18.** Representación gráfica de los tipos de vegetación y uso de suelo.

Cada uno de los factores antes descritos comprende un rubro dentro del formato para la estimación de peligro de deslizamientos de laderas (Tabla 9) marcado por CENAPRED (2006), en la "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos". Cabe señalar que la Tabla 2 se ha modificado y adaptado a las condiciones presentes en la región a evaluar y a la disposición de información con la que se cuenta, esta modificación arrojó la necesidad de asignar nuevos valores a cada rubro sin alterar sus resultados, por lo que fue necesario hacer una reclasificación y multiplicar cada valor por un numero entero, en este caso el 10, debido a que el paquete computacional empleado para la sobreposición de mapas parámetro no aceptaba números decimales. Por otro lado se agregaron factores que se considera tienen relevancia en la generación de inestabilidad. A cada uno de los parámetros involucrados le fue asignado un valor numérico con base al grado de influencia que ejerce cada uno en la generación de procesos de remoción de masas.

**Tabla 9.** Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas. Modificado de CENAPRED (2006).

| FACTORES TOPOGRAFICOS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Factor** | **Intervalos o categorías** | | | **Atributo relativo** | **Reclasificación** |
| Pendientes | Más de 45º | | | 2.0 | 20 |
| | 35º a 45º | | | 1.8 | 18 |
| | 25º a 35º | | | 1.4 | 14 |
| | 15º a 25º | | | 1.0 | 10 |
| | Menos de 15º | | | 0.5 | 5 |
| Altura | Menos de 50 m | | | 0.6 | 6 |
| | 50 a 100 m | | | 1.2 | 12 |
| | 100 a 200 m | | | 1.6 | 16 |
| | Más de 200 m | | | 2.0 | 20 |
| **FACTORES GEOTECNICOS** | | | | | |
| Tipos de suelos o rocas | Rocas metamórficas | Multiplicar por 2 a 4 según grado de meteorización | | 0.6 | 6 |
| | Rocas ígneas | | | 0.8 | 8 |
| | Rocas Sedimentarias (masivas) | Multiplicar por 1.2 a 1.5 según grado de meteorización | | 2.7 | 27 |
| | Intercalaciones | | | 2.4 | 24 |
| | Rocas clásticas | | | 2.2 | 22 |
| | Suelos | Multiplicar de 1.2 a 1.5 según grado de meteorización | | 1.2 | 12 |
| Aspectos estructurales en formaciones rocosas | Echado de la discontinuidad | Menos de 15º | | 0.1 | 1 |
| | | 15º a 25º | | 0.2 | 2 |
| | | 25º a 35º | | 0.3 | 3 |
| | | 35º a 45º | | 0.5 | 5 |
| | | Más de 45º | | 0.7 | 7 |
| | Ángulo diferencial | **Falla Plana** | **Falla por Volteo** | | |
| | | (0) a (-15º) | 0º a 15º | 1.0 | 10 |
| | | (-15º) a (-30º) | 15º a 30º | 0.8 | 8 |
| | | (-30º) a (-45) | 30º a 45º | 0.7 | 7 |
| | | (-45) a (-60) | 45º a 60º | 0.5 | 5 |
| | | (-60) a (-90) | 60º a 90º | 0.3 | 3 |
| | Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del Talud | **Falla Plana** | | | |
| | | Paralelos a favor | | 0.6 | 6 |
| | | Oblicuos a favor | | 0.4 | 4 |
| | | **Falla por Volteo** | | | |
| | | Paralelos en contra | | 0.5 | 5 |
| | | Oblicuos en contra | | 0.3 | 3 |
| | | Perpendiculares | | 0.2 | 2 |
| **FACTORES AMBIENTALES** | | | | | |
| Vegetación y uso de suelo | Zona urbana | | | 2.0 | 20 |
| | Cultivos anuales | | | 1.5 | 15 |
| | Vegetación intensa | | | 0.0 | 0 |
| | Rocas con raíces de arbustos en sus fracturas | | | 2.0 | 20 |
| | Vegetación moderada | | | 0.8 | 8 |
| | Área deforestada | | | 2.0 | 20 |
| | | | | **SUMATORIA** | |

Este análisis de susceptibilidad requiere de la modelación de interacciones entre los factores descritos en la Tabla 9.

Los sistemas de información geográfica son un sistema muy útil para resolver estos modelos ya que por medio de ellos se puede zonificar una determinada área como susceptible, debido a que permite el almacenamiento y manipulación de la información referente a los diferentes factores que intervienen en el análisis como capas de datos. El procesamiento de la información se llevó a cabo en el Software Arc Map 9.3 y se hizo una reclasificación de los valores asignados a cada factor para su procesamiento.

La sobreposición de los mapas temáticos arroja valores según la sumatoria de los rubros, los resultados fueron reclasificados por medio de quiebres naturales tomando en cuenta 5 grados de peligros según CENAPRED (2006); muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. Esto es que en el caso de un escenario de peligro muy alto significa que la mayoría de los parámetros arrojo resultados elevados, lo que se traduciría a pensar en una zona que presentara elevaciones considerables con pendientes arriba de los 45º, desprovista de vegetación, y cuya litología y arreglo estructural favoreciera a la ocurrencia de un tipo de inestabilidad ya sea por falla plana, en cuña o volteo.

Cabe señalar que en esta clasificación no se han tomado en cuenta los factores externos lo que conlleva a que si la ladera cae dentro de un rango de peligro alto con la influencia de estos agentes desestabilizadores en el caso de algún evento extraordinario puede alcanzar un peligro muy alto.

### *e) Fallas y Fracturas*

Una falla es una discontinuidad que involucra un desplazamiento debido a fuerzas estructurales que superan la resistencia de las rocas. La zona de ruptura tiene una superficie generalmente bien definida denominada plano de falla y su formación va acompañada de un deslizamiento de las rocas tangencial a este plano. El movimiento causante de la dislocación puede tener diversas direcciones: vertical, horizontal o una combinación de ambas.

Las fallas se clasifican en tres tipos en función de los esfuerzos que las originan y de los movimientos relativos de los bloques:

- **Falla inversa**. Este tipo de fallas se genera por compresión (Figura 19A). El bloque del techo se encuentra sobre el bloque del piso. Cuando las fallas inversas presentan un buzamiento inferior a 45º, estas toman el nombre de cabalgamiento.
- **Falla normal**. Se generan por tracción (Figura 19B). El movimiento es predominantemente vertical respecto al plano de falla, el cual típicamente tiene un ángulo de 60 grados respecto a la horizontal. El bloque que se desliza hacia abajo se le denomina bloque de techo, mientras que el que se levanta se llama bloque de piso.
- **Falla de desgarre o Transversal**. Son verticales y el movimiento de los bloques es horizontal (Figura 19C). Son típicas de límites transformantes de placas tectónicas. Se distinguen dos tipos de fallas de desgarre: derechas e izquierdas, también se les conoce como fallas transversales o de rumbo.

La fractura se entiende como la ruptura sobre una unidad litológica por influencia de esfuerzos estructurales, sin implicar un desplazamiento entre sus bloques. Las fracturas aparecen generalmente en grupos denominados sistemas.

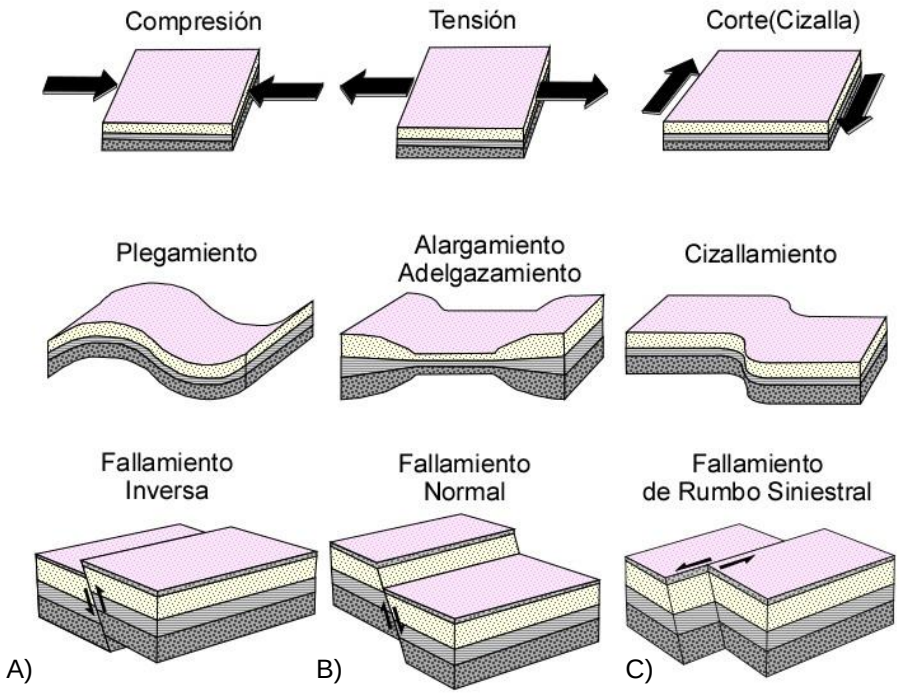



**Figura 19.** Tipos de fallas geológicas

En la Figura 20 se muestra un diagrama que simplifica la metodología que se utilizo para la elaboración del mapa de intensidad de fracturamiento, el cual es el resultado de la integración de los rasgos estructurales obtenidos a partir de la información de las cartas Geológico-Minera del Estado de Tamaulipas (SGM, 2006), de la interpretación de lineamientos estructurales y los datos del levantamiento en campo. Una vez recopilada la información, se generó un mapa con la ubicación de las principales fallas y fracturas, asignando un radio de afectación de 20m en el caso de las fracturas y 50 m en el caso de las fallas, estas distancias para ambos lados a partir de la línea de su traza.

De esta manera, en las zonas en las que coincidan dos o más rasgos estructurales habrá mayor intensidad de fracturamiento y fallamiento, lo que se traduciría a tener una mayor probabilidad de que se genere inestabilidad de los macizos rocosos o bien que estas lleguen a afectar infraestructura como vías de comunicación, ductos, zonas urbanas, etc.

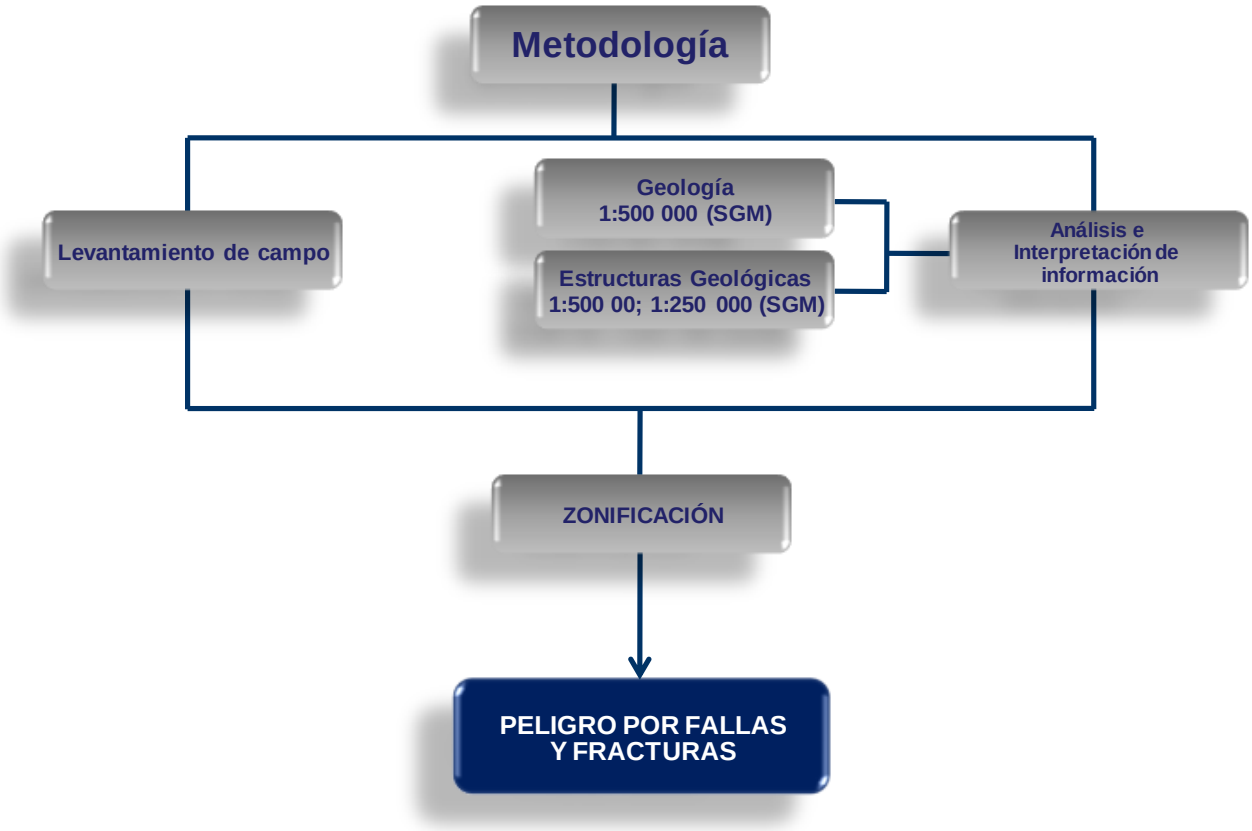



**Figura 20.** Metodología empleada en el caso de fallas y fracturas.

### *f) Hundimientos*

Los hundimientos son causados por el colapso de la superficie del terreno natural en zonas donde existen cavidades subterráneas. Estos procesos se caracterizan por ser movimientos repentinos y de componente vertical. Generalmente se encuentran asociados a procesos de disolución en rocas carbonatadas y evaporíticas, pudiendo también generarse por actividades antrópicas.

El resultado en superficie de los hundimientos cársticos se le conoce como dolinas, las cuales son depresiones de forma más o menos circular, cuyos diámetros y profundidades son variables. Existen dos tipos de dolinas, las originadas por disolución y las de hundimiento. Las primeras son consecuencia de una perdida lenta y paulatina de material disuelto por las aguas pluviales que se encharcan y luego se infiltran, lo que da como resultado morfológico dolinas con paredes mas tendidas y suaves; mientras que las segundas se forman al desplomarse el techo de alguna cavidad cárstica, generalmente se trata de un movimiento repentino, donde la morfología característica de este tipo de dolinas son sus paredes escarpadas (Figura 21).

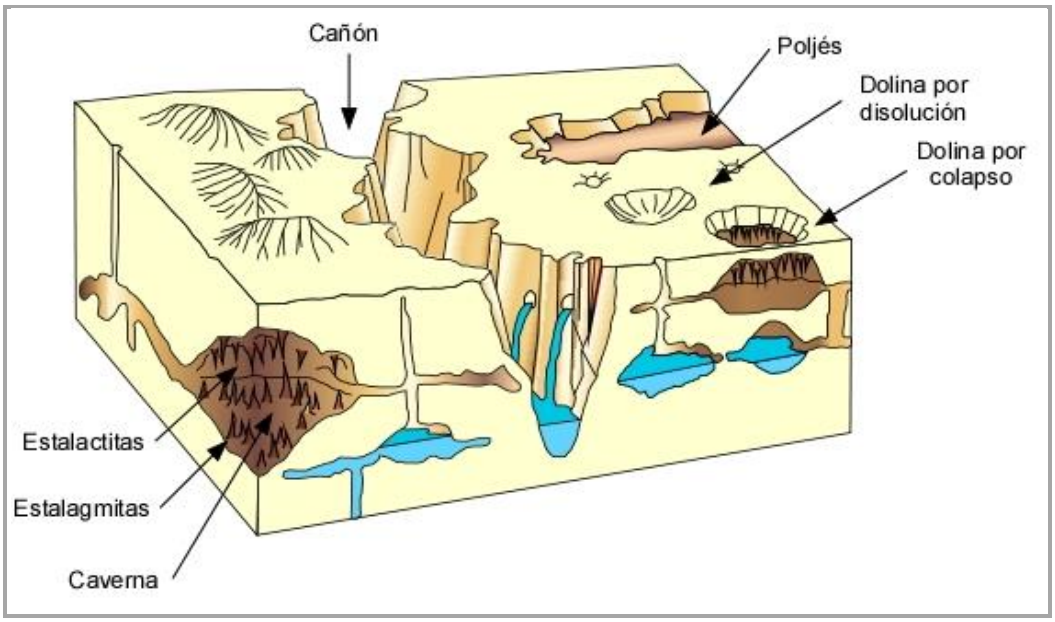



**Figura 21.** Tipos de estructuras cársticas.

En el caso de hundimientos generados por dolinas, no existe una metodología desarrollada o validada por CENAPRED, por lo cual la metodología aquí empleada se generó específicamente para el desarrollo del presente Atlas de Riesgo.

La zonificación por hundimientos se realizó en dos fases, la primera consistió en trabajo de interpretación en gabinete, delimitando estructuras de depresión obtenidas de las cartas Geológico-Mineras esc. 1:500 000, editadas por el SGM, así como de las cartas topográficas esc. 1:50 000 de INEGI (2005). El diagrama que se observa en la Figura 22 representa la metodología empleada para establecer el Riesgo por Hundimientos.

Dado que no se conto con información suficiente que llevara la delimitación a detalle de zonas de peligro por dolinas, y a partir de la escala en la que se desarrolla el presente trabajo, se determino un radio de afectación de 300 m, los cuales se dividieron en 3 diferentes grados de peligro a partir del borde de la dolina.

Al primer radio de influencia catalogado como peligro alto se le asigno un valor de 50 m, para los siguientes dos rangos de peligro (medio y bajo), se agregaron 50 m a cada uno, dando por resultado un radio de influencia de 100 y 150 m (Tabla 10).

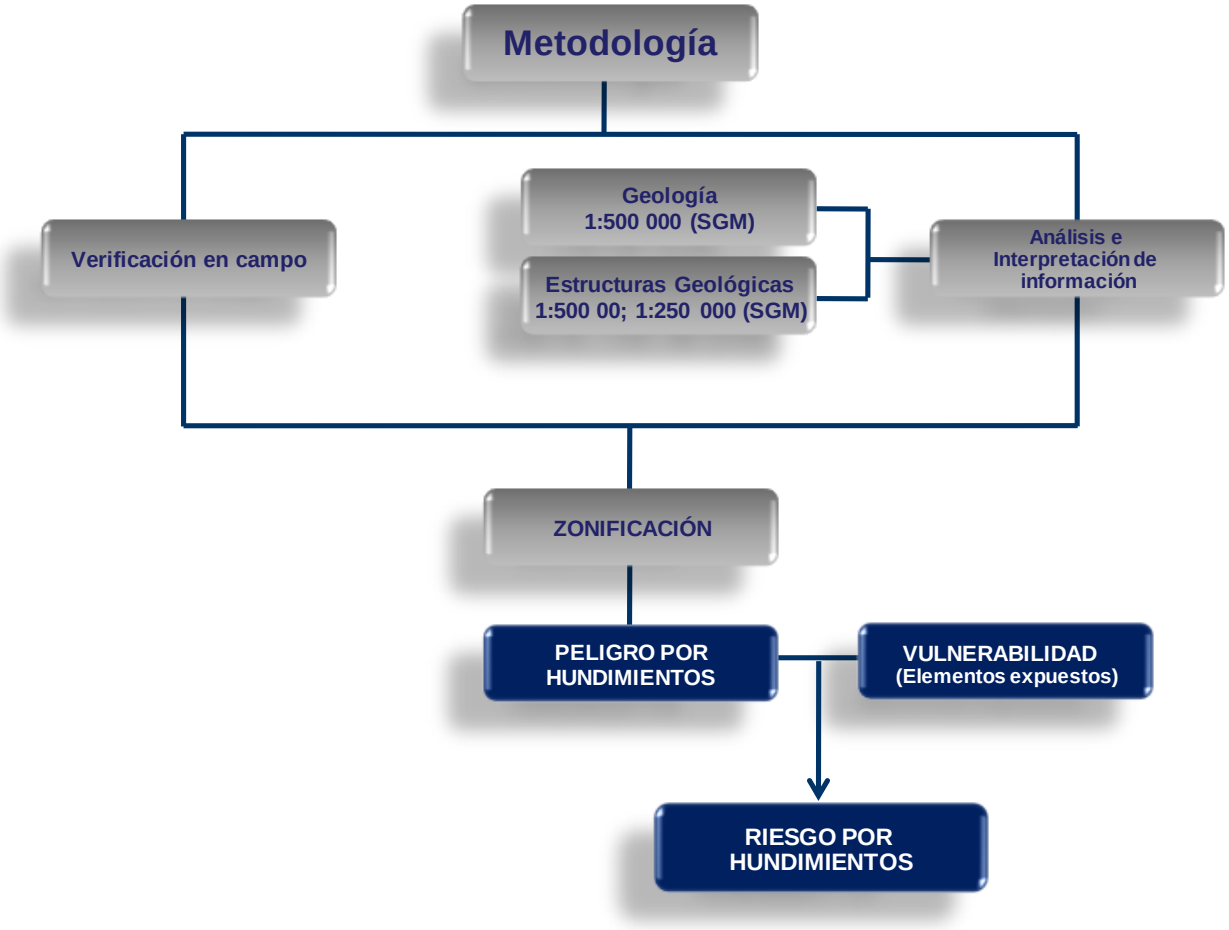



**Figura 22.** Metodología para determinar Riesgo por Hundimientos.

**Tabla 10.** Delimitación de radios de afectación por peligros por Hundimientos.

| PELIGRO | ZONIFICACIÓN |
|---|---|
| Muy alto | Superficie de la Dolina |
| Alto | 50 m |
| Medio | 100 m |
| Bajo | 150 m |

## *B. Vulnerabilidad*

Se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas (CENAPRED, 2006). El análisis de vulnerabilidad requiere de un conocimiento detallado de la densidad

de población, infraestructura y los efectos de un determinado fenómeno sobre estos elementos en riesgo (Suarez, 1999).

Una vez que se determina el grado de peligro o bien la amenaza de un fenómeno perturbador, se calcula la vulnerabilidad con base a los elementos expuestos en determinada área (Figura 23). A fin de lograr lo anterior se le asigno un valor a cada poblado y manzana con base a la tipología de vivienda (Modificado de CENAPRED, 2006), el valor corresponde al costo unitario de vivienda, por lo que se multiplicara el número de casas que hay en una localidad o zona urbana por el costo unitario del tipo de vivienda que se tenga en esa área determinada, además en base al nivel de peligro en el que se encuentre la obra de infraestructura se le asignara un índice de vulnerabilidad que va de 0 a 1, donde 1 representa la pérdida total. Para conocer más detalles de la tipología de vivienda empleada en el presente trabajo, así como los costos unitarios es recomendable consultar la Tabla 1 en el apartado VI (Metodología General).

El resultado de este proceso es el costo por infraestructura expuesta, es decir el valor total de perdida expresado en pesos ante un evento catastrófico. Esta herramienta es de gran utilidad al momento estimar los recursos que deberían ser destinados a la zona afectada.

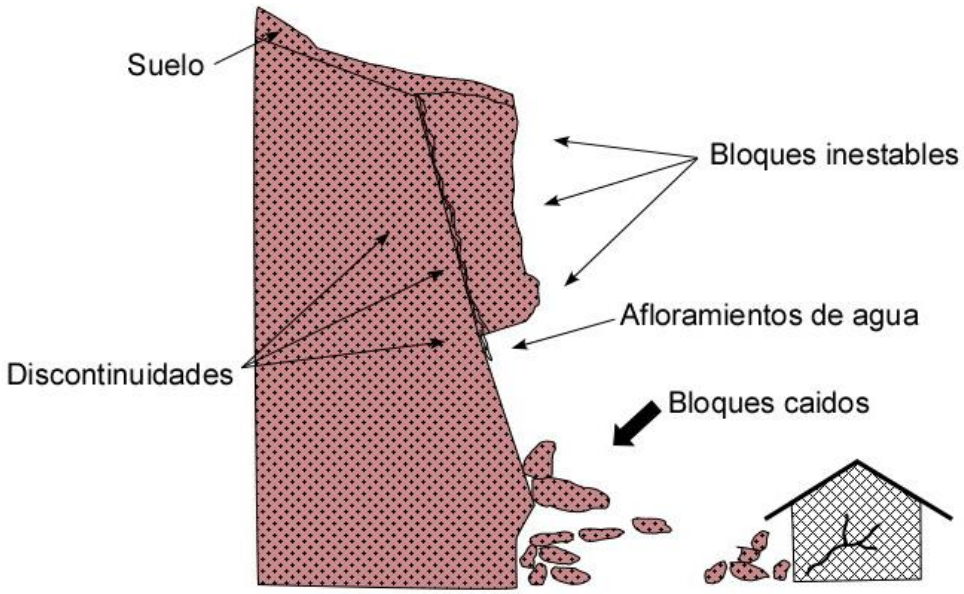



**Figura 23.** Esquema de un escenario donde se presenta Peligro por caída de bloques y los elementos expuestos.

## *C. Riesgo*

Se entiende por Riesgo la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores (CENAPRED, 2006).

El riesgo puede establecerse de forma cuantitativa y cualitativa, para este estudio se trabajo de forma cualitativa mediante el uso de una matriz de Peligro y Vulnerabilidad (DINAPRE, 2006), la cual involucra las variables ya antes mencionadas (ver apartado VI (Metodología General)). Esta matriz se basa en la combinación e interacción de estas dos variables según los tipos de escenarios que se presenten, es decir si se tiene un peligro alto y una vulnerabilidad muy alta, el Riesgo (R) será muy alto.

La importancia de contar con un mapa de Riesgo es identificar las zonas en donde, para un fenómeno con intensidad dada, las consecuencias del daño sean máximas, medias o mínimas

(CENAPRED, 2006). Así como contar con una herramienta que permita mejorar la toma de decisiones en relación con planes de desarrollo urbano, ya sea para reubicar localidades en riesgo o bien en las primeras etapas de obras de infraestructura.

## 2. Análisis de susceptibilidad a los procesos de remoción de masa

El fenómeno de inestabilidad de laderas es frecuente en zonas donde se tiene un relieve accidentado. Si bien es cierto que la ocurrencia de este fenómeno está en función de los factores internos de la ladera, como el tipo de roca y las condiciones estructurales del macizo rocoso; la presencia de factores externos o desencadenantes, tales como la incidencia de eventos naturales como lluvias extremas, así como diversos tipos de actividades antrópicas, como la generación de asentamientos humanos irregulares en zonas de montaña, contribuyen a acelerar los procesos de remoción en masas.

El fenómeno de remoción en masa o movimientos de ladera engloban diferentes tipos de procesos, tales como deslizamientos, flujos, caída de rocas, reptaciones, avalanchas y movimientos complejos, estos últimos resultan de la combinación de uno o más procesos (CENAPRED, 2006).

El Estado de Tamaulipas se ubica en una región donde se pueden generar este tipo de procesos, lo anterior en parte a la presencia de una de las cadenas montañosas más importantes en el país, como la Sierra Madre Oriental, la cual se distribuye en toda la parte suroeste del Estado.

De manera general las pendientes del terreno son indicadores de la presencia de este tipo de fenómenos, por lo anterior el mapa de pendientes del Estado muestra posibles zonas donde puede tener incidencia del desarrollo de algún tipo de inestabilidad, ya que entre mayor sea el grado de pendiente más probabilidades existen de la generación de los Proceso de Remoción de Masas (PRM), esto en conjunto con la combinación de los diferentes factores que intervienen en su generación.

El Estado de Tamaulipas comprende tres Provincias Fisiográficas, cada una presenta condiciones asociadas a la remoción de masas en forma diferente, en el caso de la Provincia Grandes Llanuras de Norteamérica, ubicada en la parte noroeste del Estado, no se presenta riesgo por inestabilidad de laderas debido a que no existen elevaciones significativas, sólo en algunos Municipios se pueden observar lomeríos de pendientes suaves, las cuales sobrepasan los 15º (Figura 24).

La Provincia Llanura Costera del Golfo Norte presenta dos tipos de topografía, por un lado extensas llanuras que se distribuyen principalmente a lo largo de la línea de costa, con una orientación noroeste – sureste. En este caso predominan pendientes menores a 15º, mientras que de manera puntual se observan pendientes mayores a 35º. Por otro lado dentro de esta Provincia se ubican dos discontinuidades que corresponden a las sierras San Carlos y Tamaulipas, donde se presenta la mayor concentración de inestabilidad debido a sus pendientes abruptas las cuales sobrepasan los 45º, llegando alcanzar los 90º en algunos sitios.

La provincia fisiográfica donde se registra una mayor problemática por fenómenos asociados a remoción de masas es la Sierra Madre Oriental, donde se tienen pendientes mayores a los 45º, en conjunto con una litología heterogénea, con altos índices de fallamiento y fracturamiento, lo cual incrementa la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, es decir, se trata de una zona de peligro alto.

En Tamaulipas se tiene registro de antecedentes de inestabilidad de laderas, que en gran medida han afectado diversas zonas de las principales vías de comunicación del Estado, lo que se traduce en zonas de peligro para los usuarios. Durante los recorridos de campo se constató la presencia de diferentes tipos de procesos de remoción en masa, entre los que destacan deslizamientos por falla plana, en cuña, caída de bloques en sus modalidades de volteo, rodamiento y desprendimiento.

De acuerdo a la metodología empleada por CENAPRED (2006), en su Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales, se tomó una serie de factores que contribuyen a la generación de los procesos de remoción en masa, mismos que se mencionan a detalle en el apartado

IV.1 (Metodología). La combinación de estos factores tanto topográficos, geotécnicos y morfológicos da como resultado cinco niveles de peligro, los cuales están en función de la suma del factor asignado a cada variable.

En caso de una zona de peligro alto representará las condiciones más críticas para que se presente un fenómeno asociado a remoción de masas, por el contrario un peligro muy bajo se considera cuando se tiene situaciones que favorecen a la estabilidad, por lo que las probabilidades que se genere un PRM son casi nulas.

En la Tabla 11 se muestra la distribución de los diferentes niveles de peligro por remoción de masas, expresados en área y porcentaje con respecto a la superficie total del Estado. De lo que se puede concluir que se tiene un mayor porcentaje de Peligro Medio equivalente al 2% de la superficie total del Estado cubriendo un área de 1,605 $Km^2$; mientras que en menor área, 154 $Km^2$, lo ocupa el nivel de Peligro Muy Alto que equivale al 0.19 %. Los niveles de peligro alto, bajo y muy bajo representan valores intermedios de distribución en área y porcentaje, mismos que pueden consultarse en la siguiente tabla.

**Tabla 11.** Niveles de peligro y su área de influencia con respecto a la superficie del Estado.

| ÁREA Y PORCENTAJE TOTAL ESTATAL POR NIVEL DE PELIGRO | | |
|---|---|---|
| **Nivel De Peligro** | **Área ($Km^2$)** | **Porcentaje Estatal (%)** |
| Muy Alto | 154.89 | 0.19 |
| Alto | 572.39 | 0.71 |
| Medio | 1605.15 | 2.00 |
| Bajo | 754.41 | 0.94 |
| Muy Bajo | 404.17 | 0.50 |
| **ÁREA TOTAL** | **3491.01** | **4.35** |

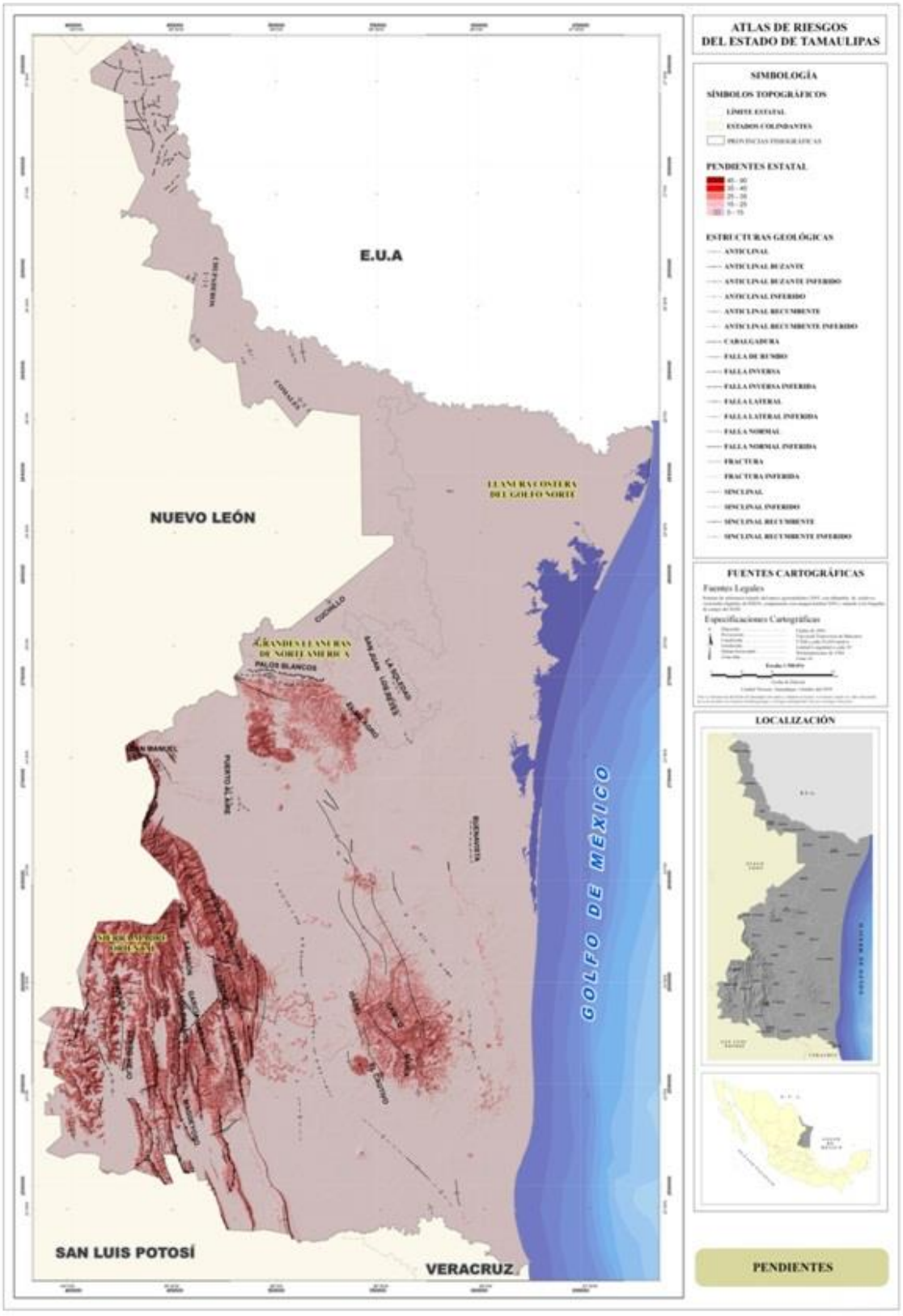



**Figura 24.** Mapa de Pendientes del Estado de Tamaulipas.

La importancia del estudio de procesos de ladera está determinada por el impacto que éstos pueden tener en la población, ya que el desarrollo de asentamientos humanos en sitios inadecuados o potencialmente inestables pone en riesgo la vida de los habitantes de dichas comunidades (Alcántara, 2002).

La distribución y ocurrencia de cada uno de los peligros por remoción de masas en el Estado de Tamaulipas se describen a continuación, destacando las condiciones para la generación de los mismos. Cabe mencionar que se citan ejemplos puntuales en diferentes zonas del Estado, lo anterior a fin de ejemplificar los factores considerados, así como de mostrar gráficamente la ocurrencia de los fenómenos asociados.

## *A. Peligro*

### *g) Deslizamientos*

Los deslizamientos son movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, sobre una o varias superficies de falla delimitadas por la masa estable o remanente de una ladera (CENAPRED, 2006). Por la forma de la superficie de falla, se distinguen en:

*Rotacionales:* Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava (forma de cuchara), definiendo un movimiento rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas con centro de giro por encima de su centro de gravedad.

*Traslacionales:* Deslizamientos en los que la masa de suelos y/o fragmentos de rocas se desplazan hacia afuera y hacia abajo, a lo largo de una superficie de falla más o menos plana, con muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo.

Como se mencionó anteriormente, las zonas montañosas son las más propensas a la generación de deslizamientos, es por eso que estos se registran en las partes más elevadas de Tamaulipas, en zonas con pendientes escarpadas que favorecen a los movimientos gravitatorios.

Para la zonificación por deslizamientos de falla plana ó deslizamientos traslacionales, se tomaron en cuenta los parámetros descritos a detalle en la metodología (apartado VIII.1), en este caso el factor determinante para que se generen este tipo de movimientos es la relación estructural, por lo que aún cuando todos los parámetros involucrados resulten desfavorables si no se cumplen las condiciones de que el buzamiento de la discontinuidad principal sea menor que el de la pendiente o talud, buze a favor de ella y que los rumbos entre estos sean paralelos o subparalelos ($\pm$ 20º), el movimiento resultante no será de tipo planar.

Con la finalidad de generar mapas de peligro por fenómenos geológicos, fueron verificados una serie de puntos es campo, de los cuales a continuación se mencionan algunos ejemplos o casos particulares.

En el Estado de Tamaulipas existen diversas estructuras, en su mayoría ubicadas en la Sierra Madre Oriental. Cuando presentan una estratificación paralela a su rumbo da como resultado escenarios muy favorables para los deslizamientos de tipo planar (Fotografía 2; Anexo II).

**Fotografía 2.** Deslizamiento planar sobre la Carretera Federal No. 101.

La Figura 25 muestra la distribución del peligro por Falla Plana, predominando la clasificación de peligro medio en la Sierra de San Carlos, donde se localizan los Municipios San Nicolás, Cruillas y San Carlos. La Figura 26 representa la distribución de los distintos niveles de peligro para la Sierra de San Carlos, donde predomina un tipo de peligro bajo, con influencia en los Municipios Soto la Marina, Casas, Aldama y parte de Llera y González.

Dentro de la Provincia de la Sierra Madre Oriental, ubicada en la región sureste del Estado, se han registrado antecedentes de deslizamientos, los cuales han afectado vías de comunicación, lo anterior se observa a lo largo de los cortes realizados para el trazo de la antigua y nueva carretera Ciudad Victoria-San Luis Potosí (Fotografía 3; Anexo II).

La topografía abrupta que presenta esta región en combinación con factores como el tipo de roca, en su mayoría compuestos de rocas calizas en estratos de mediano a masivos, hace propensa la zona a inestabilidad de laderas.

Uno de los puntos más representativos por este tipo de mecanismo de inestabilidad se ubica en la antigua carretera a San Luis Potosí, donde afloran rocas calizas en estratos ondulados de espesor mediano pertenecientes a la Formación Tamaulipas Inferior (ver apartado VII.9).

En este punto se levantó una estación estructural (punto de verificación en campo), donde se tomo el mayor número de datos estructurales a fin de representar las condiciones estructurales del macizo rocoso y definir el tipo de mecanismo de inestabilidad presente. Asimismo se tomó en cuenta las condiciones en las que se encontraban las discontinuidades, esto es, longitud, apertura, rugosidad, material de relleno, entre otros factores importantes para conocer su comportamiento geomecánico.

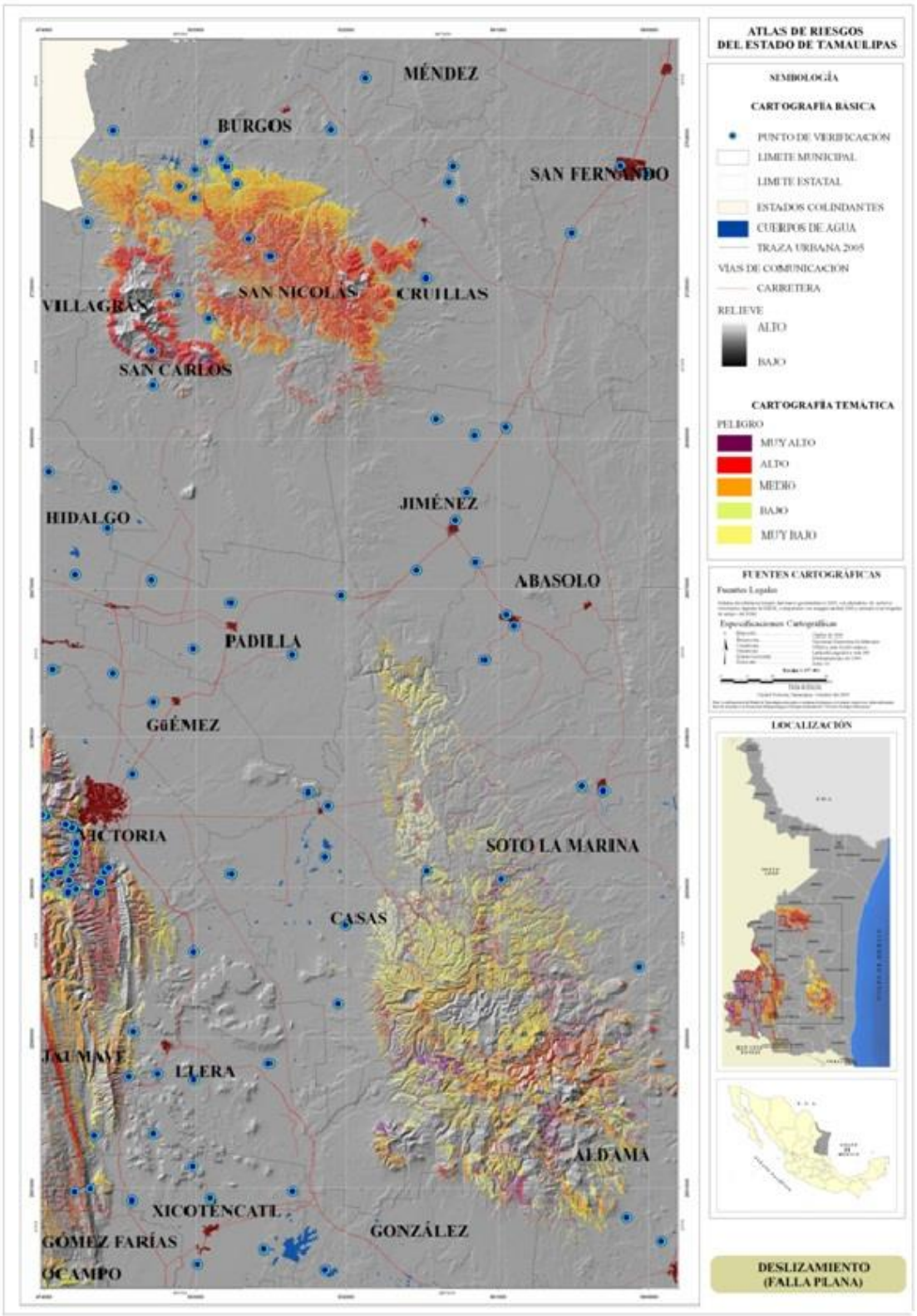



**Figura 25.** Zonificación de peligro por deslizamiento (falla plana) sierras de Tamaulipas y San Carlos.

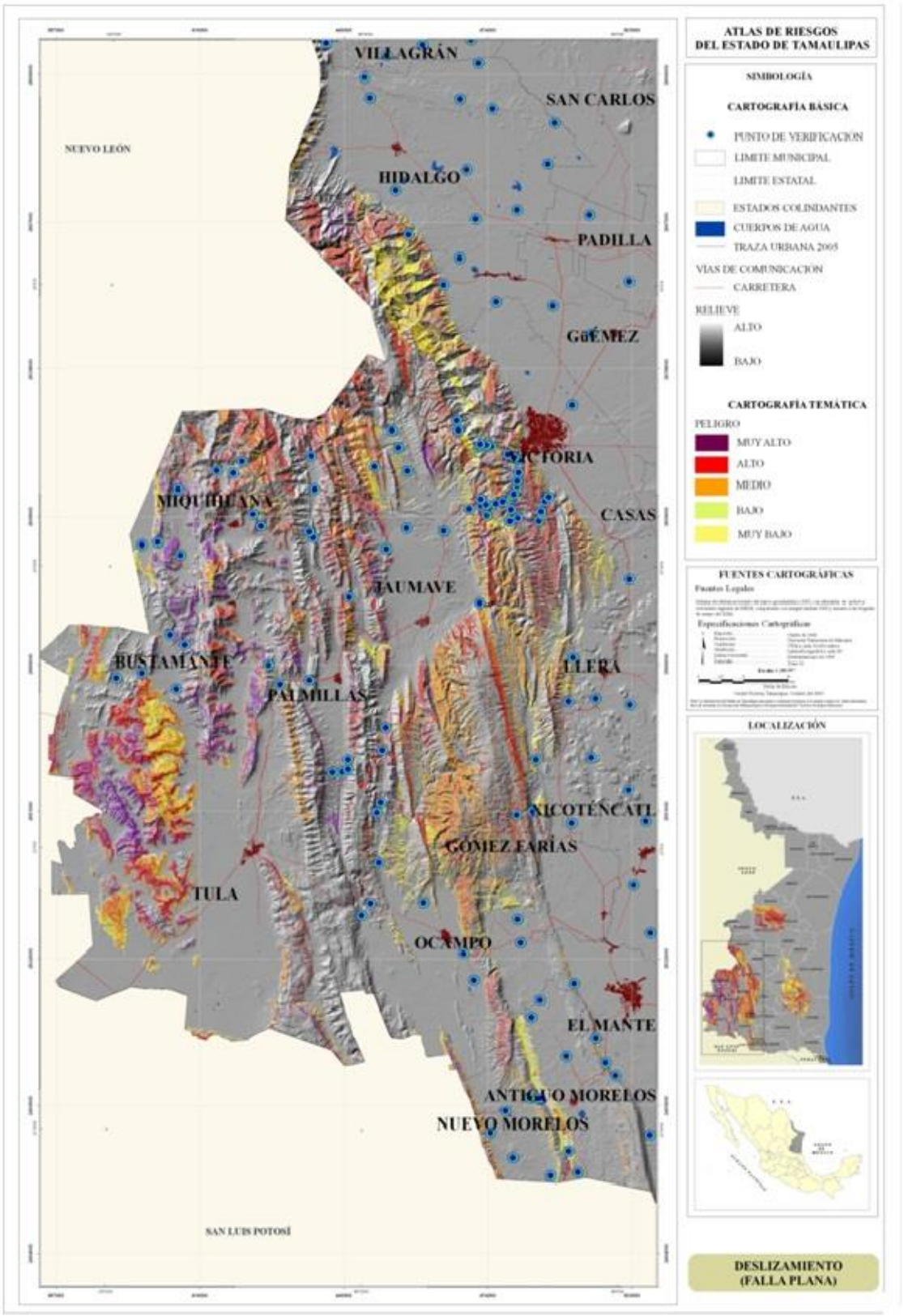
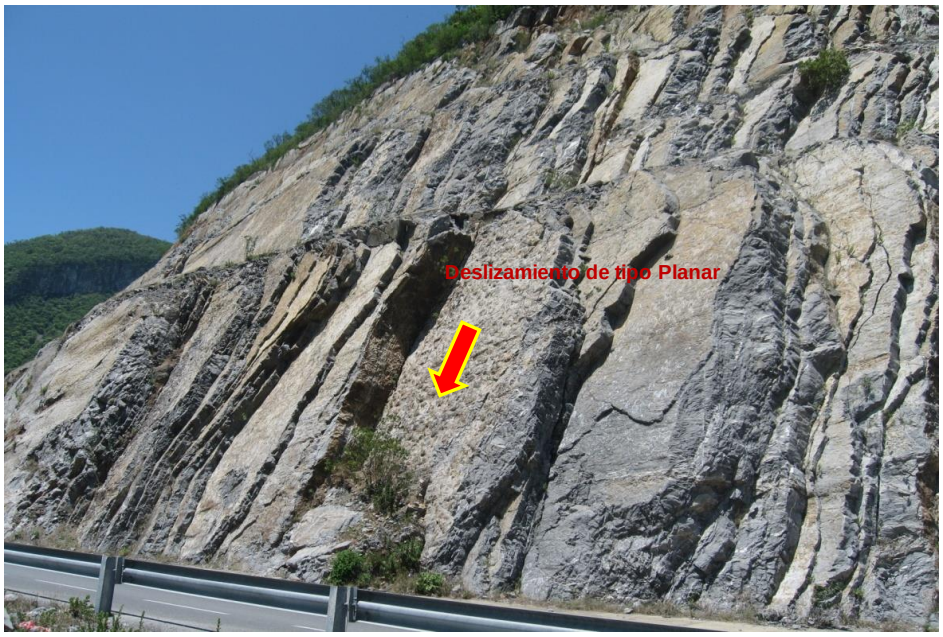



**Figura 26.** Zonificación de peligro por deslizamiento (falla plana) en la Sierra Madre Oriental.




**Fotografía 3.** Estratificación casi vertical con rumbo paralelo al trazo carretero.

Los datos estructurales tomados en campo se procesaron con ayuda del programa Stereonet, obteniendo un diagrama de densidades, tal como se muestra en la Figura 27a, en el cuál se definen cuatro familias de discontinuidades representadas por A= 304º/40º (estratificación); B= 120º/60º; C= 30º/80º y D= 60º/70º.

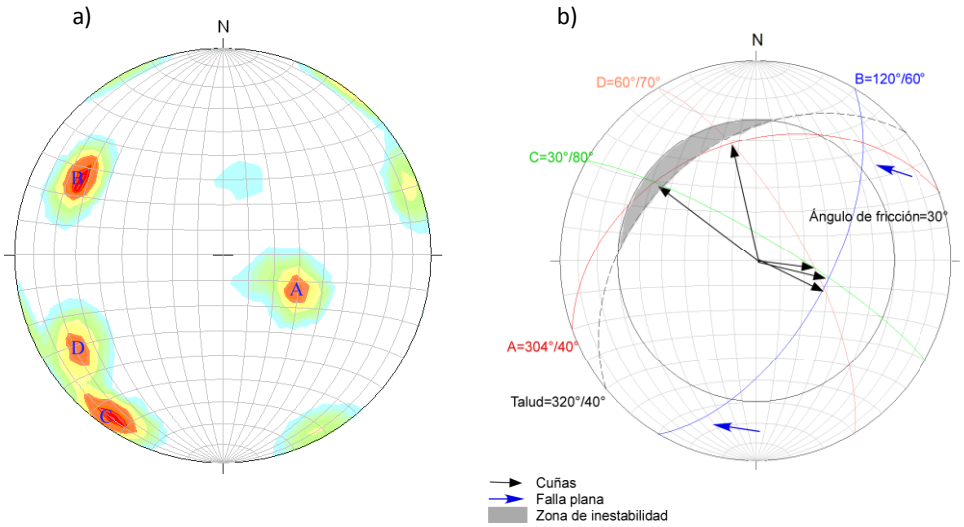



**Figura 27.** a) Diagrama de densidades b) Diagrama de ciclográfica ó círculos máximos.

En la Figura 27b se observa el diagrama que representa las ciclográficas de las cuatro familias que se obtuvieron del diagrama de densidades. El diagrama muestra que la familia A presenta un rumbo paralelo a la dirección del talud y su buzamiento es a favor de la cara del talud, lo que trae como consecuencia deslizamientos de tipo planares, las familias de discontinuidades C y D delimitan lateramente el tamaño de los bloques a deslizar, tal como se observa en la Fotografía 4, donde se tiene la presencia de bloques de dimensiones aproximadas de 6 $m^3$, que han afectado ó pudiesen afectar a la vía de comunicación a la altura de la localidad El Santuario del Camionero (Anexo II).

**Fotografía 4.** Deslizamiento planar sobre la antigua Carretera Ciudad Victoria-San Luis Potosí.

Para la región suroeste del Estado se identificaron zonas de posible afectación por deslizamiento de bloques, afectaciones de igual forma a las vías de comunicación que es donde se ven expuestas las discontinuidades y se presentan cortes desfavorables a la orientación de las discontinuidades. Un ejemplo de esto es el corte sobre la Carretera Estatal 66 (Tula – Ocampo), en el cuál su diagrama de densidades arroja un total de cuatro familias de discontinuidades A=255/48º, B=340/82º, C=1/58º y D= 199/72º (Figura 28a), en el diagrama de ciclográficas se ilustra el tipo de inestabilidad que se presenta en este punto, el cual corresponde a mecanismo de falla en cuña debido a las intersecciones entre el plano de estratificación A y uno de los sistemas principales de Fracturamiento C, la cuña que se forma de esta intersección buza a favor del talud el cual presenta una orientación de 291/65º (Figura 28b.).

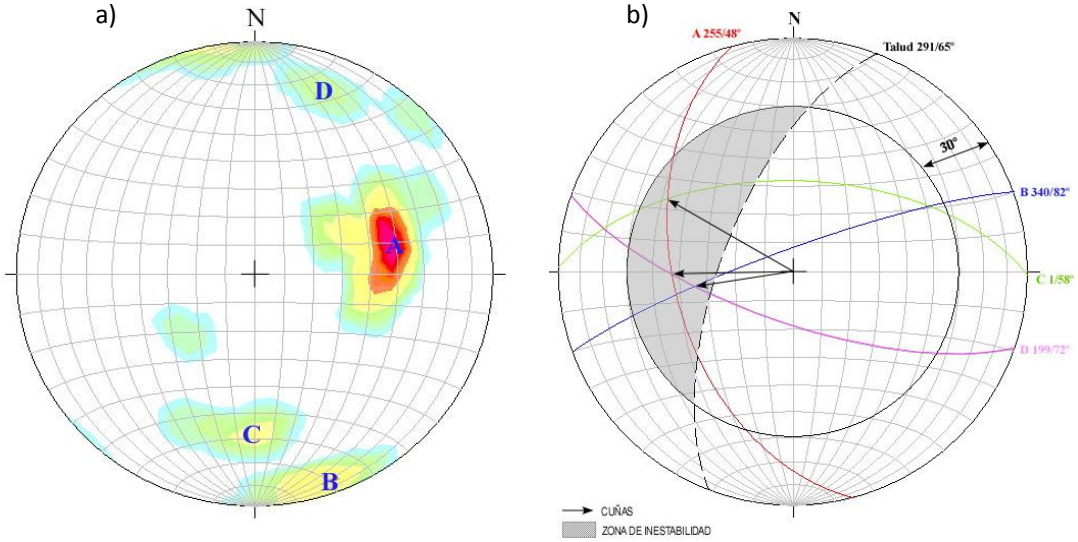



**Figura 28.** a) Diagrama de densidades b) Diagrama de ciclográfica ó círculos máximos.

En la Fotografía 5 se observa como la estratificación buza en dirección a la cara del talud, en la corona del Talud se observan cicatrices del material removido por gravedad. Sin embargo, el mecanismo de inestabilidad cambia al tomarse en cuenta los demás planos de discontinuidad para formar cuñas de dimensiones variables (Anexo II).

**Fotografía 5.** Deslizamiento planar. Carretera Ciudad Victoria-San Luis Potosí.

La distribución de ocurrencia de la zona de peligro por deslizamientos calculada en área ($Km^2$) se muestra en la Tabla 12, donde destaca que una superficie de 764 $Km^2$ corresponde a un nivel de peligro medio, mientras que en menor cobertura se presenta el nivel de peligro muy alto, el cual se distribuye cubriendo una superficie de 54 $Km^2$.

**Tabla 12.** Nivel de peligro y el área que cubre en el Estado.

| NIVEL DE PELIGRO | ÁREA ($KM^2$) |
|---|---|
| Muy Alto | 54.64 |
| Alto | 187.81 |
| Medio | 764.63 |
| Bajo | 195.42 |
| Muy Bajo | 122.77 |
| **ÁREA TOTAL** | **1325.27** |

A fin de conocer a detalle la zonificación de peligro por deslizamiento, se recomienda al lector consultar el Sistema de Información Geográfica, así como los Atlas de Riesgo Municipal, donde es factible visualizar el grado de susceptibilidad para cada comunidad, tal es el caso de la zonificación de peligro al oriente de Ciudad Victoria, de este modo y en función de la traza urbana actual, así como del programa de crecimiento de la Ciudad, se podrá optimizar la planeación urbana considerando la zona de afectación definida en este Atlas de Riesgo.

### *h) Caída de bloques*

Los caídos o derrumbes son desprendimientos violentos de suelos y de fragmentos asilados de rocas que se originan en pendientes fuertes y acantilados, por lo cual el movimiento es prácticamente de ciada libre, rodando y rebotando. Las caída de bloques puede ser de dos formas, por medio de desprendimientos o volteos; la primera es un movimiento de caída de suelo producto de la erosión o de bloques rocosos debido a discontinuidades estructuras (grietas, planos de estratificación o fracturamiento) proclives a la inestabilidad; la segunda por caída de bloques rocosos con dirección hacia adelante, propiciado por la presencia de discontinuidades estructurales (grietas de tensión, formaciones columnares, fracturas, fallas, diaclasas) (CENAPRED, 2006).

El fenómeno se presenta con una mayor frecuencia en zonas serranas, con laderas abruptas, desde las cuales se desprenden bloques de distintos tamaños, los cuales por la pendiente continúan descendiendo por reptación bajo influencia de la gravedad. Los derrumbes son más peligrosos, sobre todo en regiones de alta montaña, pueden desplazar grandes volúmenes de rocas que desciendan a gran velocidad hacia los valles y cañadas, arrastrando consigo vegetación y en algunos casos fragmentos de construcción.

En el Estado de Tamaulipas el fenómeno de caída de bloques se presenta con mayor frecuencia al centro y sur, lo anterior por la presencia de sierras que a su vez pertenecen a la Sierra Madre Occidental, la cual se caracteriza por presentar rocas sedimentarias estratificadas, plegadas, fracturada y falladas; rocas que por su edad, litológica y procesos erosivos resultan estar intemperizadas de forma química y física, acelerando los caídos de bloques.

A fin de zonificar el peligro por caída de bloques fueron tomados en cuenta varios factores: datos de campo, tipo de roca, vegetación, sistemas de discontinuidades, estructuras geológicas y pendientes, entre otras. Con base a estas variables se realizó una sobreposición de mapas temáticos, donde se obtiene de la sumatoria de cinco grados de peligros; muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

Cabe mencionar que la descripción de las zonas de peligro, a través de levantamiento de sitios puntuales, se hace con la finalidad de mostrar los efectos del fenómeno, así como una serie de datos que se levantaron durante la verificación de campo. A fin de consultar con mayor detalle las zonas de peligro por caída de bloques, se sugiere operar el Sistema de Información, logrando así conocer a detalle la zonificación y su relación con los principales centros urbanos y vías de comunicación.

La mayor parte del Estado de Tamaulipas presenta pendientes suaves, sobre todo en las zonas norte y costera, mientras que en la zona centro-sur se caracteriza por tener pendientes altas, es precisamente en esta zona donde se identificaron tres regiones donde predomina el movimiento de masas en forma de caída de bloques: dos situadas en la Provincia Llanuras costera del Golfo de México, y una en la Sierra Madre Oriental, las cuales a continuación se describen de una manera breve.

En la región centro-norte del Estado, específicamente en los Municipios San Carlos, San Nicolás, Cruillas y Jiménez, afloran rocas sedimentarias clasificadas como lutitas y calizas, estratificadas y fracturadas, de igual forma rocas ígneas de tipo diorita-sienita, afectadas por lineamientos con dirección preferente noreste-suroeste, donde se identificaron diferentes tipos de peligro, predominando el peligro muy alto en zonas montañosas (Figura 29).

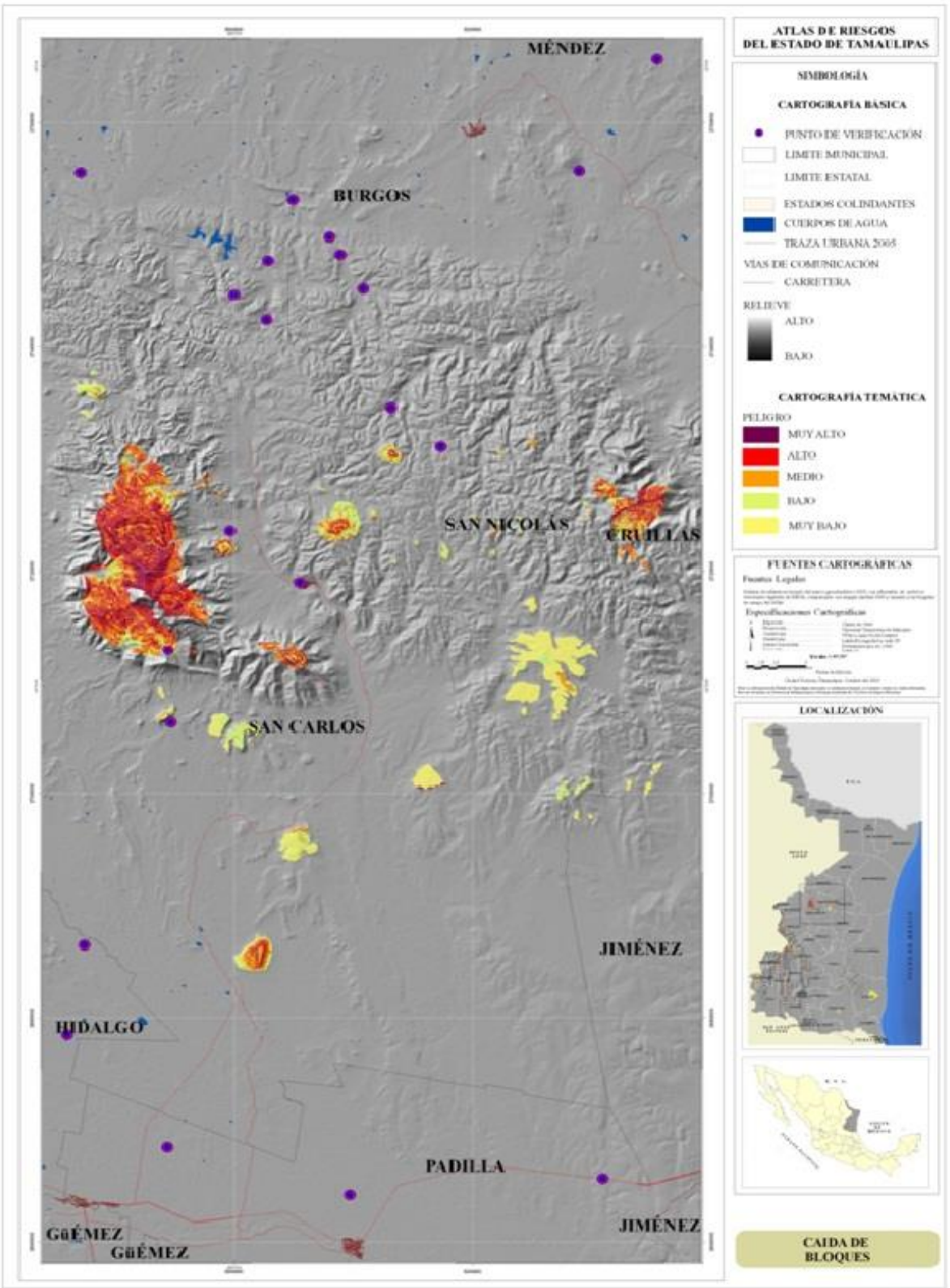
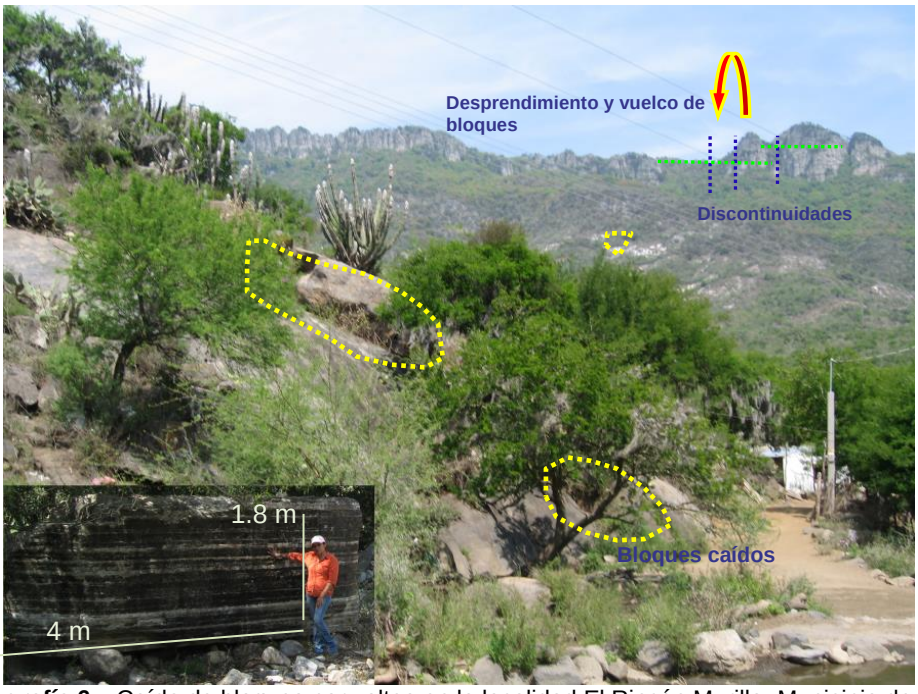



**Figura 29.** Zonificación de peligro por caída de bloques en la región centro-norte del Estado de Tamaulipas.

Referente a caída de bloques, en la Fotografía 6 se ilustra un ejemplo de bloques caídos cerca a la localidad El Rincón Murillo, en el Municipio de San Carlos. Las rocas corresponden al tipo diorita-sienita, donde se registran pendientes mayores a los 45º en la zona de pie de monte, cabe mencionar que su inclinación se incrementa hasta llegar a los 90º.

En este caso los desprendimientos rocosos son resultado de grietas o fracturas que cruzan de forma perpendicular y paralela a la pendiente, formando bloques columnares provocando que los desprendimientos caigan por efecto de la gravedad, una vez desprendidas y volcados, algunas pueden permanecer en el lugar y otras por la pendiente seguir rodando hasta llegar a pie de monte, observándose un volumen aproximado de 8 m³, situados cerca a caminos de terracería y a viviendas.




**Fotografía 6.** Caída de bloques por volteo en la localidad El Rincón Murillo, Municipio de San Carlos.

La segunda región se encuentra al sureste del Estado, en los Municipios de Casas, Llera, González, Aldama, Altamira y Tampico, gran parte conformada por rocas sedimentarias estratificadas de tipo caliza-lutita y areniscas-lutitas, para la porción de la Sierra de Tamaulipas afloran rocas de tipo granodiorita-monzonita, grabo-diabasa y basaltos. La intensidad de fallas y fracturas toman un rumbo preferencial de noroeste-suroeste, con pendientes entre 30 a 35º, presenta vegetación de moderada a intensa de tipo mezquital y matorral espinoso tamaulipeco. Con base a estas variables se calculó peligro de medio a muy bajo, para las zonas de pendientes suaves, mientras para la sierra resultó peligro de medio a muy alto (Figura 30).

En la porción sureste del Estado las pendientes tienden a ser suaves, en la zona urbana del Municipio de Tampico, en la colonia Obrera, se manifestó movimiento de caída de bloques por desprendimiento de roca, esto debido a que la zona de talud tiene una inclinación vertical, donde el tipo de roca que aflora es de tipo arenisca-limolita, altamente intemperizada y fracturada, estas rocas están semiconsolidadas y con poca vegetación. Como se puede observar en la Fotografía 7, los bloques presentan dimensiones variables con un volumen aproximado a 4 m³, acumulándose en la base del talud. Cabe mencionar que en esta colonia se presenta una escuela de nivel preescolar en zona de peligro por caída de bloques.

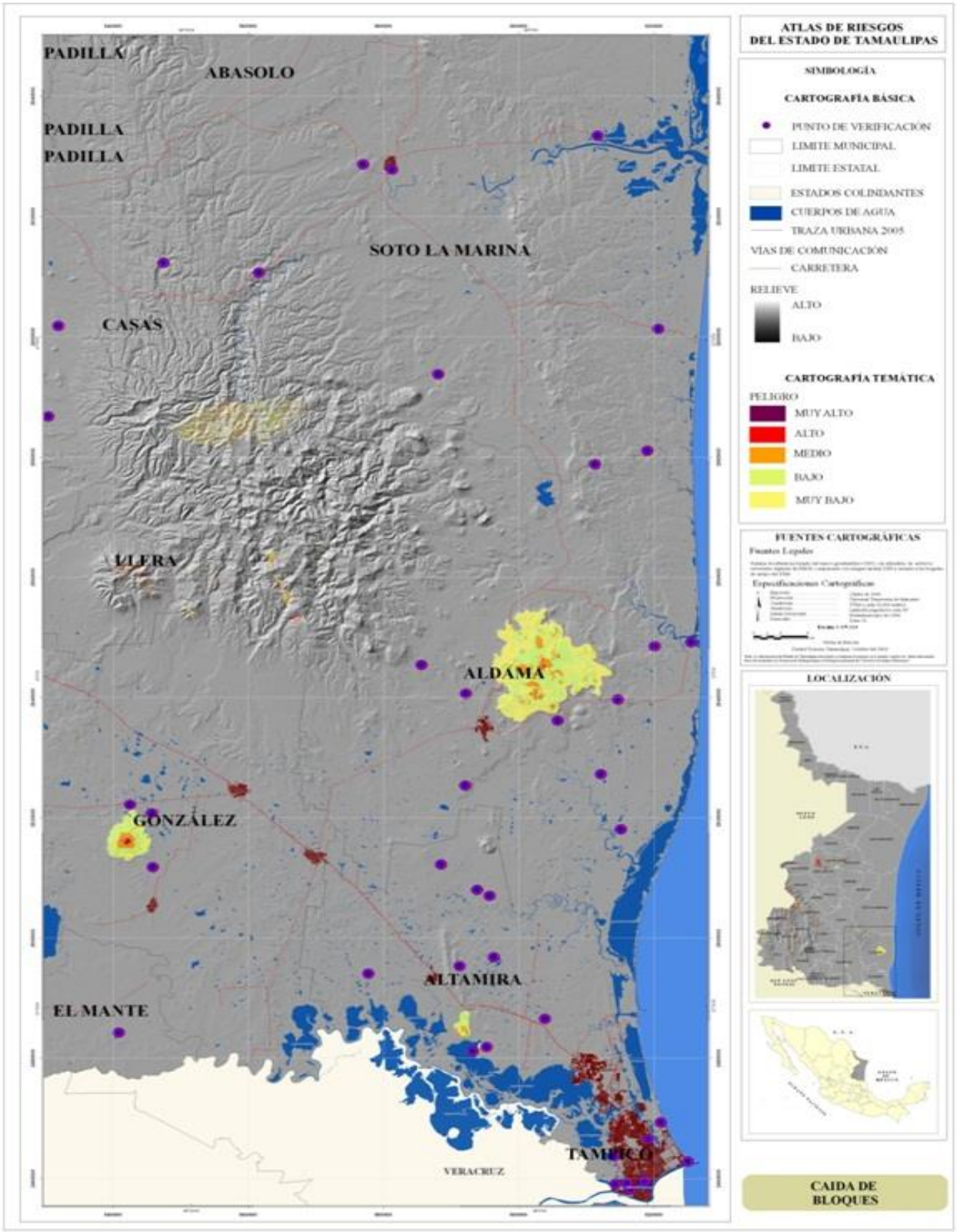



**Figura 30.** Zonificación de peligro por caída de bloques al sureste de Tamaulipas.

**Fotografía 7.** Bloques caídos por derrumbe, colonia Obrera, Municipio de Tampico.

La tercera región corresponde a la zona suroeste del Estado, en los Municipios Hidalgo, Jaumave, Llera, Gómez Farías, Ocampo, Tula, Palmillas, Bustamante, Miquihuana y Ciudad. Victoria, donde la mayor parte están conformadas por rocas calizas-dolomías, calizas y lutitas-margas, en su mayoría se presentan en planos de estratificación falladas y plegadas con rumbo preferente de noroeste-sureste, con pendientes en promedio de 60º. Las rocas metamórficas como el gneis y los esquistos también presentan planos de foliación, los cuáles actúan como discontinuidades para la inestabilidad de laderas con vegetación intensa. Al realizar la combinación estas variables, se obtuvo los diferentes grados de peligro con predominancia de medio a alto (Figura 31).

Las afectaciones de los bloques caídos se observaron en vías de comunicación, caso de la carretera antigua Ciudad Victoria-San Luis Potosí, a la altura de la localidad Santa Elena, Municipio de Ciudad. Victoria (ICV10, punto de verificación, (Anexo II)), en este caso los estratos de rocas caliza presentan espesores variables de a 0.5 a 1.5 m, con un rumbo azimutal de 304º y una inclinación de 40º, la pendiente del talud es de 75º con rumbo de 270º y longitud de hasta 70 m, las discontinuidades principales como las fracturas son casi paralelas y otras perpendiculares a la inclinación del talud provocando el corte de los estratos de la caliza, los cuales por gravedad e inclinación del talud son desprendidos y situados sobre la carretera (Fotografía 8).

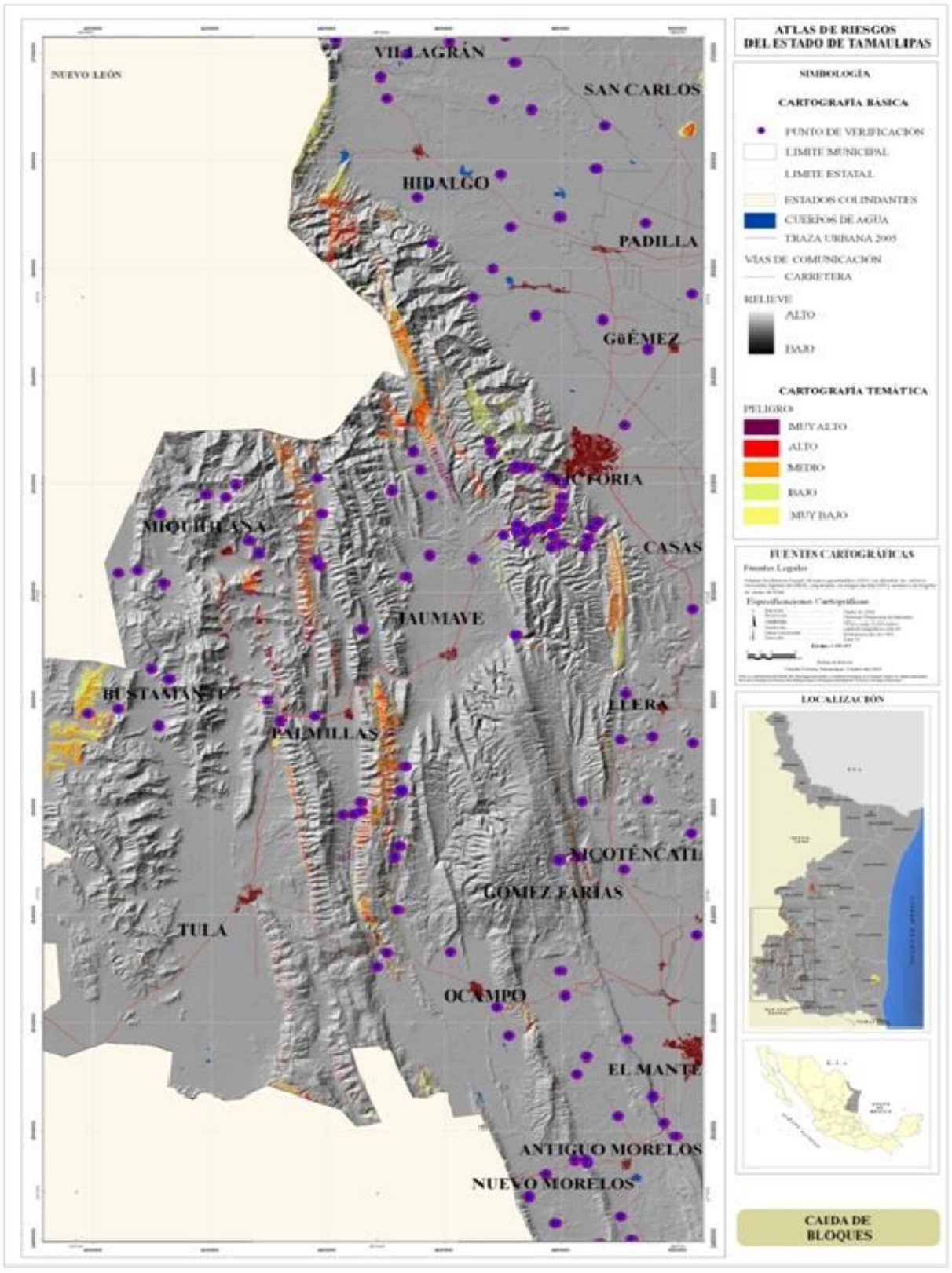
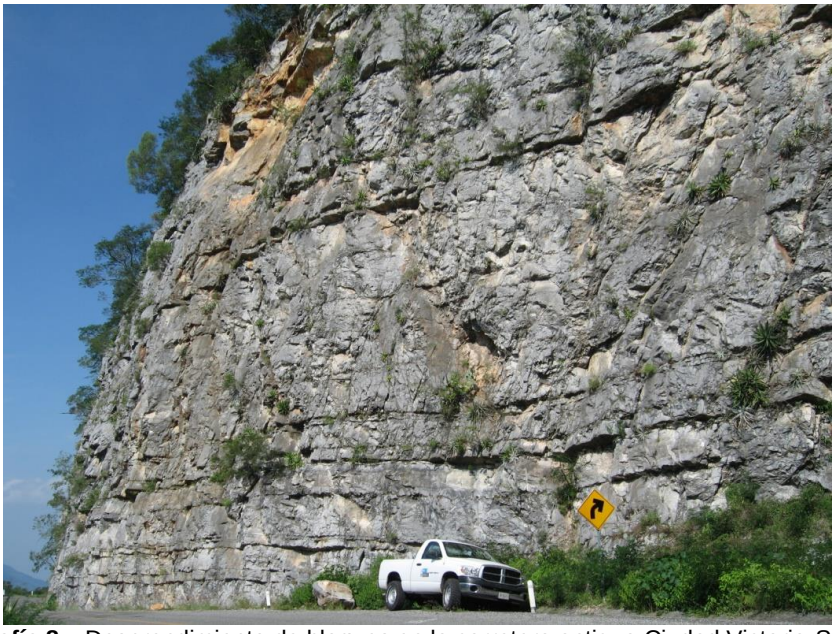



**Figura 31.** Zonas de peligro por bloques caídos en la región suroeste del Estado de Tamaulipas.



**Fotografía 8.** Desprendimiento de bloques en la carretera antigua Ciudad Victoria-San Luis Potosí.

Can base a los datos estructurales del talud, el manejo de estereogramas de polos y ciclográficas (Figura 32) se obtuvo el comportamiento de la inestabilidad del talud de los bloques caídos. Para mayor de talle de puntos verificados en los Municipios, consultar sección de Anexo II.

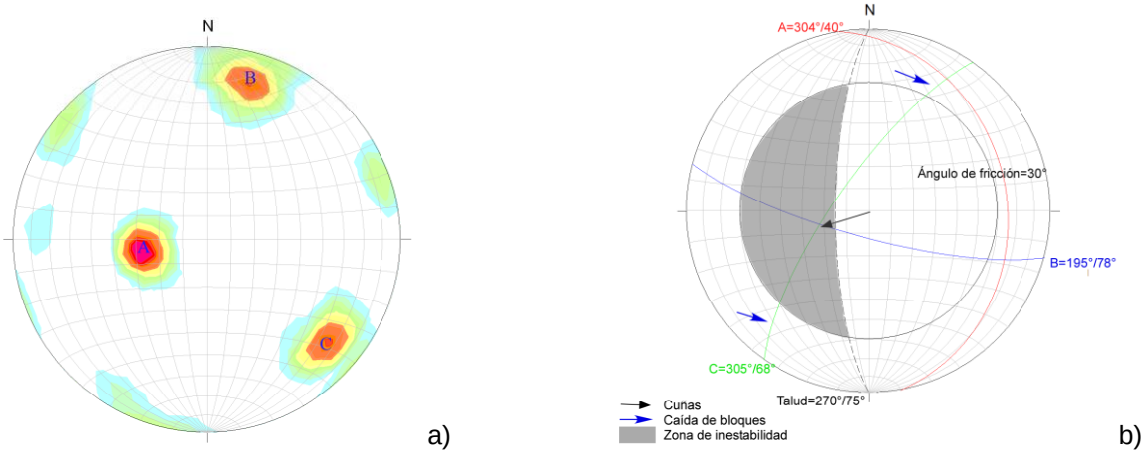



**Figura 32.** Estereogramas de polos a) y ciclográficas b) del punto de verificación ICV10.

Con base a los diagramas mencionados, se calculó tres grupos de discontinuidades principales donde los rumbos e inclinación son de A=304º/ 40º, B=195º/78º y C=305º/68º. El grupo de discontinuidad C, corta al talud con inclinación de 68º, el grupo A es paralela al corte del talud y otro grupo de fracturas B corta perpendicular al talud. Estos cruces de discontinuidades y el efecto de la gravedad, además de los diversos factores ya mencionados, provocan desprendimientos en cuñas y caída de bloques (Fotografía 8).

Debido a las características geomorfológicas, litológicas, geomecánicas, así como la vegetación y pendientes, en Tamaulipas se tienen un área total de 923 $Km^2$ en peligro por caída de bloques, en el caso del nivel de peligro muy alto abarca una superficie 72 $Km^2$ correspondiendo a sólo un 0.09 % de la

superficie estatal, mientras que el grado de peligro muy bajo 165 Km$^2$ representa sólo un 0.21 % (Tabla 13).

Cabe mencionar que a fin de consultar a detalle la zona de peligro por remoción de masas, así como la infraestructura expuesta, se recomienda al lector consultar el Atlas de Riesgo Municipal, así como el Sistema de Información Geográfica.

**Tabla 13.** Superficie en peligro por caída de bloques.

| NIVEL DE PELIGRO | ÁREA EN KM$^2$ | PORCENTAJE ESTATAL |
|---|---|---|
| Muy Alto | 72.30 | 0.09 |
| Alto | 174.22 | 0.22 |
| Medio | 264.30 | 0.33 |
| Bajo | 247.65 | 0.31 |
| Muy Bajo | 165.19 | 0.21 |
| **Área Total** | **923.66** | **1.15** |

### *i) Flujos*

Son movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, donde sus partículas, granos o fragmentos, tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie determinada (CENAPRED, 2006).

Las condiciones necesarias para que se generen este tipo de movimientos están estrechamente ligadas al tipo de material de la fuente, es decir, al macizo rocoso. Generalmente se da en suelos o en formaciones rocosas muy intemperizadas que se comportan como suelo residual. De igual forma el contenido de agua juega un papel importante para la ocurrencia de los Flujos, esto es al saturarse las partículas que se mantienen unidas por la cohesión tienden a perder estabilidad y movilizarse.

En el Estado de Tamaulipas se presenta este tipo de fenómeno en áreas y condiciones bien definidas, es decir, las zonas donde se genera inestabilidad por flujos se ubica en la zona que comprende la Provincia Costera del Golfo Norte.

Para la zonificación por flujos se tomaron en cuenta los factores mencionados a detalle en el apartado IV.1, correspondiente a la metodología, tal es el caso de la pendiente, diferencia de altura, vegetación y tipo de litología. En este caso no se tomo en cuenta el factor de la relación existente entre la ladera y la discontinuidad, esto debido a que en la mayoría de los casos no se conto con un dato estructural que definiera esa relación, además que en un movimiento de masa en forma de flujo no se presenta un plano de discontinuidad definido, sino que la masa, generalmente viscosa por el contenido de agua, se mueve a favor de la pendiente natural del terreno. En este caso, se le dio un valor más alto a la clasificación del tipo de roca con base a su grado de alteración.

Como se menciono anteriormente, la zonificación permitió definir dos áreas de peligro por la ocurrencia de de flujos. Por un lado en la región suroeste del Estado, en las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental, se ubican mesetas de composición basáltica abarcando los Municipios de Güémez, Llera, Casas y Xicoténcatl (Figura 33). Cabe mencionar que aunque el basalto en estado sano es resistente, en esta área se le encuentra meteorizado y con un fracturamiento intenso, al grado que no se observan diaclasas (Fotografía 9). En este punto las pendientes varían de ser muy suaves y menores a los 25º en la base de la estructura, a abruptas hacia la cima. Como se puede observar en la Figura 33 aunque las mesetas presentan una vegetación moderada, este parámetro no es suficiente para estabilizar la estructura ya que las zonas donde se presentan los flujos se encuentran ya desprovistas de vegetación,

lo que puede indicar que sus raíces no son profundas y es más condicionante el grado de pendiente en esta zona.

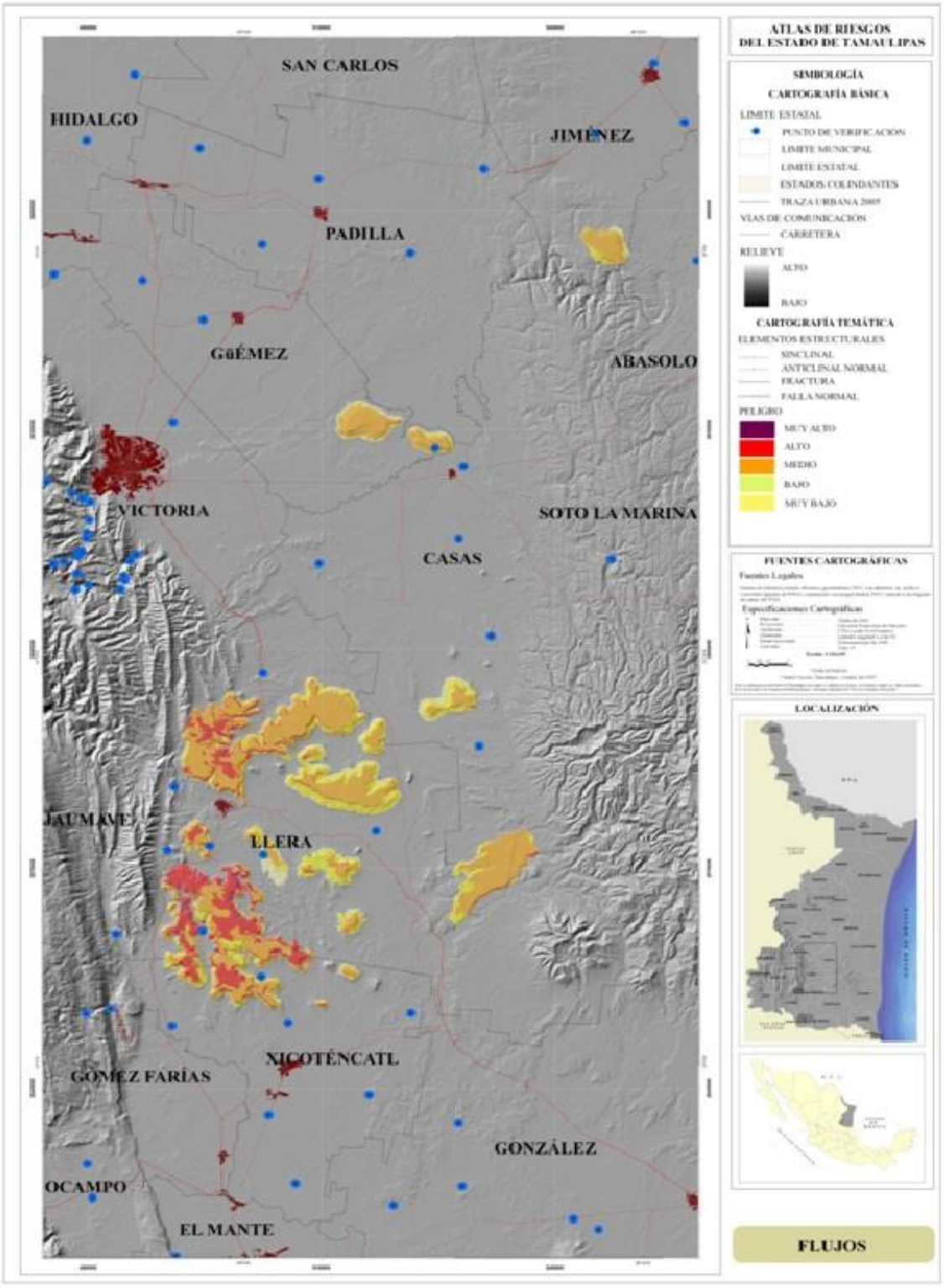



**Figura 33.** Zonificación de movimientos de flujos en mesetas de composición basáltica al Suroeste del Estado.

**Fotografía 9.** Flujos en mesetas dentro del Municipio de Llera.

Mediante la verificación de campo, en particular la referida a recorridos en helicópteros, se pudo constatar que la mayoría de las mesetas presentan inestabilidad por flujo de detritos y en algunos casos se trataba de bloques de mayores dimensiones (Fotografía 10).

**Fotografía 10.** Detalle del tamaño de los bloques basálticos, Municipio de Güémez.

Otro tipo de inestabilidad por flujos se presenta hacia la región costera de Tamaulipas (Figura 13), en este caso la composición del material está relacionada a rocas sedimentarias clásticas de las formaciones Mesón, Palma Real y Velasco, las cuales se distribuyen en los Municipios Abasolo, Soto la Marina, Aldama, Altamira y Tampico.

Este último Municipio (Tampico) presenta una problemática dentro del punto de vista de peligros geológicos, debido a que adicionalmente es susceptible a embates meteorológicos extraordinarios (caso de huracanes), cuando ocurren prolongados periodos de lluvia tiende a presentarse el fenómeno de remoción de masas en su modalidad de flujo de detritos. Caso particular resulta una zona de inestabilidad de ladera sobre la calle Torreón, donde en el mes de Julio del 2008 se visitó y cartografío una zona de alto peligro a la ocurrencia de fenómenos de remoción de masas y en una visita posterior, en octubre de 2008 ya se había presentado la remoción de masas (Fotografías 11 y 12).

**Fotografía 11.** Zona de alto peligro a la ocurrencia de flujo de detritos.

**Fotografía 12.** Flujo de detritos en el Municipio de Tampico.

Lo anterior se debe la poca compactación del material de la Formación Mesón, constituida por areniscas y limolitas, las cuales al saturarse reducen la cohesión entre las partículas, lo que ocasiona que la masa se deslice y llegue a afectar obras de infraestructura, ya sean vías de comunicación ó casas habitación.

La incidencia de flujos de detritos en el Estado de Tamaulipas se resume en la Tabla 14, donde se muestra la superficie que cubre cada uno de los diferentes niveles de peligro. Cabe mencionar que al igual que en otros fenómenos naturales descritos en este apartado, se recomienda al lector consultar el Sistema de Información Geográfica, donde encontrará información con un mayor detalle, tal es el caso de las zonas de influencia en el Estado y su relación con los principales centros de población.

**Tabla 14.** Nivel de peligro y su área de cubrimiento.

| NIVEL DE PELIGRO | ÁREA ($KM^2$) |
|---|---|
| Muy Alto | 27.95 |
| Alto | 210.36 |
| Medio | 576.22 |
| Bajo | 311.34 |
| Muy Bajo | 116.21 |
| **ÁREA TOTAL** | **1242.08** |

## *A. Riesgo*

El impacto de los procesos de inestabilidad de laderas es muy variado; incluye la pérdida de vidas humanas, la generación de daños materiales cuantiosos, y la interrupción de caminos y líneas de transmisión, etc., es por eso que cobra importancia el estimar la vulnerabilidad, es decir, el grado de exposición en función de vidas o bienes materiales, pérdida de vidas o grado de daños de los elementos expuestos, para esto es necesario que se definan las interacciones entre el fenómeno y los elementos expuestos a fin de establecer funciones de daño (CENAPRED, 2006).

Para establecer el costo de infraestructura expuesta, se consideró la información del costo unitario por vivienda que manejan las AGEB's, proporcionado por INEGI (2005), así como el número de viviendas expuestas en la zonificación de los diferentes grados de peligro, según los cuales se les asigno un índice de vulnerabilidad que va de 0 a 1, donde este último representa pérdida total.

En la Tabla 15 se muestra la relación de los elementos expuestos en una zona urbana en función de los diferentes tipos de peligro. Para el caso de peligros Geológicos sólo se tienen afectaciones en dos de las 43 cabeceras municipales, las cuales corresponden a Ciudad Victoria y Tampico, debido a que el resto de las zonas urbanas se ubican lejos de la zona montañosa, región más propensa a la generación de procesos de inestabilidad de laderas.

A continuación de citan ejemplos donde se estimaron costos en función de los bienes materiales expuestos. Caso de la Ciudad de Tampico, donde se localiza una colonia en zona de peligro por caída de bloques, con una población de 1,249 habitantes distribuidos en 361 viviendas, en las cuales predominan las clasificaciones de vivienda tipo III y IV. Dado lo anterior y de acuerdo a la Tabla 5, se tiene un costo de infraestructura expuesta de $83´520,000.00. Cabe mencionar que se está considerando un escenario con probabilidades escasas de ocurrir, es decir, la cantidad será representativa si todas las viviendas sufriesen afectación en un mismo evento, sin embargo a partir de lo anterior se puede establecer el costo expuesto por vivienda, de tal forma que se pueda particularizar en el caso que sea afectada una zona de dimensiones menores a la manzana.

En Ciudad Victoria se tiene un total de 44 colonias ubicadas en zona de peligro por caída de bloques y flujos de detritos, las cuales representan una población total expuesta de 18,344 habitantes. En la Tabla 15 se encuentran datos desglosados por tipo de vivienda y el costo por infraestructura expuesta. Cabe resaltar que la mayor cantidad expuesta está representada por el fenómeno de deslizamientos, con $359'970,000.00, donde las cifras están dadas en base a la probabilidad de ocurrencia de un movimiento de remoción de masa que llegará a afectar todos los bienes en exposición y no en base a datos puntuales, debido a que no se cuenta con las herramientas necesarias para llegar a ese nivel de detalle.

Para establecer el nivel de riesgo al que se encuentran expuestas las viviendas fue necesario adaptar las AGEB`S a la tipología de vivienda establecida por CENAPRED (2006), a fin de asignarles un grado de vulnerabilidad, mismos que se combinaron con la magnitud de peligro en la matriz de Peligro y Vulnerabilidad (DINAPRE, 2006).

La Tabla 16 representa la cantidad de viviendas y población que se encuentran en riesgo para los Municipios, donde se tiene incidencia de peligros geológicos por remoción de masas. Para el Municipio de Tampico se tienen 874 viviendas en riesgo, de las cuales 404 se encuentran en riesgo alto, esto englobando los dos tipos de procesos de remoción de masas que se presentan en el Municipio.

**Tabla 15.** Vivienda y población expuesta a los procesos de remoción en masa en zonas urbanas.

| TIPO DE PELIGRO | MUNICIPIO | No. COLONIA | POBLACIÓN TOTAL | No. VIVIENDAS | TIPO | COSTO POR No. DE VIVIENDA | INDICE DE VULNERABILIDAD POR VIVIENDA | | | | | COSTO DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 1 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | |
| CAIDA DE BLOQUES | TAMPICO | 1 | 1174 | 341 | III | 102,300,000.00 | 129 | | 212 | | | 76,860,000.00 |
| | | | 75 | 20 | IV | 9,000,000.00 | 7 | | 12 | | | 6,660,000.00 |
| FLUJOS | | 11 | 2595 | 452 | III | 208,200,000.00 | 238 | 1 | 455 | | | 153,540,000.00 |
| | | | 217 | 61 | IV | 27,450,000.00 | 30 | | 31 | | | 21,870,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | VICTORIA | 34 | 727 | 194 | I | 2,225,000.00 | 60 | 108 | | 26 | | 1825000.00 |
| | | | 1526 | 411 | II | 74,196,500.00 | 1148 | 190 | | 73 | | 46,685,100.00 |
| | | | 8182 | 1949 | III | 1,365,000,000.00 | 281 | 839 | | 829 | | 359,970,000.00 |
| | | | 78 | 16 | IV | 7,200,000.00 | | 16 | | | | 540,000.00 |
| FLUJOS | | 10 | 74 | 19 | II | 2,859,500.00 | | | 19 | | | 1,715,700.00 |
| | | | 7374 | 1825 | III | 547,500,000.00 | | 69 | 1756 | | | 332,640,000.00 |
| | | | 383 | 92 | IV | 43,200,000.00 | | | 92 | | | 25,920,000.00 |

En el caso de Ciudad Victoria, el número de viviendas afectadas por deslizamientos y flujos es de 4,506, predominando el riesgo medio en 2,772 casas, mientras que en riesgo muy alto se encuentra un total de 1,316 casas.

**Tabla 16.** Riesgo por Procesos de Remoción en Masa en zonas urbanas.

| TIPO DE PELIGRO | MUNICIPIO | POBLACIÓN TOTAL | No. VIVIENDAS | TIPO DE VIVIENDA | RIESGO | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | MA | A | M | B |
| CAIDA DE BLOQUES | TAMPICO | 75 | 20 | IV | | 7 | | 12 |
| | | 1,174 | 341 | III | | 129 | 212 | |
| FLUJOS | | 2,595 | 452 | III | | 238 | 456 | |
| | | 217 | 61 | IV | | 30 | | 31 |
| DESLIZAMIENTOS | CD. VICTORIA | 727 | 194 | I | 168 | 26 | | |
| | | 1526 | 411 | II | 1,148 | 190 | 73 | |
| | | 8,182 | 1,949 | III | | 281 | 839 | 829 |
| FLUJOS | | 78 | 16 | IV | | | 16 | |
| | | 74 | 19 | II | | | 19 | |
| | | 7,374 | 1,825 | III | | | 1,825 | |
| | | 383 | 92 | IV | | | | 92 |

El proceso utilizado en zonas urbanas se aplica para determinar el número de población y viviendas, con el fin de establecer un costo aproximado de afectación por localidades.

Los resultados obtenidos del cálculo por vulnerabilidad a las viviendas de cada localidad, arrojó los Municipios con mayor susceptibilidad a este peligro, que son Altamira, Soto La Marina, Antiguo Morelos y Llera, principalmente, como las regiones que presentan la mayor cantidad de localidades con viviendas y habitantes expuestos a este tipo de afectación.

**Tabla 17.** Vivienda y población expuesta a los Procesos de Remoción en Masa en localidades.

| TIPO DE PELIGRO | MUNICIPIO | No. LOCALIDAD | POBLACIÓN TOTAL | No. VIVIENDAS | TIPO | COSTO POR No. DE VIVIENDA | INDICE DE VULNERABILIDAD POR LOCALIDAD | | | | | COSTO DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 1 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | |
| FLUJOS | ALDAMA | 9 | 70 | 20 | I | 250,000.00 | | 2 | 4 | 3 | | 600,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | | 1 | 8 | 3 | II | 451,500.00 | | | | | 1 | 180,600.00 |
| FLUJOS | ALTAMIRA | 6 | 34 | 9 | I | 112,500.00 | 1 | 1 | | 4 | | 57500.00 |
| | | 1 | 1290 | 333 | IV | 149,850,000.00 | | 1 | | | | 119,880,000.00 |
| CAIDA DE BLOQUES | | 2 | 9 | 3 | I | 37,500.00 | | | 1 | 1 | | 17,500.00 |
| | | 2 | 49 | 10 | II | 1,505,000.00 | | | | 2 | | 602,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | ANTIGUO MORELOS | 3 | 7 | 3 | I | 37,500.00 | | | 1 | | 2 | 12,500.00 |
| | | 1 | 159 | 38 | III | 11,400,000.00 | | | | | 1 | 2,280,000.00 |
| | | 1 | 219 | 61 | IV | 27,450,000.00 | | | | | 1 | 5,490,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | CASAS | 5 | 30 | 7 | I | 150,500.00 | 1 | 2 | | 2 | | 52,500.00 |
| | | 1 | 28 | 12 | II | 62,500.00 | | 1 | | | | 1,444,800.00 |
| DESLIZAMIENTOS | | 1 | 9 | 2 | I | 12,500.00 | | | | 1 | | 10,000.00 |
| CAIDA DE BLOQUES | CRUILLAS | 1 | 4 | 1 | I | 12,500.00 | | | | 1 | | 5,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | MANTE | 1 | 3 | 1 | I | 12,500.00 | | | | 1 | | 5,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | GÓMEZ FARÍAS | 1 | 2 | 1 | I | 12,500.00 | 1 | | | | | 12,500.00 |
| FLUJOS | GÜEMEZ | 1 | 4 | 1 | I | 12,500.00 | | | 1 | | | 7,500.00 |
| CAIDA DE BLOQUES | GONZALES | 1 | 3 | 1 | I | 12,500.00 | | | | | 1 | 2,500.00 |
| DESLIZAMIENTOS | HIDALGO | 2 | 14 | 4 | I | 50,000.00 | | | | 2 | | 20,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | JAUMAVE | 1 | 2 | 1 | I | 12,500.00 | | 1 | | | | 10,000.00 |
| FLUJOS | LLERA | 16 | 122 | 38 | I | 475,000.00 | | 4 | 9 | 2 | 1 | 267,500.00 |
| CAIDA DE BLOQUES | | 2 | 3 | 2 | I | 25,000.00 | | 1 | | | 1 | 12,500.00 |
| CAIDA DE BLOQUES | | 1 | 15 | 3 | I | 37,500.00 | 1 | | | | | 37,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | OCAMPO | 1 | 55 | 18 | II | 2,709,000.00 | 1 | | | | | 2,709,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | SAN CARLOS | 1 | 10 | 2 | I | 25,000.00 | | 1 | | | | 20,000.00 |
| CAIDA DE BLOQUES | | 1 | 5 | 2 | I | 25,000.00 | | | 1 | | | 15,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | SAN NICOLAS | 1 | 11 | 3 | III | 900,000.00 | | | 1 | | | 540,000.00 |
| FLUJOS | SOTO LA MARINA | 28 | 110 | 39 | I | 487,500.00 | | 5 | 14 | 9 | | 280,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | | 3 | 11 | 4 | I | 50,000.00 | | | | 1 | 2 | 15,000.00 |
| DESLIZAMIENTOS | VICTORIA | 3 | 10 | 4 | I | 50,000.00 | | | 1 | 2 | | 22,500.00 |
| FLUJOS | XICOTENCATL | 2 | 4 | 3 | I | 37,500.00 | | 1 | | 1 | | 25,000.00 |

Dentro de la Tabla 17 se muestra la estimación de costos relativos en el caso de la ocurrencia de una eventualidad por estos tipos de peligro, para los cuales, fueron considerados cuatro tipos de vivienda con base al costo de la misma, además de los grados de vulnerabilidad de las localidades. Respecto a su densidad poblacional, el Municipio de Altamira es el de mayor importancia, teniendo un total de 355 viviendas y 1382 habitantes en zona de peligro, generando un costo total para infraestructura de $120,557,000.00 (Tabla 17). Dentro del Municipio de Casas se tiene afectación considerable, ya que de cinco localidades involucradas, tres de ellas se ubican hacia zonas con índice de vulnerabilidad alta a muy alta.

Para el caso del riesgo en localidades, destacan las posibles afectaciones por este tipo de peligros a los Municipios Casas, Llera, Altamira, Soto La Marina y Aldama, para el caso en particular del Municipio de Llera, se tiene un total de 19 localidades, con 43 viviendas y 140 habitantes afectados por un riesgo alto a muy alto, además tenemos el Municipio de Soto La Marina, con un total de 31 localidades conteniendo 43 viviendas con 121 habitantes afectados, todos caracterizados a un riesgo alto a muy alto (Tabla 18).

**Tabla 18.** Riesgo población y vivienda por procesos de remoción en masa en localidades.

| TIPO DE PELIGRO | MUNICIPIO | POBLACIÓN TOTAL | No. VIVIENDAS | TIPO DE VIVIENDA | No. DE LOCALIDADES EN RIESGO | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | MA | A | M | B |
| Flujos | Aldama | 70 | 20 | I | 2 | 7 | | |
| Deslizamiento | | 8 | 3 | II | | | 1 | |
| Flujos | Altamira | 34 | 9 | I | 2 | 4 | | |
| | | 1290 | 333 | IV | | | 1 | |
| Caída de Bloques | | 9 | 3 | I | | 2 | | |
| | | 49 | 10 | II | | | 2 | |
| Deslizamiento | Antiguo Morelos | 7 | 3 | I | | 3 | | |
| | | 159 | 38 | III | | | | 1 |
| | | 219 | 61 | IV | | | | 1 |
| Deslizamiento | Casas | 30 | 7 | I | 3 | 2 | | |
| | | 28 | 12 | II | | 1 | | |
| Flujos | | 9 | 2 | I | | 1 | | |
| Caída de Bloques | Cruillas | 4 | 1 | I | | 1 | | |
| Deslizamiento | Mante | 3 | 1 | I | | 1 | | |
| Deslizamiento | Gómez Farías | 2 | 1 | I | 1 | | | |
| Flujos | Güémez | 4 | 1 | I | | 1 | | |
| Caída de Bloques | González | 3 | 1 | I | | 1 | | |
| Deslizamiento | Hidalgo | 14 | 4 | I | | 2 | | |
| Deslizamiento | Jaumave | 2 | 1 | I | 1 | | | |
| Flujos | Llera | 122 | 38 | I | 4 | 12 | | |
| Caída de Bloques | | 3 | 2 | I | 1 | 1 | | |
| | | 15 | 3 | I | 1 | | | |
| Deslizamiento | Ocampo | 55 | 18 | II | 1 | | | |
| Deslizamiento | San Carlos | 10 | 2 | I | 1 | | | |
| Caída de Bloques | | 5 | 2 | I | | 1 | | |
| Deslizamiento | San Nicolás | 11 | 3 | III | | | 1 | |
| Flujos | Soto La Marina | 110 | 39 | I | 5 | 23 | | |
| Deslizamiento | | 11 | 4 | I | | 3 | | |
| Deslizamiento | Victoria | 10 | 4 | I | | 3 | | |
| Flujos | Xicoténcatl | 4 | 3 | I | 1 | 1 | | |

Para identificar los distintos niveles vulnerables en vías de comunicación, fue necesario cuantificar los costos por kilómetros expuestos a un tipo de peligro, en este caso por remoción de masa en los caminos de terracería, carreteras estatales, carreteras federales, así como también los costos de las calles en las colonias, que por sus características geométricas se dividen en caminos de primer, segundo, tercer y cuarto orden, la de primer orden son aquellos que forman un eje principal dentro de la zona urbana y unen poblaciones o desembocan en carreteras; los caminos secundarios desembocan a los de primer orden y los de tercer y cuarto orden dan acceso a fincas.

Para tener un panorama simplificado en cuestión de los tipos de remoción de masas y el grado de pérdida económica en infraestructura de vías de comunicación, se presenta la Tabla 19 y 20, donde muestra una sumatoria en costo total expuesto de $1′005,597. Esta cantidad es un costo aproximado del daño total de la infraestructura vial expuesta ante la ocurrencia de un fenómeno.

Se hace mención que los valores en costo unitarios por tipo de vía de comunicación, son obtenidos con base a información de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2007). Por otra parte, con la ayuda del Sistema de Información Geográfica se obtuvo la longitud en kilómetros de los tramos expuestos en los diferentes grados de peligro.

En relación a los procesos de remoción de masas por deslizamiento y flujos, se ubica en zona de peligro una longitud de 15.06 Km de carreteras federales, principalmente por los Municipios Jaumave y Llera, con costos de $ 140,056.00 y $ 232.525.00 respectivamente. Para el Municipio de Ciudad Victoria se ubica en zona de peligro una longitud de 6.57 Km de de carreteras Federales, con un costo total expuesto de de $184,194.00 (Tabla 19 y 20).

**Tabla 19.** Costos en vías de comunicación ante un posible daño por remoción de masas. Municipios Aldama-Miquihuana.

| TIPO DE PELIGRO | MUNICIPIO | TIPO DE VÍA DE COMUNICACIÓN | LONGITUD (KM) | COSTO TOTAL($) | ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR KM EXPUESTO | | | | | COSTO DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA ($) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 1 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | |
| Caída de Bloques | Aldama | Carretera Federal | 9.33 | 128,586.35 | | | | 0.73 | 8.6 | 27,725.46 |
| | | Carretera Estatal | 2.98 | 15,953.67 | | | 0.31 | 1.53 | 1.14 | 5,487.81 |
| | | Terracería | 9.68 | 4,366.10 | | | | 6.71 | 2.97 | 1,478.21 |
| Flujos | | Terracería | 21.56 | 9,724.46 | 0.52 | 2.02 | 14.25 | 4.44 | 0.33 | 5,652.00 |
| Caída de Bloques | Altamira | Terracería | 9.8 | 4,083.36 | | | 1.9 | 6.88 | 0.3 | 1,776.47 |
| Flujos | | Calle de Segundo Orden | 0.59 | 8,206.84 | | 0.59 | | | | 6,566.00 |
| | | calle de tercer orden | 7.32 | 32,871.70 | 0.05 | 7.27 | | | | 26,344.00 |
| | | Terracería | 3.28 | 1,468.46 | | 2.5 | | 0.39 | 0.39 | 1,002.00 |
| | | carretera federal | 1.12 | 15,489.54 | | 1.12 | | | | 12,394.00 |
| Deslizamiento | Antiguo Morelos | Carretera Federal | 0.92 | 12,689.56 | | | | 0.11 | 0.81 | 28.41 |
| Deslizamiento | Bustamante | Carretera Estatal | 2.71 | 14,482.24 | | 0.75 | 0.57 | 1.39 | | 8,005.00 |
| | | Carretera Federal | 0.09 | 3,819.69 | 0.09 | | | | | 3,820.00 |
| Deslizamiento | Casas | Carretera Federal | 2.46 | 33,930.00 | 0.16 | 0.36 | | 0.15 | 1.79 | 11,945.00 |
| Deslizamiento | Jaumave | Carretera Federal | 5.06 | 214,751.46 | | 2.27 | 1.8 | 0.95 | | 140,056.00 |
| Caída de Bloques | | Carretera Federal | 1 | 42,583.37 | | | | 1 | | 16,953.35 |
| Caída de Bloques | González | Terracería | 2.88 | 1,299.12 | | | | 2.88 | | 519.65 |
| Flujos | Llera | Terracería | 40.53 | 18,274.55 | 0.07 | 11.8 | 19.88 | 5.84 | 2.94 | 10,981.00 |
| | | Carretera Federal | 10 | 423,221.68 | | 0.93 | 5.46 | 3.35 | | 232,525.00 |
| Flujos | Jiménez | Terracería | 4.34 | 1,956.44 | | | 3.23 | 1.11 | | 1,074.00 |
| Deslizamiento | Miquihuana | Terracería | 3 | 1,353.00 | | | 3 | | | 812.00 |
| Continua | | | | | | | | | | |

**Tabla 20.** Costos en vías de comunicación ante una posible daño por remoción de masas. Municipios Ocampo-Victoria.

| TIPO DE PELIGRO | MUNICIPIO | TIPO DE VÍA DE COMUNICACIÓN | LONGITUD (KM) | COSTO TOTAL($) | ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR KM EXPUESTO | | | | | COSTO DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA ($) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 1 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | |
| Deslizamiento | Ocampo | Carretera Estatal | 0.34 | 1,816.96 | | | | 0.34 | | 727.00 |
| Caída de Bloques | | Carretera Estatal | 0.88 | 4,720.80 | | | 0.57 | 0.31 | | 2,502.60 |
| Deslizamiento | Palmillas | Carretera Federal | 0.31 | 13,156.71 | | | | 0.31 | | 5,263.00 |
| Deslizamiento | San Carlos | Terracería | 3.1 | 1,398.10 | | | 3.1 | | | 839.00 |
| Deslizamiento | San Nicolás | Terracería | 6.76 | 3,048.76 | | 2.51 | 4.25 | | | 2,056.00 |
| Deslizamiento | Soto La Marina | Carretera Federal | 1.9 | 26,206.70 | 0.56 | 0.5 | | 0.1 | 0.74 | 15,834.00 |
| Flujos | | Calle de Cuarto Orden | 3.5 | 1,575.80 | | | | 0.03 | 3.47 | 318.00 |
| | | Terracería | 34.46 | 15,512.65 | 0.66 | 5.19 | 21.26 | 4.33 | 3.2 | 8,961.00 |
| | | Carretera Estatal | 0.16 | 887.11 | 0.16 | | | | | 887.11 |
| Caída de Bloques | Tampico | Calle de Tercer Orden | 4.14 | 44,993.55 | | 2,44 | 1.7 | | | 34,461.11 |
| Flujos | | Calle de Tercer Orden | 6.87 | 30,688.38 | | 2 | 4.87 | | | 20,198.00 |
| | | Calle de Primer Orden | 0.45 | 9,400.46 | | 0.29 | 0.16 | | | 6,863.00 |
| Deslizamiento | Victoria | Carretera Federal | 6.57 | 278,837.37 | | 2.96 | 2.64 | 0.97 | | 184,194.00 |
| Caída de Bloques | | Carretera Federal | 5.02 | 213,143.59 | | 1.75 | 0.76 | 2.51 | | 121,393.92 |
| Flujos | | Calle de Primer Orden | 1.42 | 30,005.08 | | | 1.42 | | | 18,001.00 |
| | | Calle de Segundo Orden | 0.92 | 12,730.94 | | | 0.92 | | | 6,639.00 |
| | | Calle de Tercer Orden | 21.92 | 98,254.09 | | 1.13 | 20.79 | | | 59,978.00 |
| | | Carretera Federal | 0.13 | 5,559.77 | | | 0.13 | | | 3,336.00 |
| | | | | | | | | Total= | | 1,007,597.10 |

# 3. Análisis de Fallas y Fracturas

Las fallas y fracturas son planos de ruptura dentro de una unidad litológica, crean bloques independientes propensos a tener movimiento por cambios en su entorno, como pueden ser la sobreposición o extracción de materiales, asentamientos civiles, construcción de vías de comunicación, entre otros. Cuando los bloques tienen movimiento (caso de las fallas), son capaces de provocar daños cuya severidad estará en función de la intensidad del movimiento, a su vez de la superficie o infraestructura que pudiese resultar afectada. Al ubicarse una falla (considerada como activa) en zona urbana llega a poner en peligro infraestructura a sus alrededores, lo anterior cuando resultan afectadas estaciones de gas, infraestructura petrolera, ductos, entre otros.

En la determinación de la zona y peligro que puede causar una falla y una fractura, para cada tipo de estructura se aplicó un valor de zonificación, para fallas 50 m y fracturas 20 m alrededor del lineamiento, se consideraron estas distancias ya que aunque las fallas y fracturas son estructuras inestables, obedecen a procesos en escalas de tiempo geológico, por lo cual resulta poco factible determinar una posible reactivación, sin embargo resulta poco probable su reactivación.

La zona de influencia para fallas y fracturas fue designada en función de un posible desplazamiento entre sus bloques, en el caso de la falla ha tenido desplazamiento y es susceptible a una posible reactivación, en el caso de la fractura no representa desplazamiento, sólo una rotura entre litología, por lo cual su radio de influencia fue menor. Cabe mencionar que para fines de zonificación de peligro se consideró sólo un nivel, en este caso peligro alto.

Cabe mencionar que en este apartado no se consideró el análisis de vulnerabilidad y riesgo, lo anterior debido a que no fue posible contar con las herramientas y estimar un posible grado de reactivación y por lo tanto de deslizamiento entre sus bloques, por lo cual únicamente se hace referencia a la ubicación de los mismos y la delimitación de sus áreas susceptibles.

Dentro del Estado de Tamaulipas, destaca la presencia de este tipo de estructuras (fallas y fracturas) dentro de la Sierra Madre Oriental y la Sierra de San Carlos (Figura 34). Para su ubicación y características generales, además de la información verificada en campo, se consultaron las bases de datos estructurales correspondientes a los informes de la Carta Geológico Minera del Estado de Tamaulipas 1:500,000, así como datos estructurales destacados en las cartas Geológico Mineras Escala 1:250,000 del Estado de Tamaulipas, elaboradas por el extinto Consejo de Recursos Minerales (ahora Servicio Geológico Mexicano).

## *A. Peligro por fallas*

### *j) Fallas*

De manera general las fallas se observan en estructuras paralelas con longitudes que varían entre 10 y 50 Km, dentro de los Municipios donde se localizan un mayor número de fallas destacan: Ocampo, Gómez Farías, Jaumave, Bustamante, San Carlos, Burgos, Cruillas, Méndez, así como la zona oriente de Tula.

De entre las zonas establecidas como peligro alto por afectación de fallas destacan las carreteras Tula-Ocampo, así como la carretera Antigua – Ciudad Victoria – Jaumave, además del tramo Jaumave – Palmillas, lo anterior debido que varias estructuras representadas por fallas cruzan en forma perpendicular a las vías de comunicación. De entre los principales daños que suelen sufrir las vías de comunicación destaca la disgregación de materiales sobre el trazo de la falla, además de sufrir un posible desplazamiento, aunque este último suele ser a velocidades lentas, lo cual da oportunidad de dar mantenimiento adecuado y evitar daños mayores.

Respecto a la afectación en zonas urbanas, destacan casos como el Municipio de Tula, donde se localizan dos fallas paralelas a un cuerpo anticlinal (Cerro el Rosillo), una de de tipo normal y una inversa, ambas orientadas típicamente al noroeste - sureste, se desplazan desde ambas laderas de la estructura

anticlinal en dirección a la zona urbana, específicamente sobre las colonias Congregación los Charcos, Barrio el Jicote y Las Tinajas, resultando en zona de peligro alrededor de veinte cuadras, además de dos de las principales vías de comunicación de la zona (Figura 35).

En el caso del resto de las zonas urbanas con posibilidad de ser afectadas por fallas geológicas, estas se delimitaron en su totalidad y se muestran en el Sistema de Información Geográfica (Anexo I).

Caso similar se localiza en el Municipio Gómez Farías, donde se genera una zona de peligro alto por fallas normales paralelas a la franja que forma la traza urbana (cabecera municipal), en este caso se trata de un pequeño valle delimitado entre la Sierra Chiquita y la parte norte de la Sierra Cucharas. En este caso una de las fallas cruza la mancha urbana poniendo en zona de peligro a varias manzanas, además de una parte de la carretera Federal No. 101. En este caso es importante tomar en cuenta la traza de la falla al momento de proyectar el desarrollo urbano de la comunidad.

Es importante tomar en cuenta que la mayor parte de las fallas del Estado se localiza en Estado inactivo, sin embargo no se descarta la posibilidad de posibles activaciones locales derivadas de varios fenómenos naturales, tal es el caso de sismos, extracción no controlada de agua subterránea, entre otros.

### *k) Fracturas*

Los principales sistemas de fracturas se ubican hacia las laderas de La Sierra de San Carlos, relacionados en su mayoría a la presencia de fallas normales, lo cual tiende a formar una serie de escalonamientos. Un segundo sistema de fracturas se localiza en el Municipio Nuevo Laredo y al norte de Guerrero.

En el caso de probables afectaciones destaca la zona urbana de la Ciudad Nuevo Laredo, específicamente la zona norte de la ciudad, donde se observa una serie de fracturas con diferentes longitudes con una orientación preferente noroeste-sureste, su traza se distingue en colonias como Naciones Unidas, Unión del Recuerdo, Anexo Virreyes, entre otras. Al suroeste de la ciudad se observa otro sistema de fracturas con la misma orientación, lo cual indica la presencia de un sistema de fracturas de dimensiones regionales, en este caso su traza cubre a colonias como Granjas Treviño, Granjas Regina, Las Piedritas, entre otras (Figura 36).

Para las zonas con presencia de fracturas se pudiese generar una afectación, aunque menor, en obras civiles que estén en las cercanías de rocas fracturadas, lo anterior debido a la inestabilidad e intemperismo, factores que condicionan la caída de bloques y por consecuencia daños a la infraestructura.

En el caso de la traza de los sistemas de ductos de Petróleos Mexicanos, al sur del Municipio Nuevo Laredo una serie de fallas normales tienen su traza de manera perpendicular a los mismos, sin embargo su posible afectación se reduce debido a la inactividad de las mismas.

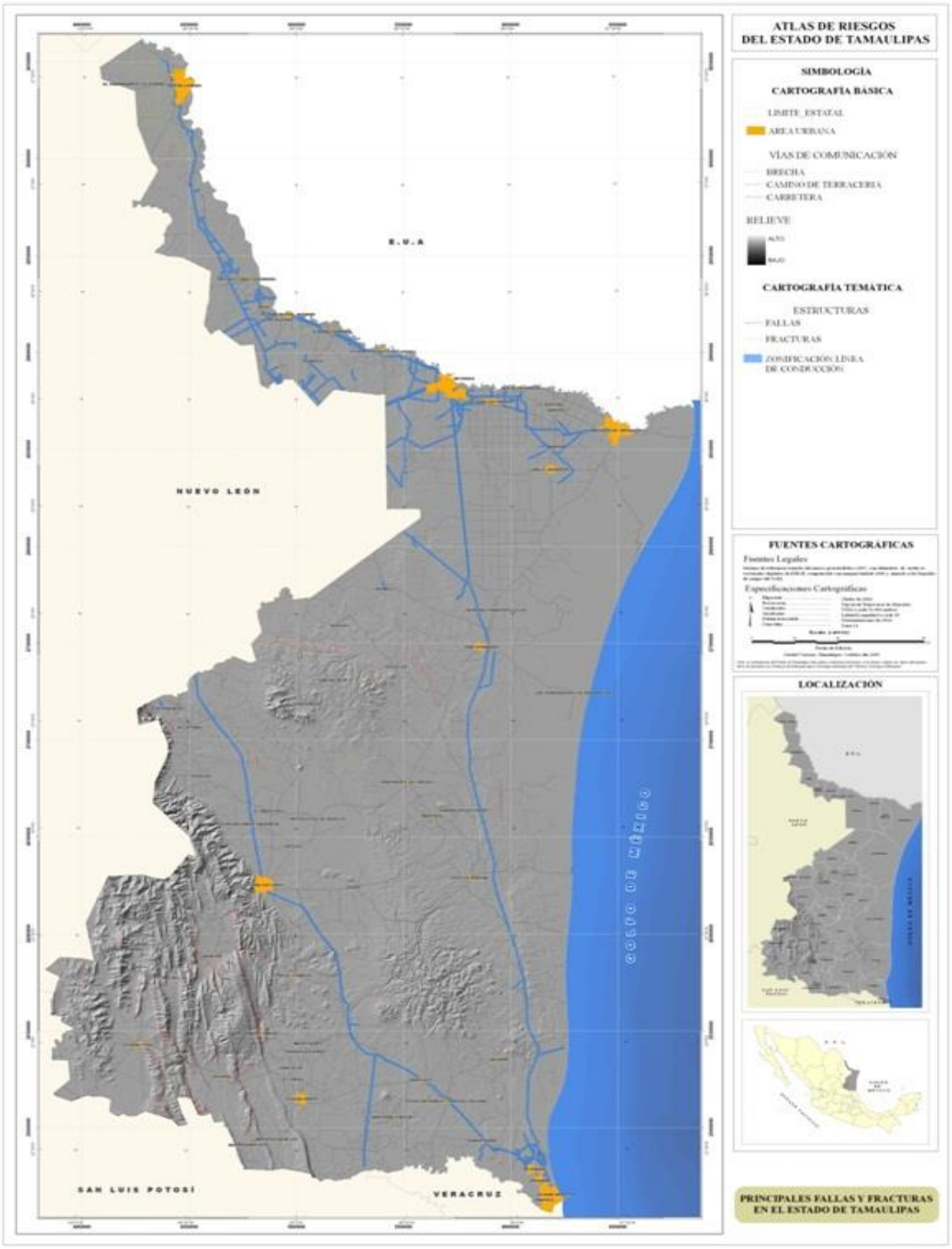



**Figura 34.** Ubicación de las principales fallas y zonas de fractura.

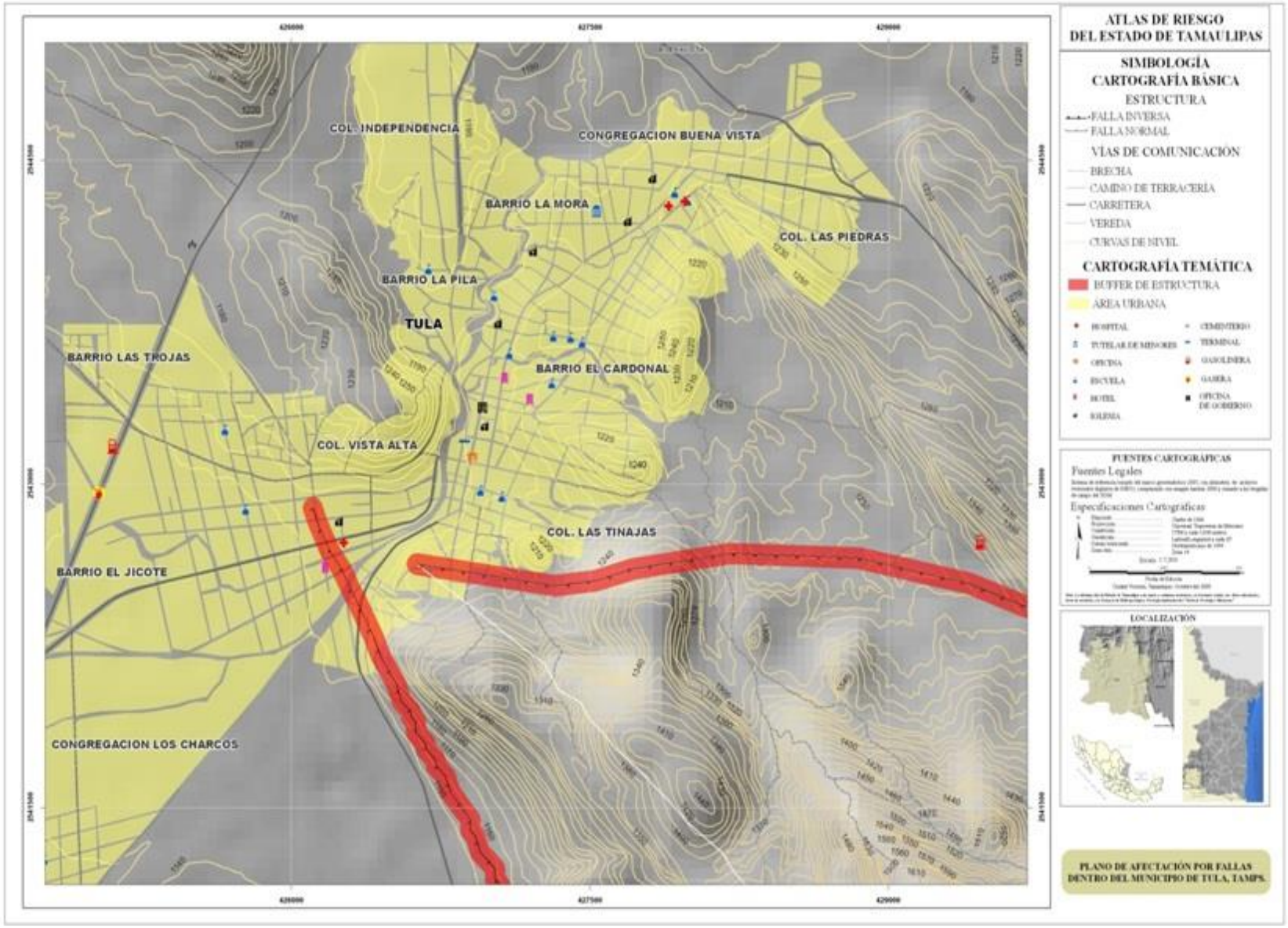



**Figura 35.** Zona de peligro por fallas en la comunidad Tula.

**Figura 36.** Mapa de afectación por fractura dentro del Municipio de Nuevo Laredo Tamaulipas.

# 4. Hundimientos

El hundimiento es el movimiento vertical, por acción y efecto de la gravedad, que afecta y desplaza el suelo, el terreno o algún otro elemento de la superficie terrestre. Estos movimientos verticales de terreno puede tener su origen por el colapso de cavernas en rocas calcáreas, llamado hundimiento kárstico, por compactación de materiales granulares o hundimiento diferencial, por la presencia de fallas geológicas (Olcina y Ayala, 2002). De igual forma el fenómeno puede generarse por actividades antrópicas como la sobreexplotación de acuíferos, entre otras.

El resultado en superficie de los hundimientos cársticos se le conoce como dolinas, aunque también pueden generarse por subsidencia de los suelos blandos que recubren morfologías kársticas. La morfología de estas estructuras es variada, tal es el caso de tipo cubeta, embudo, ventana y fondo plano con paredes escarpadas (Cvijic, 1893 y Palmquist, 1979).

## *A. Peligro*

El hundimiento que experimenta el terreno durante el desarrollo de dolinas de subsidencia, puede provocar daños graves en distintos tipos de estructuras e incluso poner en peligro la vida de las personas cuando estas se generan de forma espontánea. Por otra parte las dolinas, por ser habitualmente vías de acceso a cavidades subterráneas, pueden imposibilitar el almacenamiento de agua en embalses (Milanovic, 2003) o propiciar la contaminación de acuíferos.

En el Estado de Tamaulipas la presencia de dolinas es común, se localizan preferentemente en la Sierra Madre Oriental, relacionadas principalmente a hundimientos tipo cársticos, por lo cual a fin de dar certidumbre a lo expresado anteriormente y caracterizar el marco geológico representativo de las dolinas, mediante el uso del Sistema de Información Geográfica se sobrepusieron zonas de dolinas con la geología, de manera adicional se verificaron seis casos en campo mediante el uso de helicóptero, esto dada la complejidad en vías de acceso, ya que están situadas en su gran mayoría en zonas serranas. Cabe mencionar que las características principales de las dolinas visitadas se pueden consultar en el Anexo II, donde se pueden consultar las fichas levantadas en campo.

La morfología y dimensiones de las dolinas presentan una gran variabilidad. La extensiones máxima observada está entre 150 a 1,1000 m; las de menores dimensiones predominan formas redondeadas y elípticas, mientras que en mayores predominan en formas irregulares.

Referente a la ubicación de las dolinas, existe un grupo formado por 49 dolinas al suroeste del Estado, en las zonas montañosas, formadas en rocas sedimentarias clasificadas como calizas-dolomías de la Formación El Abra Tamasopo, algunas obedecen un comportamiento lineal, relacionadas a estructuras geológicas como fallas y anticlinales. Respecto a su ubicación municipal se distribuyen en Jaumave, Tula, Nuevo Morelos, Llera, Palmillas, Hidalgo, Güémez y Bustamante, además de tener la presencia de dolinas entre los límites municipales El Mante, Antiguo Morelos y Ocampo. Destaca el caso de una dolina formada en Gómez Farías, ésta se encuentra sobre un anticlinal y se caracteriza por presentar una mayor dimensión de hasta 1,000 m (Figura 37).

A fin de conocer con mayor detalle las características geológicas de la zona con presencia de dolinas se recomienda al lector consultar el apartado VII.9, Estratigrafía.

En la zona centro - noroeste de Tamaulipas, en los Municipios de Burgos, San Nicolás y San Carlos, específicamente en los alrededores de las comunidades El Ranchito, Los Carricitos y La Mangana, se ubican nueve dolinas, formadas estas en rocas que alternan entre lutita y calizas, pertenecientes a la Formación San Felipe, con diámetros aproximados a los 500 m (Figura 38).

Al sureste del Estado, cerca de las localidades Las Potrancas, El Nacimiento y Los Potros se encuentran otras 18 dolinas formadas sobre rocas de tipo lutitas-margas de la Formación Méndez en el Municipio de Aldama, las estructuras son relacionadas principalmente por la disolución de los bicarbonatos de la roca, provocando su formación con diámetro en promedio de 150 m (Figura 3).

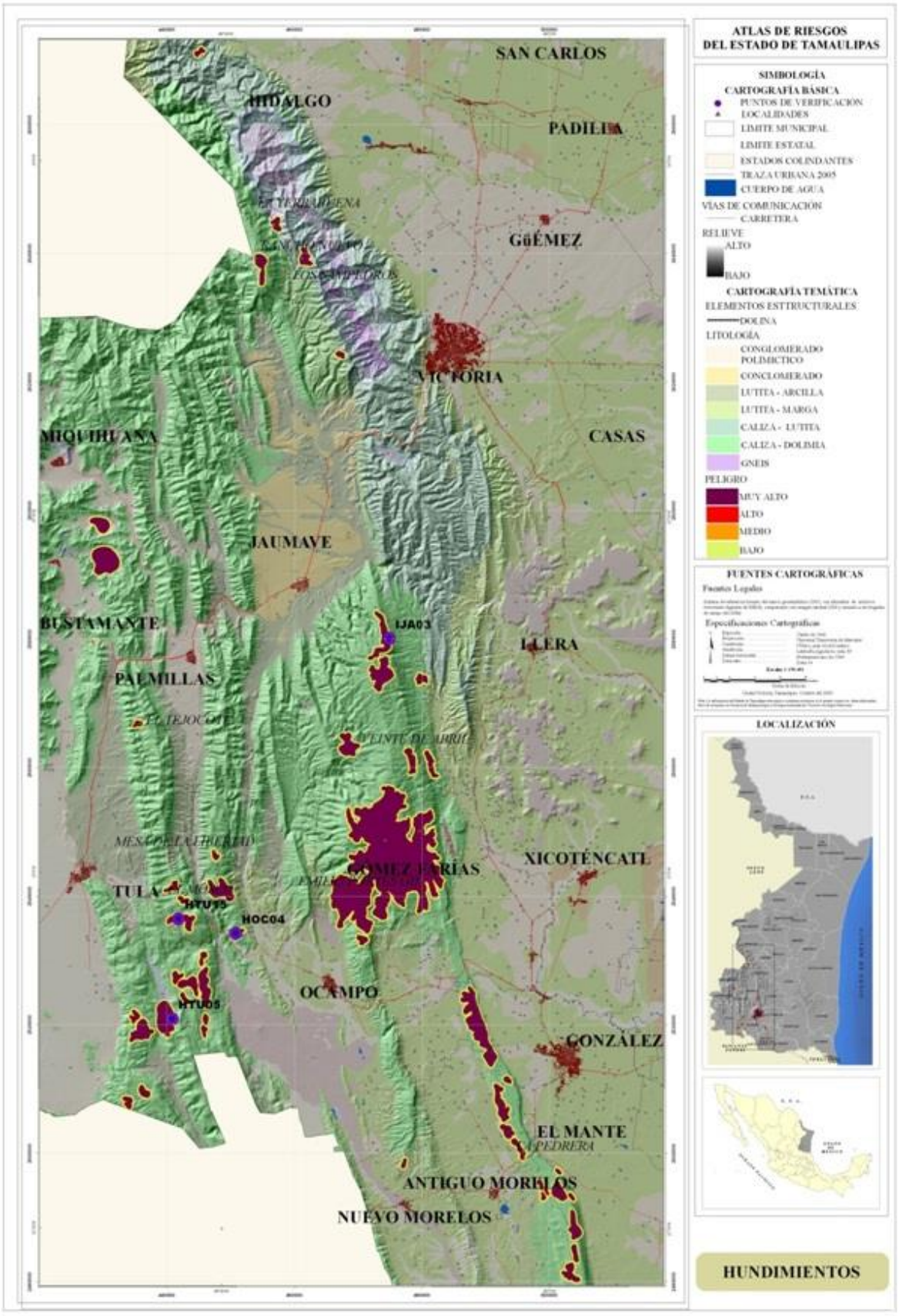



**Figura 37.** Zonificación de peligro para las 49 dolinas ubicadas al suroeste del Estado.

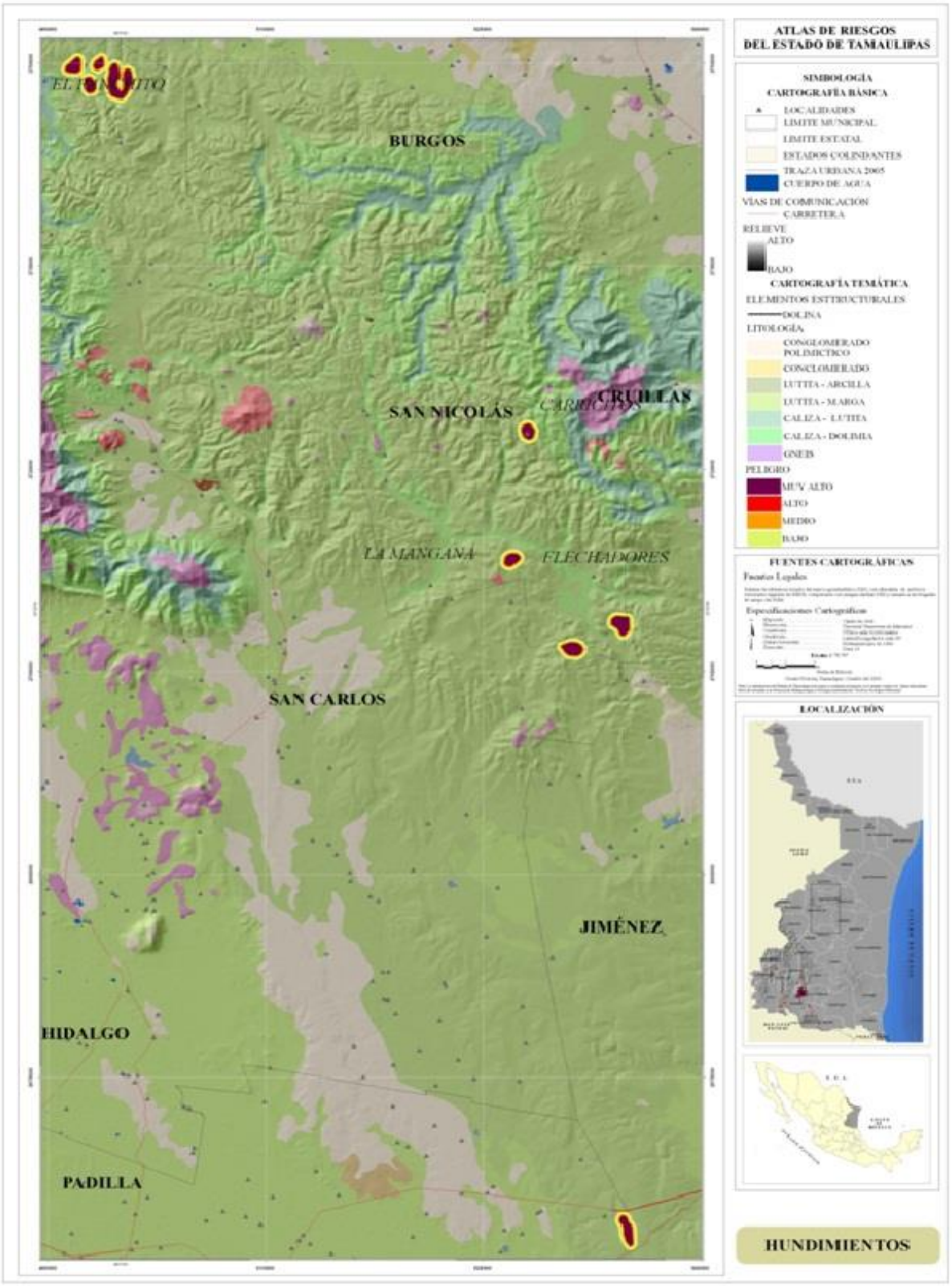



**Figura 38.** Zonificación de peligro para las nueve dolinas ubicadas en la zona centro - noroeste del Estado.

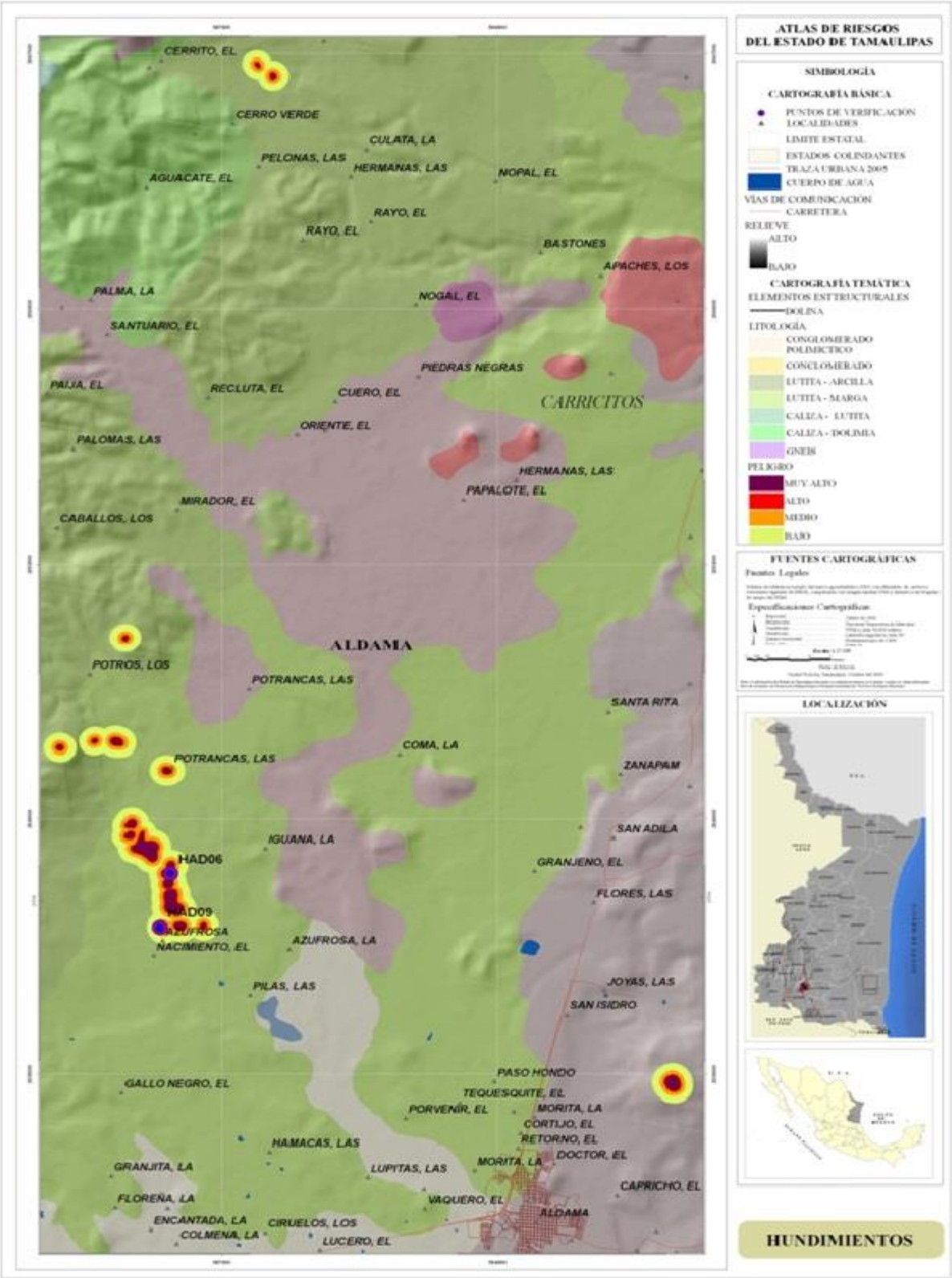



**Figura 39.** Zonificación de peligro para las 18 dolinas ubicadas al sureste del Estado.

Respecto a las dolinas verificadas en campo, éstas se localizan al sur del Estado, cerca a zonas serranas (Tabla 21), en los Municipios de Jaumave, Ocampo, Aldama y Tula, caracterizados por presentar diámetros de 150 a 3200 m, donde su formación geológica corresponde a lutita-marga y calizas-dolomías, con morfología principalmente en forma de embudo.

**Tabla 21.** Puntos de verificación de dolinas.

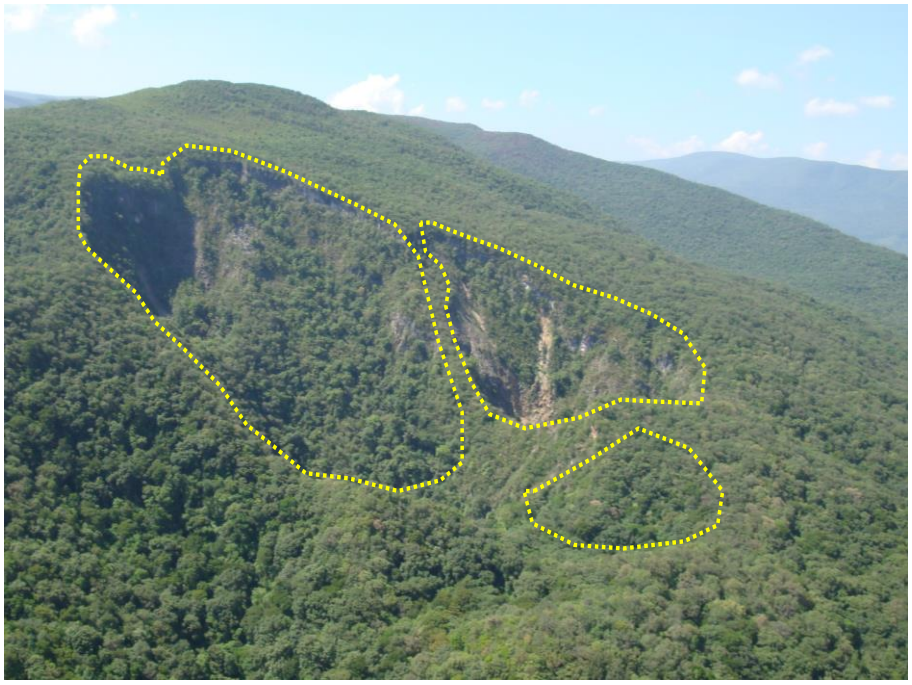
| PUNTO DE VERIFIACIÓN | MUNICIPIO | LOCALIDAD | LITOLOGÍA | DIMENSIONES (M) |
|---|---|---|---|---|
| HAD06 | Aldama | La Azufrosa | Lutita-Marga | 160 |
| HAD09 | Aldama | La Azufrosa | Lutita-Marga | 150 |
| HOC04 | Ocampo | Lázaro Cárdenas | Calizas-Dolomía | 850 |
| HTU05 | Tula | Alberto Carrera Torres | Calizas-Dolomía | 3200 |
| HTU15 | Tula | San José de las Flores | Calizas-Dolomía | 1000 |
| HJA03 | Jaumave | La Joya de León | Calizas-Dolomía | 150 |

Entre las dolinas más representativas en el Estado destacan las ubicadas en Aldama, con clave de verificación HAD06 y HAD09, representando una tendencia lineal asociada a fallas geológicas; en algunos casos rellenas de agua alimentadas por niveles freáticos (nivel superior del agua subterránea) de la zona. En este Municipio se localizan cinco dolinas profundas interconectadas (La Reserva, 2008); tres de ellas son el Zacatón, los Murciélagos (El Verde) y Los Baños (La Azufrosa) (González y Hernández, 1998), la primera es la más profunda con 305 m. Cabe mencionar que en sus alrededores se localizan varios poblados, entre ellos El Nacimiento y Las Potrancas. (Fotografía 13).

**Fotografía 13.** Conjunto de dolinas en el Municipio de Aldama.

Otra de las dolinas más representativas del Estado se localiza en el Municipio de Ocampo (HOCO4), con un diámetro aproximado de 850 m, cuya peculiaridad destaca al ubicarse en la cima de la Sierra Argentina, a unos 200 m de las dolinas ubicadas en la localidad Lázaro Cárdenas.

En el Municipio de Tula, sobre una de las laderas de la Sierra Mocha, se observa la unión de varias dolinas, lo cual se conoce como Uvala. Cabe mencionar que en esta zona la población más cercana se ubica a unos 3.5 Km (Fotografía 14). De igual forma en el mismo Municipio, cerca a la localidad San José de las Flores, se ubica otra zona de dolinas ubicadas sobre un valle aluvial llamado Hoya Colorado, caracterizado por sedimentos no consolidados con dimensiones de 30 m de diámetro, en este caso el poblado más cercano es Acahuales, aproximadamente a 500 m de la depresión.



**Fotografía 14.** Dolinas en el Municipio de Tula.

A fin de conocer las particularidades de las seis dolinas verificadas, se recomienda al lector consultar el Anexo II, incluido en el presente Atlas de Riesgo, si se desea conocer con mayor detalle consultar los Atlas de Riesgos Municipales.

## *B. RIESGO*

El riesgo por hundimiento en zonas kársticas involucra la clasificación de peligros, así como la vulnerabilidad, esta última en función de la tipología de viviendas. Cabe mencionar que en este apartado la vulnerabilidad se analiza tomando en cuenta la distribución de dolinas preferentemente en zonas serranas, es decir, no tienen efecto en ciudades, por lo cual los bienes expuestos se concentran a nivel población, es decir, se toma a la población en conjunto y se le asigna un valor único, lo anterior debido a que no se cuenta con información a detalle para separar a la población en calles o cuadras.

Cabe mencionar que las cantidades expuestas que se asignaron corresponden a las ya definidas en el apartado de metodología. Por lo cual una vez elaborada la zonificación de peligro por hundimiento, se determinó el riesgo en función de la vulnerabilidad asignada por tipología de vivienda, considerando así el valor de bienes materiales y número de vidas que pudiesen resultar afectadas.

A fin de lograr lo anterior se generó la Tabla 22, donde involucra el tipo de vivienda, el costo por tipo de vivienda, número total de viviendas así como el número total de habitantes, considerando que la vulnerabilidad toma un valor de 0 a 1, como se explicó en el apartado de la metodología. Cabe mencionar que los datos relacionados con las viviendas se obtuvieron de las AGEB'S (Área Geoestadística Básica, INEGI. 2005).

**Tabla 22.** Vivienda y población expuesta a hundimientos por kársticidad en localidades.

| PELIGRO | MUNICIPIO | LOCALIDAD | POBLACIÒN TOTAL | No. DE VIVIENDA | TIPO DE VIVIENDA | COSTO POR VIVIENDA | COSTO TOTAL | ÌNDICE DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Medio | Aldama | Las Potrancas | 8 | 3 | Tipo 2 | $150,500.00 | $451,500.00 | 0.6 | $270,900.00 |
| Alto | Palmillas | El Tejocote | 4 | 3 | Tipo 1 | $12,500.00 | $37,500.00 | 0.8 | $30,000.00 |
| | Tula | El Mosco | 1 | 1 | Tipo 1 | $12,500.00 | $12,500.00 | 0.8 | $10,000.00 |
| Muy Alto | | Mesa De La Libertad | 80 | 18 | Tipo 1 | $12,500.00 | $225,000.00 | 1 | $225,000.00 |
| | Jaumave | Veinte De Abril | 69 | 22 | Tipo 1 | $12,500.00 | $275,000.00 | 1 | $275,000.00 |
| | San Nicolás | Carricitos | 21 | 6 | Tipo 2 | $150,500.00 | $903,000.00 | 1 | $903,000.00 |
| | Gómez Farías | Alta Cima | 180 | 39 | Tipo 2 | $150,500.00 | $5,869,500.00 | 1 | $5,869,500.00 |
| | | Joya De Manantiales | 25 | 8 | Tipo 2 | $150,500.00 | $1,204,000.00 | 1 | $1,204,000.00 |
| | | Emilio Portes Gil | 30 | 10 | Tipo 1 | $12,500.00 | $125,000.00 | 1 | $125,000.00 |
| | | San José | 73 | 21 | Tipo 2 | $150,500.00 | $3,160,500.00 | 1 | $3,160,500.00 |
| | Antiguo Morelos | La Pedrera | 2 | 1 | Tipo 1 | $12,500.00 | $12,500.00 | 1 | $12,500.00 |
| | | Constitución De 1917 | 94 | 19 | Tipo 3 | $300,000.00 | $5,700,000.00 | 1 | $5,700,000.00 |
| | Güémez | Rancho Nuevo | 15 | 2 | Tipo 1 | $12,500.00 | $25,000.00 | 1 | $25,000.00 |
| | | Los San Pedro | 106 | 25 | Tipo 1 | $12,500.00 | $312,500.00 | 1 | $312,500.00 |
| | | La Yerbabuena | 4 | 2 | Tipo 1 | $12,500.00 | $25,000.00 | 1 | $25,000.00 |
| | | Unidos Venceremos | 4 | 1 | Tipo 1 | $12,500.00 | $12,500.00 | 1 | $12,500.00 |
| Total | 8 | 16 | 716 | 181 | | | $18,351,000.00 | | $18,160,400.00 |

De lo anterior se desprende que en el Estado de Tamaulipas, concretamente en la zona de dolinas, existe una población total de 716 habitantes en riesgo por hundimientos relacionados a cársticidad, estos distribuidos en 16 comunidades. En relación a los bienes materiales se calculó un valor expuesto de $18′160,400.00, donde los costos mayores están asociados a las comunidades con mayor número de habitantes y por lo tanto con una mayor cantidad de viviendas.

En función de la matriz de riesgo previamente definida se establecieron tres niveles; riesgo medio, alto y muy alto (Tabla 23). El riesgo medio hace referente a zonas de las dolinas donde el peligro medio (100 m de afectación), se conjunta con una vulnerabilidad alta. Caso particular de la población Las Potrancas, la cual tiene una población de ocho habitantes distribuidos en tres viviendas, con un valor expuesto de $ 270,900.00.

En zona de riesgo alto se localizan aquellos bienes materiales ubicados en una zona de peligro alto, en conjunto con una vulnerabilidad media. En esta clasificación se localizan cinco comunidades, caso de la población La Yerbabuena, donde se ubican dos viviendas con cuatro habitantes, representando un valor expuesto de $ 25,000.00.

En zona de riesgo muy alto se localizan los bienes materiales situados en zona de peligro alto (dentro de un radio de afectación de 50 m), en combinación con una vulnerabilidad muy alta, localizándose diez poblaciones, tal es el caso de Alta Cima, perteneciente al Municipio Gómez Farías, la cual cuenta con 180 habitantes distribuidos en 39 viviendas, donde su cantidad expuesta asciende a $5′869,500.00.

A fin de consultar mayor detalle sobre la clasificación de riesgo por hundimientos se muestra la Tabla 3, donde se especifica la comunidad, su tipo de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

**Tabla 23.** Clasificación de riesgo por hundimientos relacionados a cársticidad.

| MUNICIPIO | LOCALIDADES | PELIGRO | VULNERABILIDAD | | RIESGO |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | TIPO DE VIVIENDA | GRADO | |
| Aldama | Las Potrancas | Medio | Tipo 2 | Alto | Medio |
| Tula | El Mosco | Alto | Tipo 2 | | Alto |
| Gómez Farías | Alta Cima | Muy Alto | Tipo 3 | Medio | |
| | Joya De Manantiales | | Tipo 4 | Baja | |
| Antiguo Morelos | Constitución De 1917 | | Tipo 3 | Medio | |
| Güémez | La Yerbabuena | | Tipo 3 | | |
| | Unidos Venceremos | | Tipo 4 | Baja | |
| | Rancho Nuevo | | Tipo 1 | Muy Alto | Muy Alto |
| | Los San Pedro | | Tipo 2 | Alto | |
| Palmillas | El Tejocote | Alto | Tipo 1 | Muy Alto | |
| Tula | Mesa De La Libertad | Muy Alto | Tipo 1 | | |
| Jaumave | Veinte De Abril | | Tipo 2 | Alto | |
| San Nicolás | Carricitos | | Tipo 2 | | |
| Gómez Farías | Emilio Portes Gil | | Tipo 1 | Muy Alto | |
| | San José | | Tipo 2 | Alto | |
| Antiguo Morelos | La Pedrera | | Tipo 1 | Muy Alto | |

En el caso de las vías de comunicación fueron considerados parámetros similares a las localidades, es decir, en función de la longitud ubicada en la zona de peligro, el costo de reparación en función del tipo de vía, se determinó la cantidad expuesta a ser afectada por el fenómeno de hundimientos (Tabla 24).

De acuerdo a lo anterior en el Estado se ubican en zona de peligro una longitud total de 14 Km de vías de comunicación (carreteras), distribuidos en los Municipios como San Nicolás, Antiguo Morelos, Aldama, Bustamante, Gómez Farías y Tula, representando una cantidad expuesta total de $7,355.60 (Tabla 24).

**Tabla 24.** La vulnerabilidad en costo ante un hundimiento en zonas cársticas.

| PELIGRO | MUNICIPIO | TIPO | NUMERO DE CARRILES | LONGITUD (Km) | COSTO POR VIA | COSTO TOTAL | ÍNDICE DE VULNERABILIDAD | CANTIDAD EXPUESTA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bajo | Bustamante | Camino De Terracería | 1 Carril | 1 | $451.00 | $451.00 | 0.4 | $180.40 |
| | | | 2 Carril | 1 | $451.00 | $451.00 | 0.4 | $180.40 |
| | | | 3 Carril | 1 | $451.00 | $451.00 | 0.4 | $180.40 |
| | Gómez Farías | | 1 Carril | 2 | $451.00 | $902.00 | 0.4 | $360.80 |
| | Tula | | | 1 | $451.00 | $451.00 | 0.4 | $180.40 |
| Medio | Tula | Carretera | 2 Carriles | 1 | $5,344.00 | $5,344.00 | 0.6 | $3,206.40 |
| | | Camino De Terracería | 1 Carril | 1 | $451.00 | $451.00 | 0.6 | $270.60 |
| | Aldama | | | 1 | $451.00 | $451.00 | 0.6 | $270.60 |
| | | | 2 Carril | 1 | $451.00 | $451.00 | 0.6 | $270.60 |
| Muy Alto | San Nicolás | | 1 Carril | 1 | $451.00 | $451.00 | 1 | $451.00 |
| | Gómez Farías | | | 3 | $451.00 | $1,353.00 | 1 | $1,353.00 |
| | Antiguo Morelos | | | 1 | $451.00 | $451.00 | 1 | $451.00 |
| Total = | 6 | | | 15 | | $11,658.00 | | $7,355.60 |

# 5. Sismicidad

La sismicidad es uno de los fenómenos derivados de la dinámica interna de la Tierra que ha estado presente en la historia geológica de nuestro planeta, y que seguramente continuará manifestándose de manera similar a lo observado en el pasado (CENAPRED, 2006).

El territorio nacional está clasificado en 4 zonas según su nivel de peligro sísmico, a esta clasificación se le conoce como Regionalización Sísmica (CFE, 1993). De acuerdo a la Figura 40, el Estado de Tamaulipas se ubica dentro de la zona A donde registros históricos indican que no se han reportado sismos de gran intensidad en los últimos 80 años, por lo que se considera zona de baja sismicidad.

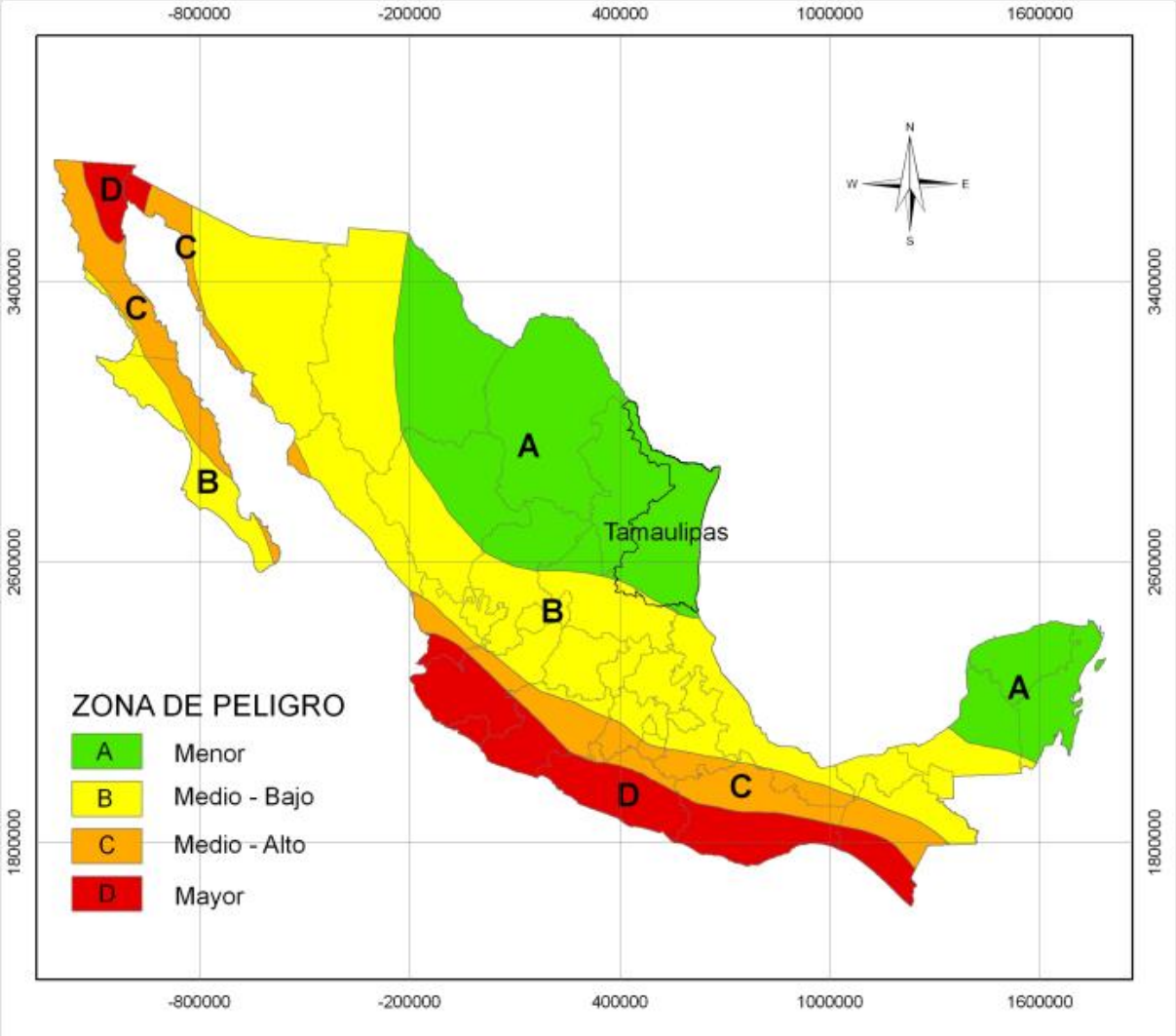



**Figura 40.** Regionalización Sísmica de México (CFE, 1993).

De acuerdo al Servicio Sismológico Nacional (SSN) y Montalvo (2008), para el Estado de Tamaulipas la frecuencia de sismos es escasa, para el periodo 1983 a 2008 se han registrado sismos con magnitudes menores a 4.8, los cuales no han llegado a representar riesgo para sus habitantes y difícilmente se perciben. En la Figura 41 se muestra la distribución de sismos que se tiene registro en el Estado de Tamaulipas, particularmente en los Municipios Ocampo, Aldama, Tula, Altamira, Cd Madero y Nuevo Laredo, que son donde se han registrado los sismos ya comentados.

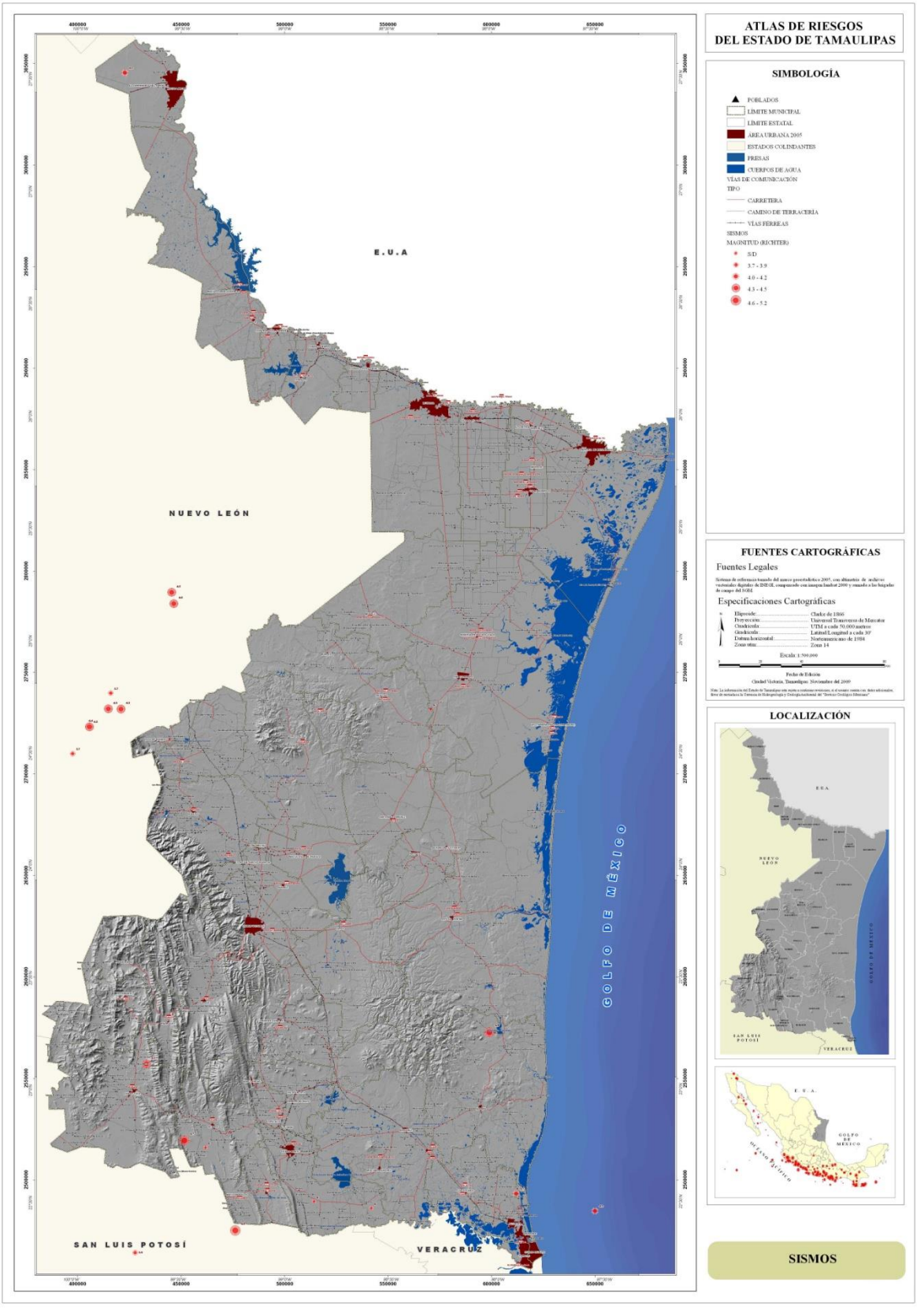



**Figura 41.** Sismos registrados en el Estado de Tamaulipas.

En otros Municipios se ha manifestado actividad sísmica sin que se tenga registro de la misma, tal es el caso de los Municipios El Mante, con registro de sismos en los años 1983 y 1984 y Ocampo en 1983 (Tabla 25).

**Tabla 25.** Sismos registrados en los Municipios de Tamaulipas.

| FECHA | MAGNITUD | MUNICIPIO |
|---|---|---|
| *09/09/1983 | S/D | El Mante |
| *01/11/1983 | S/D | Ocampo |
| *19/11/1984 | S/D | El Mante |
| *29/01/1989 | 4.7 | Ocampo |
| *30/11/1992 | 4.8 | Aldama |
| *09/04/1994 | 4.3 | Tula |
| *30/10/2008 | 4.1 | Altamira |
| *23/09/2008 | 4.2 | Madero |
| **S/D | 4.2 | Nuevo Laredo |
| ***S/D | S/D | Cruillas |

**Fuente:** **Servicio Sismológico Nacional (SSN); **Incorporated Research Institutions *** International Seismological Center.*

Cabe mencionar que el peligro sísmico se describe mediante indicadores cuantitativos de las probabilidades de ocurrencia de movimientos de distintas intensidades durante lapsos dados (UNAM, 2003). Se utiliza para ello la tasa de excedencia de parámetros de intensidad sísmica instrumental, es decir, el numero medio de veces, por unidad de tiempo que ocurre un temblor con magnitud mayor (CENAPRED, 2006). Sin embargo en el Estado de Tamaulipas, hasta la fecha, no se ha registrado sismos de magnitud mayor, lo que resulta que no se puede predecir la presencia de peligro sísmico.

Hasta hace dos años, el 23 de mayo del 2007, se registraron movimientos de terreno en la zona sur de Tamaulipas, en los Municipios de Tampico y Madero, los cuáles según el Servicio Sismológico Nacional, fueron originados por un sismo de magnitud 5.2, cuyo epicentro se generó a 167 kilómetros al noroeste de Tuxpan, Veracruz. Esta manifestación no provocó daño alguno, sólo se sintió el movimiento de la superficie, lo anterior de acuerdo a Protección Civil de Tampico, plan de contingencia sísmica D2626.

# VIII. RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS

## 1. Metodología

A continuación se describe de una forma breve la metodología utilizada para la definición de zonas de peligro por inundación, así como el análisis climatológico. Cabe mencionar que todos los factores aquí descritos se involucraron en el análisis, de manera adicional se presentan en las fichas de campo (Anexo II), o en la base de datos generada para el análisis.

En el caso de la metodología utilizada para desarrollar los apartados de erosión e incendios forestales, éstas se resumen en cada uno de los apartados.

### *A. Peligro Por Inundación*

Para la identificación de los peligros naturales, particularmente los Peligros por Inundación, se empleó la Guía para la **Elaboración de Mapas de Riesgo por Inundaciones y Avenidas Súbitas**, metodología elaborada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2006).

Las inundaciones se generan cuando la precipitación provoca que el flujo de agua sea superior al área del cauce o cuerpo de captación, estas ocasionan catástrofes naturales desastrosas, ya que en temporada de lluvias cobran un número importante de víctimas a nivel mundial.

Las principales causas asociadas a las inundaciones son generalmente:

- La precipitación intensa, sobre todo cuando el terreno presenta pendientes considerables o zonas planas donde se anegan grandes cantidades de agua.
- La falta de filtración del agua en el terreno, asociado con el tipo de roca o suelo lo cual no permite su almacenamiento subterráneo, lo que provoca un volumen mayor de escurrimiento superficial y en consecuencia un aumento en el nivel de los ríos.
- La insuficiente capacidad y taponamiento en las redes de drenaje pluvial, superficies asfaltadas, urbanización en los cauces naturales de ríos y arroyos (Asociado principalmente a zonas urbanas).
- El aprovechamiento de recursos maderables es otro factor que contribuye a que se presenten las inundaciones, ya que con dicha actividad se debilita el suelo, aérea la superficie vegetal, se reduce la cantidad infiltrada, lo que se traduce en un incremento de la escorrentía que facilita las inundaciones y provoca desgajamientos y arrastre de sólidos que azolvan los cuerpos superficiales de agua (Hernández y Carrasco, 2001) (Oropeza y Reyes, 2001).

Aunado a lo anterior, los tiempos de concentración de los escurrimientos dependen de las características fisiográficas de cada cuenca (Aparicio, 1999), debiéndose considerar los siguientes factores:

- Precipitación
- Pendiente
- Capacidad hidráulica de los ríos o arroyos
- Longitud del cauce

Estos factores nos permiten determinar si las inundaciones se van a presentar de manera súbita natural, súbita antropogénica o en un proceso lento:

- **Súbita natural**: generalmente se presentan en cuencas con pendientes considerables, barrancas, valles y áreas montañosas.

- **Súbita antropogénica**: se deben al rompimiento de un bordo, cortina de presa o represa; para el caso especifico asociado a zonas urbanas la poca capacidad de las redes de drenaje, así como el azolvamiento de las mismas.
- **Proceso lento**: en estos casos se puede pronosticar una posible inundación y prevenir pérdidas humanas principalmente.

Este tipo de peligros se relaciona directamente con los volúmenes de precipitación pluvial en la cuenca y las características topográficas del terreno circundante, por tanto es imprescindible conocer y si es el caso determinar los volúmenes de escurrimiento a partir de la precipitación que los origina; lo anterior se determina con base en un modelo lluvia-escurrimiento, así la secuencia metodológica del sistema de estimación de peligro por inundación divide la evaluación del peligro en un análisis hidrológico y otro hidráulico.

El análisis hidrológico incluye el estudio de la precipitación en la cuenca y su relación con el escurrimiento que habrá de concentrarse en las obras de drenaje o las corrientes naturales. El análisis hidráulico se refiere al comportamiento en el tiempo del caudal obtenido con el análisis hidrológico al transitar por el drenaje y los cauces fluviales.

A continuación se presenta una breve descripción de algunas características de las variables que se consideraron en la aplicación de la metodología de CENAPRED (2006):

### *I) Características Fisiográficas de la Cuenca*

Una Cuenca Hidrográfica es la unidad natural definida por la existencia de la línea divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales, sus límites quedan establecidos por la línea divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios. (Ver Figura 42).

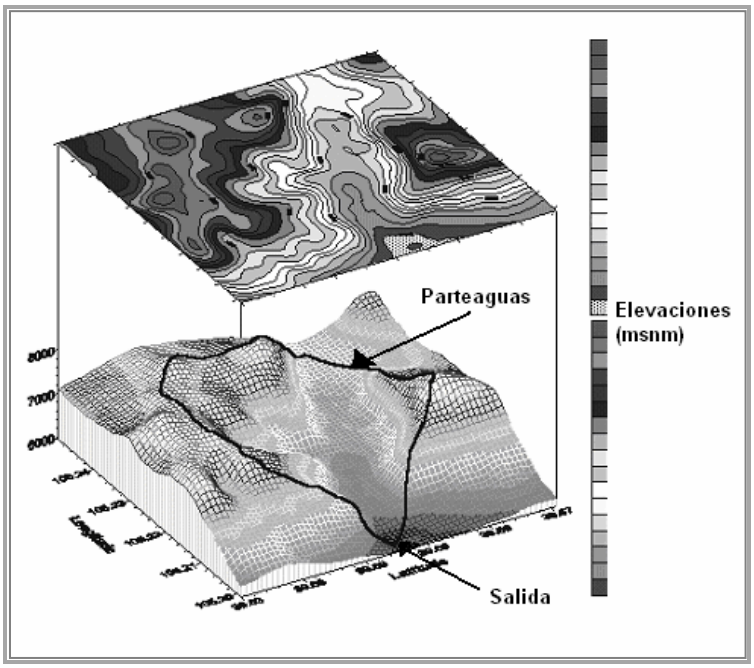



**Figura 42.** Delimitación de una subcuenca en relieve.

***m) Parteaguas***

Se trata de una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, es decir la zona topográficamente más baja.

***n) Área de la cuenca***

El área de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas (Aparicio F., 1999) (Figura 43).

Resulta importante destacar que para la obtención de las áreas de las subcuencas se determinaron utilizando como plataforma de trabajo el Software Arc Map 9.3, que es una herramienta que permite calcular de manera electrónica superficies.

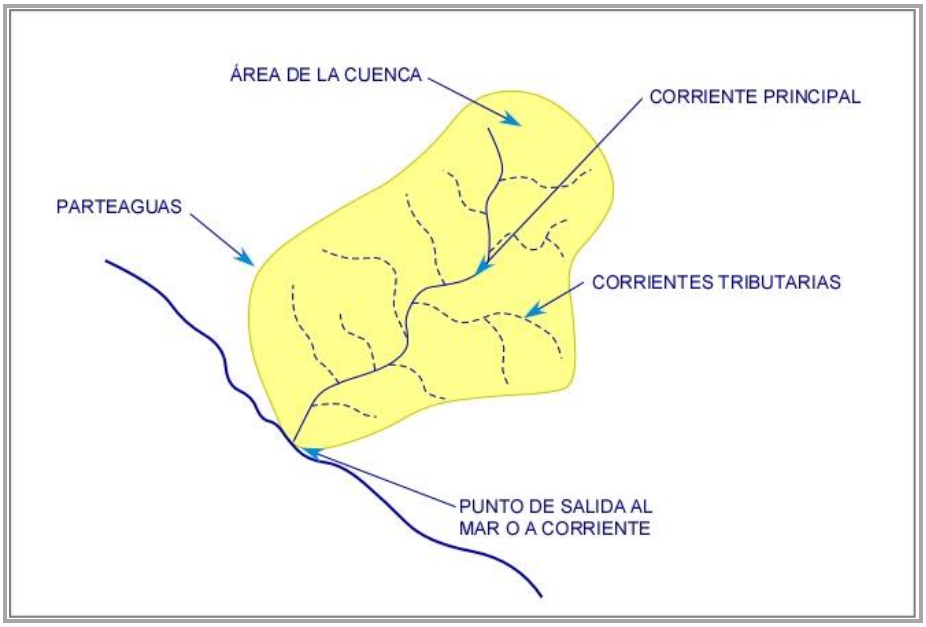



**Figura 43.** Principales características de una cuenca hidrológica.

***o) Descripción de la red de drenaje***

La red de drenaje de una cuenca está integrada por un cauce principal y una serie de tributarios (o ramales) cuyas ramificaciones se extienden hacia las partes más altas de la cuenca. Las corrientes tributarias son las corrientes secundarias que convergen al cauce o corriente principal. La corriente o cauce principal de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma.

Por lo anterior se desprende que todo punto de cualquier corriente tiene a su vez una cuenca de aportación y toda cuenca tiene sólo una corriente principal (Ver Figura 44).

La clasificación de corrientes más utilizada actualmente es la de Horton-Strahler:

1. Los cauces que se originan en una fuente u origen, son definidos como corrientes de primer orden.
2. Cuando las corrientes de primer orden se unen a una adicional se crea una de segundo orden.
3. Cuando dos corrientes de diferente orden convergen, el segmento de corriente inmediatamente aguas abajo se considera como la continuación de la corriente de mayor orden.

También la red de drenaje tiene una salida única. Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias se llaman cuencas tributarias o subcuencas (CENAPRED, 2006).

### *p) Longitud del cauce*

Se conoce como longitud de cauce, la distancia horizontal que recorre la corriente de mayor orden desde su inicio hasta el sitio de interés.

Normalmente la longitud de los cauces son similares para cada segmento de un mismo orden y por regla general los cauces de orden inferior son más cortos que los de orden mayor.

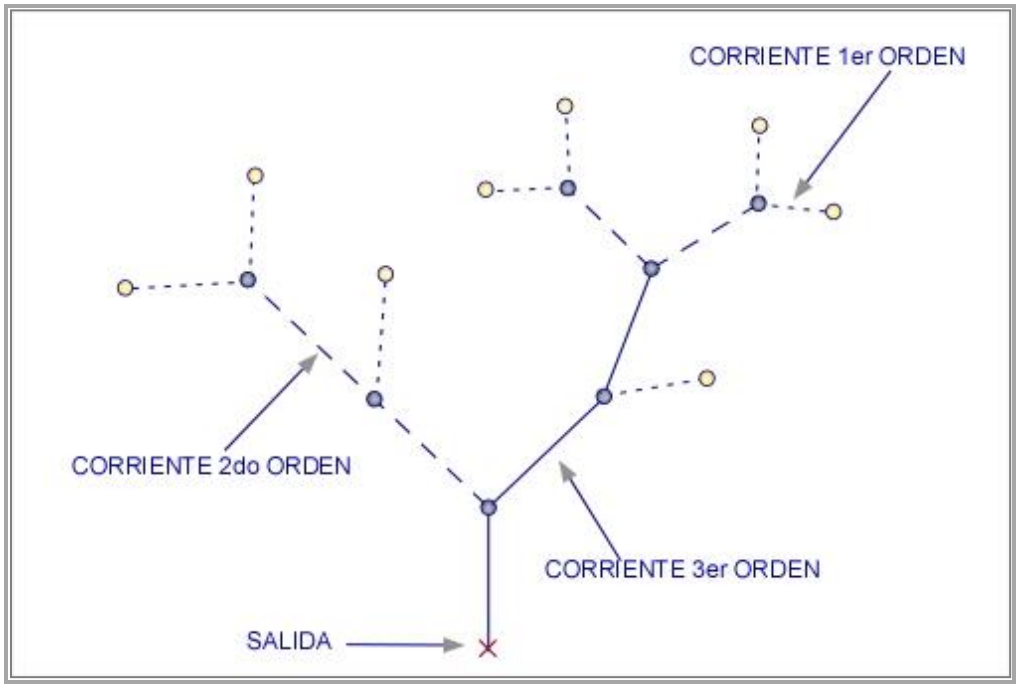



**Figura 44.** Sistema de ordenación de corrientes.

### *q) Pendiente media del cauce principal*

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta hidrológica de una cuenca a una tormenta es la pendiente del cauce principal, no se debe confundir con la pendiente de la cuenca, dado que la pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media, este factor es considerado para el cálculo del índice de peligro por avenidas súbitas. Para el cual se toma en cuenta la diferencia entre la mayor y menor elevación ocurrida en lo largo del cauce principal entre la distancia de este (Aparicio, 1999; CENAPRED, 2006).

$$S = \frac{H_1 - H_2}{L_T}$$

Donde:

| | |
|---|---|
| **S** | Pendiente media de la cuenca. |
| **$H_1$** | Elevación inicial. |
| **$H_2$** | Elevación final. |
| **$L_T$** | Longitud total del cauce principal. |

### *r) Tipos de suelo*

Para fines de hidráulica, los suelos se clasifican en finos y gruesos; los gruesos se refieren al material que varía desde rocas y gravas hasta arenas, con muy poco material fino (menos del 15% del suelo) y los finos se refieren a las arcillas y limos con nula o muy escasa arena. Para identificar si el suelo presenta una mayor cantidad de arena o una mayor cantidad de finos se aplicaron las pruebas (practicas) que indica la metodología y que a continuación se describen (Ver Tabla 26).

**Tabla 26.** Tipo de suelo.

| | |
|---|---|
| **GRUESOS** | **Macizo Rocoso** |
| | Roca Disgregada ( 100 < ø < 500 mm ) |
| | Gravas (3.5 < ø < 100 mm) |
| | Arena Gruesa ( 2.4 < ø < 3.5 mm) |
| | Arena Mediana ( 1.22 < ø < 2.4 mm) |
| | Arena Fina (0.075 < ø < 1.22 mm) |
| | Arena Limosa |
| | Arena Arcillosa |
| **FINOS** | Limo Arenoso |
| | Arcilla Arenosa |
| | Limo |
| | Arcilla |

### *s) Método para determinar la consistencia cerca del límite plástico.*

En la determinación del tamaño de las partículas que componen un suelo, para este caso fino o arenoso, se realizó la siguiente prueba: se colecto de manera in-situ un puño de suelo húmedo y se trato de hacer un rollo (bolillito); si se llega a formar esta figura, esto significa que, el suelo tiene una predominancia de material fino en comparación con el tamaño de arenas y si el rollo se deshace, entonces se tiene una predominancia del tipo de arena con finos. (Ver Fotografía 15).

**Fotografía 15.** Método de la Consistencia cerca del límite plástico.

Para identificar si el suelo es una arcilla o limo se aplicaron los métodos que a continuación se mencionan.

***t) Método de Dilatancia***

Se toma un puño de suelo húmedo, se da forma de pastilla (una bolita de suelo de aproximadamente 1 cm. de diámetro) y se coloca en una de las manos, se deja abierta la mano y con la otra se dan unos pequeños golpes a la bolita que esta sobre la superficie de la mano, si se observa que la pastilla empieza formar gotitas de agua sobre la superficie, se dice que es un limo, de lo contrario es una arcilla. (Ver Fotografía 16).

**Fotografía 16.** Método de Dilatancia.

***u) Método de resistencia en estado seco***

Consiste en formar con el suelo húmedo una pastilla, se deja secar y después se trata de disgregar con la mano; si éste se disgrega fácilmente se dice que es un limo, de lo contrario se trata de una arcilla.

***v) Cubierta Vegetal***

Todas las cuencas tienen en mayor o menor grado cierta cubierta vegetal. Se pueden identificar diferentes tipos de esta, entre las que se puede encontrar, bosques, pastizales, suelos agrícolas y suelos desnudos.

***w) Estimación del escurrimiento crítico a la salida de la cuenca***

El escurrimiento que sale de la cuenca se considera como la suma de una fase líquida (agua) y una fase sólida (sedimentos) (CENAPRED, 2006).

***x) Gasto líquido***

Se entiende por gasto líquido, el volumen de agua que pasa por una sección en un determinado tiempo, el cual también se conoce como caudal. Para determinar este escurrimiento se empleo la fórmula Racional (lluvia–escurrimiento) más antiguos (1889) y probablemente todavía es uno de los más utilizados. Esta relación considera que el gasto máximo o pico (líquido) se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración (CENAPRED 2006).

La fórmula Racional se presenta a continuación:

$$Q_P = 0.278CiA$$

Donde:

**Qp** Gasto máximo o de pico ($m^3/s$).

**C** Coeficiente de escurrimiento (Tabla 27) para zonas urbanas.

**i** Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca (mm/h).

**A** Área de la cuenca ($Km^2$).

**Tabla 27.** Valores del coeficiente de escurrimiento.

| TIPO DEL ÁREA DRENADA | COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO MÁXIMO |
|---|---|
| Zonas Comerciales:<br>*Zona comercial<br>*Vecindarios | <br>0.95<br>0.70 |
| Zonas Residenciales:<br>*Unifamiliares<br>*Multifamiliares Espaciados<br>*Multifamiliares Compactos<br>*Semiurbanas<br>*Casas Habitación | <br>0.50<br>0.60<br>0.75<br>0.40<br>0.70 |
| Zonas Industriales:<br>*Espaciado<br>*Compacto | <br>0.80<br>0.90 |
| Cementerios, parques | 0.25 |
| Campos de juego | 0.35 |
| Patios de ferrocarril | 0.40 |
| Zonas suburbanas | 0.30 |
| Calles:<br>*Asfaltadas<br>*De concreto hidráulico<br>*Adoquinadas | <br>0.95<br>0.95<br>0.85 |
| Estacionamientos | 0.85 |
| Techados | 0.95 |
| Praderas:<br>*Suelos arenosos planos (pendientes 0.02 ó menos)<br>*Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)<br>*Suelos arenosos escarpados (0.07 ó más)<br>*Suelos arcillosos planos (0.02 ó menos)<br>*Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)<br>*Suelos arcillosos escarpados (0.07 ó más) | <br>0.10<br>0.15<br>0.20<br>0.17<br>0.22<br>0.35 |

Para determinar la intensidad a la que se refiere la formula racional, para una duración igual al tiempo de concentración (*tc*), se utilizo el mapa de isoyetas asociado a los diferentes periodos de retorno (Tr) a 2,5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000 y 2500 años, con ello se calcularan diferentes gastos líquidos para periodos de 24 horas y 1 hora. (Ver Anexo IV). Tablas de láminas de lluvia a 24h y 1h para cada una de las microcuencas analizadas).

Para estimar el tiempo de concentración se utiliza la formula de Kirpich (CENAPRED, 2006).

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

**S** Pendiente media del cauce principal.

**L** Longitud del cauce principal (m).

**$t_c$** Tiempo de concentración (hrs.).

En la obtención de la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (*tc*), se realiza una interpolación, según el valor del tiempo de concentración, entre los valores de la lámina de lluvia para d=24 horas y d=1 hora, para cada uno de los periodos de retorno considerados. (Ver Tabla 28).

**Tabla 28.** Láminas de lluvia.

| Tr (Años) | 24h hp(mm) | 1h hp(mm) |
|---|---|---|
| 2 | -- | -- |
| 3 | -- | -- |
| 10 | -- | -- |
| 25 | -- | -- |
| 50 | -- | -- |
| 100 | -- | -- |
| 250 | -- | -- |
| 500 | -- | -- |
| 1000 | -- | -- |
| 2500 | -- | -- |

Con los logaritmos de la duración de una hora y de 24 horas y la lámina de lluvia leída de los mapas de isoyetas y con ayuda de la ecuación general de la línea recta, se obtiene el valor de la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración. (Ver Tabla 29).

**Tabla 29.** Logaritmo de la duración vs precipitación.

| DURACION (h) | ln (d) | hp (mm) |
|---|---|---|
| 1 | 0 | -- |
| 24 | 3.17805383 | -- |

Ecuación general de la recta:

$$y = mx + b$$

Pendiente de la recta:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Al realizar un cambio de variables en la ecuación general de la línea recta, se obtuvo la ecuación siguiente:

$$hp(t_c) = \frac{hp(24) - hp(1)}{\ln(24) - \ln(1)}.\ln(t_c) + hp(1)$$

Para obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (*tc*), se divide la lámina de lluvia antes mencionada entre el valor del tiempo de concentración.

$$i = \frac{hp(t_c)}{t_c}$$

***y) Gasto Sólido***

El gasto sólido es la cantidad de sedimentos por unidad de tiempo que debe sumarse al gasto líquido para tener el escurrimiento de la cuenca. La obtención del gasto sólido que calcula mediante una avenida y la cual tiene una relación directa con la Fórmula Universal de Pérdida de Suelo (CENAPRED, 2006); la cual presenta la siguiente relación algebraica:

$$E = 0.224 * R * K * LS * C * P$$

Donde:

**E** Índice de erosión (Kg/m$^2$) por evento (año, tormenta, etc.).

**R** Índice de erosividad asociado a la lluvia en el sitio (adimensional).

**K** Representa la erosionabilidad del suelo o sea, el tipo de suelo (adimensional).

**LS** Pendiente y su longitud del cauce (adimensional).

**C** Es un factor que toma en cuenta la cobertura vegetal (adimensional).

**P** Factor que considera el número total de obras de protección contra erosión que existen en la zona (adimensional).

***z) Factor R***

Se obtiene con la expresión:

$$R = 0.00576 i^2 \left(1.213 + 0.3865 Ln(i)\right)$$

Donde (**i**) es la intensidad de lluvia obtenida del mapa de isoyetas de 24 horas de duración y períodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000 y 2500 años en mm/d.

***aa) Factor K***

Este factor se refiere al tipo de suelo que predomina en la cuenca, los valores que se emplearon son los obtenidos de la clasificación del suelo (mencionado con anterioridad) para posteriormente realizar el cálculo del valor del parámetro K en la cuenca (Tabla 30).

**Tabla 30.** Valor del Factor K.

| TIPO DE SUELO | FACTOR K |
|---|---|
| Macizo Rocoso | 0 |
| Roca Disgregada ( 100 < Ø < 500 Mm ) | 0.05 |
| Gravas (3.5 < Ø < 100 Mm) | 0.1 |
| Arena Gruesa ( 2.4 < Ø < 3.5 Mm) | 0.2 |
| Arena Mediana ( 1.22 < Ø < 2.4 Mm) | 0.23 |
| Arena Fina (0.075 < Ø < 1.22 Mm) | 0.26 |
| Arena Limosa | 0.3 |
| Arena Arcillosa | 0.33 |
| Limo Arenoso | 0.36 |
| Arcilla Arenosa | 0.4 |
| Limo | 0.45 |
| Arcilla | 0.5 |

***bb) Factor LS***

Este factor se refiere a la relación longitud-pendiente del cauce principal de la cuenca; para el que emplea la siguiente fórmula:

$$LS = \left[\frac{L}{22}\right]^{m} \left(0.065 + 0.45Sp + 0.00065Sp^{2}\right)$$

Donde:

**L** Longitud del cauce (m).

**Sp** Pendiente media del cauce principal (%).

**m** Factor que depende del valor de la pendiente.

**m** = 0.5 si Sp ≥ 5 (%)

**m** = 0.4 si 3 (%) ≤ Sp ≥ 5 (%)

**m** = 0.3 si 1 (%) ≤ Sp ≥ 3 (%)

**m** = 0.2 si Sp ≤ 1 (%)

***cc) Factor C***

Este factor se refiere a la cobertura vegetal en la zona de estudio; la cobertura vegetal se determinó mediante un recorrido en la zona de estudio definiendo de manera visual el porcentaje de esta y considerando los valores, en porcentaje, que se muestran a continuación y que son característicos del Factor **C** (Tabla 31).

**Tabla 31.** Valores del Factor C.

| COBERTURA VEGETAL (%) | FACTOR C |
|---|---|
| Bosques bien definidos (≥ 97 %) | 0.02 |
| 80 % ≤ cobertura vegetal ≤ 96 % | 0.2 |
| 60 % ≤ cobertura vegetal ≤ 79 % | 0.3 |
| 40 % ≤ cobertura vegetal ≤ 59 % | 0.4 |
| 16 % ≤ cobertura vegetal ≤ 39 % | 0.5 |
| 5 % ≤ cobertura vegetal ≤ 15 % | 0.6 |
| Suelo desnudo ≤ 4% de la cobertura vegetal | 1 |

***dd) Factor P***

Este factor presenta una relación directa con las obras que se han construido en las laderas para el control de la erosión, su determinación se obtuvo al realizar un recorrido por la zona de estudio, posteriormente se empleo el valor ya calculado (ver Tabla 32) que corresponde a los valores de dicha variable.

Las técnicas más empleadas en México para el control de la erosión es la reforestación, cultivo de fajas de pasto, construcción de terrazas, presas de gaviones y desarenadores, siendo la más efectiva la construcción de terrazas (CENAPRED, 2006).

El índice de erosión (E) se considera un indicador que se emplea en la determinación de la concentración de sedimentos (Cs) que lleva el cauce. Por definición se dice que la concentración de sedimentos es la cantidad de material sólido entre el volumen total del fluido (CENAPRED, 2006).

**Tabla 32.** Valores del Factor P.

| TIPO DE OBRA DE CONTROL DE EROSIÓN | FACTOR P |
|---|---|
| Cuando más del 90 % de las laderas de la cuenca tienen terrazas | 0.1 |
| El área de las laderas que tiene terrazas está entre 61 % y 90 % | 0.2 |
| El área de las laderas que tiene terrazas está entre 41 % y 60 % | 0.3 |
| El área de las laderas que tiene terrazas está entre 21 % y 40 % | 0.4 |
| El área de las laderas que tiene terrazas está entre 6 % y 20 % | 0.5 |
| Reforestación más del 90 % del área de la cuenca | 0.2 |
| 50 % < reforestación < 90 % | 0.2 |
| 30 % < reforestación < 49 % | 0.3 |
| 5 % < reforestación < 29 % | 0.4 |
| Si existen presas de gaviones en las barrancas de la cuenca | 0.5 |
| Si existen desarenadores en las localidades a la salida de la cuenca | 0.35 |
| Si no existen obras de control de erosión en toda la cuenca | 1.0 |

Para calcular (*Cs*) se determina primero el valor de (*E*); Si éste es mayor que 30, entonces (*Cs*) será igual a 0.6; si (*E*) es menor a 30 se sustituye en la siguiente ecuación.

$$Cs = 0.00063E^2$$

Con los valores obtenidos del gasto líquido (*Qp*) y la concentración de sedimentos (*Cs*) se calcula el gasto total del fluido que escurre sobre el cauce al final de la cuenca. Sustituyendo estos valores en la expresión para obtener ($Q_T$) resulta:

$$Q_T = \frac{Q_P}{1 - Cs}$$

Donde:

**$Q_T$** Gasto total que escurre al final de la cuenca ($m^3/s$).

**$Q_P$** Gasto líquido ($m^3/s$).

**$C_S$** Concentración de sedimentos (adimensional).

Finalmente, el gasto de sólidos se obtendrá con la expresión:

$$Q_s = Q_T - Q_P$$

Donde ($Q_S$) es el gasto de sólidos, en $m^3/s$, que representa el volumen de sedimentos por unidad de tiempo que acompaña a una avenida en un río, es decir, que el gasto total es la suma de los gastos líquido y sólido (CENAPRED, 2006).

***ee) Determinación del Área Hidráulica Permisible***

El área hidráulica permisible es aquella que permite a que el flujo de escurrimiento (QP) transite sobre una sección de arroyo y/o río sin sobrepasar el área de este.

Para calcular esta ase emplea la siguiente expresión:

$$Ah = \frac{Q_T}{V}$$

Donde:

**$Q_T$** Gasto total que escurre al final de la cuenca ($m^3/s$).

**$A_h$** Área hidráulica requerida.

**V** Velocidad del flujo (m/s).

La velocidad del flujo se determina de manera directa e indirecta:

- La forma directa se realiza in-situ, midiendo la velocidad del flujo que llevaba en ese momento el caudal del arroyo con la ayuda equipo especial.
- La velocidad indirecta se obtuvo de forma bibliográfica (CENAPRED, 2004) de la cual se tiene la siguiente expresión:

$$V = \frac{L}{3600 t_c}$$

Donde:

**L** Longitud del cauce principal (m).

**$t_c$** Tiempo de concentración (24 h).

***ff) Determinación del área geométrica.***

Para determinar el área geométrica en el cauce correspondiente a las subcuencas del área de estudio, se realizaron secciones transversales a lo largo de los ríos o arroyos. Estas se elaboraron en sitios donde se puede tener afectaciones por desbordamiento en el cauce, unión de tributarios al cauce, sitios en donde se estrechan los río o arroyos, donde se tenga infraestructura, viviendas, servicios, etc. y/o que representen potencialmente la pérdida de vidas o bienes materiales.

Los datos recabados en campo para la realización de la sección transversal de un cauce natural y uno no natural (encausado) se representan en las Figuras 45 y 46.

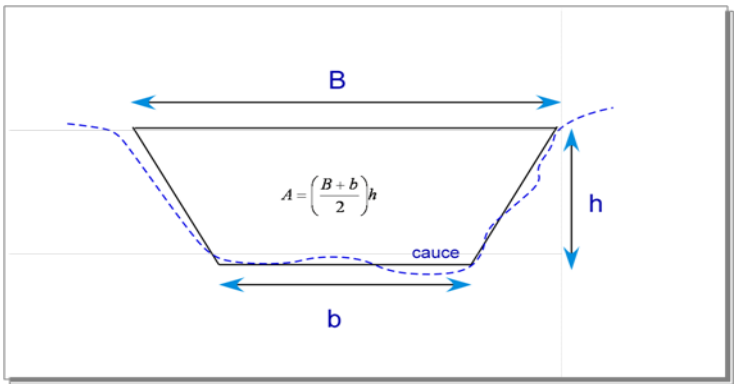



**Figura 45.** Sección transversal de un cauce natural circunscrita en un trapecio (CENAPRED, 2004).

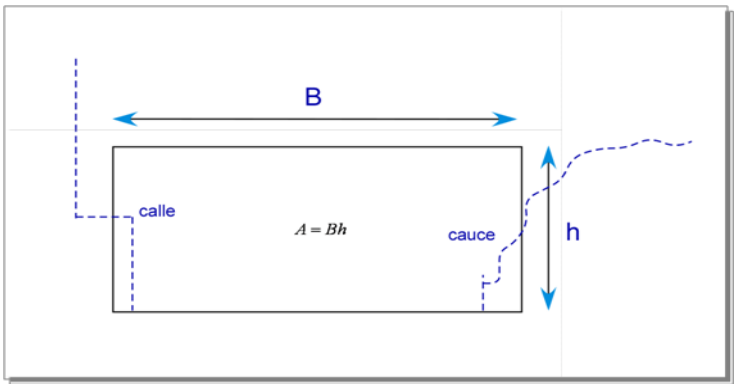



**Figura 46.** Sección transversal de un cauce no natural circunscrita en un rectángulo (CENAPRED, 2004).

Es importante mencionar que también se tomaron en cuenta: pendientes de los márgenes, distancias de las laderas, profundidad del cauce, dirección del flujo, dirección de la sección y la distancia de las viviendas al cauce, así como fotografías aguas abajo, arriba y de cada uno de los márgenes, para finalmente determinar el área geométrica de cada sección transversal con ayuda del software CANVAS 11. (Ver figura 47).

**Figura 47.** Sección transversal de campo en el programa CANVAS.

### *gg) Determinación de las zonas inundables*

La comparación del área hidráulica (***Ah***) y geométrica (***Ag***) permite conocer si una sección en particular tendrá problemas por desbordamiento.

- Si ***Ag > Ah*** la sección no presenta problemas por desbordamiento ya que existe más área geométrica o espacio para que el flujo de agua pase sin problemas.
- Si ***Ag < Ah*** la sección presenta problemas por desbordamiento lo que indica que el área geométrica no es suficiente para contener el flujo de agua.
- Si ***Ag = Ah*** la sección no presenta problemas por desbordamiento, se encuentra en equilibrio.

Para el caso donde ***Ag < Ah*** y determinar las zonas inundables, es necesario identificar mediante tanteos el tirante del agua, es decir proponiendo tirantes superiores al que permita el área geométrica y calculando el área de la nueva sección hasta igualar el valor con el área hidráulica requerida.

Además de los criterios antes descritos para la determinación de las zonas inundables, también se utilizaron curvas de nivel, modelos de elevación e imágenes Spot, Quick Bird, Ortofotos y Landsat.

En el caso de canales, debido a que no existe una que ayude a la determinación de zonas inundables, únicamente se emplearon las curvas de nivel, modelos de elevación e imágenes ya antes mencionadas, en lo referente a las fichas de campo, se tomaron en cuenta los mismos parámetros que se utilizaron para escurrimientos. (Ver Anexo II).

Para encharcamientos, se levantaron puntos de verificación en algunas de las principales cabeceras municipales del Estado, los datos que se tomaron en cuenta fueron: el tipo de inundación, la altura de la inundación, el cuerpo de agua y la distancia a éste, si es que existe; el tipo de zona, nivel socioeconómico, tipo de asentamiento, peligro y vulnerabilidad. Así como fotografías y un croquis de la zona (Ver Anexo II), con base en esto, a los modelos de elevación, curvas de nivel e imágenes, además capas temáticas e información proporcionada por las diferentes corporaciones de Protección Civil de algunos Municipios, partiendo de esta información, se procedió a determinar las zonas susceptibles a encharcamientos.

La zonificación para zonas de acumulación se realizó con base a la capa de terrenos sujetos a inundación otorgada por la CONABIO y algunos límites de inundación determinados por el INEGI.

### *hh) Determinación de vulnerabilidad y riesgo*

La definición del concepto de vulnerabilidad, nos da la pauta para conocer el valor monetario de las zonas que están expuestas al fenómeno de inundación, y así, clasificar que sectores expuestos presentan mayor o menor susceptibilidad de afectación respecto a sus condiciones Sin embargo, sólo se tomaron en cuenta las condiciones socioeconómicas en base al tipo de vivienda y algunos materiales de construcción. Por tal motivo, esta cuantificación se adecuó en base en la clasificación propuesta por el CENAPRED donde toman en cuenta al menaje y algunos tipos de materiales de construcción que existente en ellas. Como se menciona en la Tabla 33.

**Tabla 33.** Tipos de vivienda en base a su menaje, CENAPRED.

| TIPO DE VIVIENDA | CARACTERÍSTICAS | VALOR |
|---|---|---|
| I | Corresponde a los hogares más humildes, una vivienda consta de un sólo cuarto multifuncional, construido con material de desecho. Asimismo, el menaje es el mínimo indispensable. | $12,500 |
| II | Hogares que pueden ser clasificados como clase baja, donde la vivienda puede ser equiparada como una vivienda de autoconstrucción o viviendas construidas con materiales de la zona, la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto al menaje, la hipótesis es que las diferentes habitaciones cuentan con sus muebles propios y están más o menos definidas. | $50,000 |
| III | El tercer tipo de viviendas también puede ser clasificado como clase - baja, similar al tipo II, pero con techos más resistentes, construida la mayoría de las veces sin elementos estructurales. El menaje corresponde al necesario para las diferentes habitaciones, como en el anterior nivel; sin embargo, se consideran de mayor calidad y por lo tanto un mayor costo. | $150,500 |
| IV | El cuarto tipo de viviendas se identifica como la típica para la clase media, es decir, que puede ser equiparada con una vivienda de interés social, construida la mayoría de las veces con elementos estructurales. El menaje que se ha seleccionado corresponde con el de una casa típica de una familia de profesionistas que ejercen su carrera y viven sin complicaciones económicas. | $300,000 |
| V | Finalmente, el último sector de viviendas, corresponde al tipo residencial, construida con acabados y elementos decorativos que incrementan sustancialmente su valor. El menaje está formado por artículos de buena calidad y con muchos elementos de confort. | $450,000 |

**Fuente:** *"Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligro y riesgo", CENAPRED, 2005.*

Donde, en base a lo anterior, se elaboró una tabla de la tipología de vivienda adecuada a la información con la que se cuenta. Dicha clasificación se utilizará en este estudio (Ver Tabla 34).

**Tabla 34.** Tipos de vivienda en base a su menaje y tipos de material (AGEB´s INEGI. 2005).

| TIPO DE VIVIENDA | CARACTERÍSTICAS | VALOR |
|---|---|---|
| I | Corresponde a hogares que cuentan con un cuarto, piso de tierra, sin servicios (agua potable, drenaje y energía eléctrica) y sin computadora. | $12,500 |
| II | Corresponde a hogares que cuentan de 2 a 3 cuartos, piso de cemento, con servicios (agua potable, drenaje y energía eléctrica), con refrigerador, con televisión y sin computadora. | $150,500 |
| III | Corresponde a hogares que cuentan con 4 cuartos, piso de cemento, con servicios (agua potable, drenaje y energía eléctrica), con refrigerador, con televisión, con lavadora y con computadora. | $300,000 |
| IV | Corresponde a hogares que cuentan más de 5 cuartos, piso de madera y cemento, con servicios (agua potable, drenaje y energía eléctrica), con refrigerador, con televisión, con lavadora y con computadora. | $450,000 |

Para la evaluación del parámetro de riesgo se combinaron los elementos de peligro, vulnerabilidad y bienes expuestos, ya que la definición de este precepto se puede señalar como la correlación entre la intensidad de una "amenaza natural" (peligro), la susceptibilidad de los sistemas expuestos a ser dañados por el efecto de un fenómeno perturbador (vulnerabilidad) y el valor de los bienes expuestos de dicha población que recibe el impacto. De donde dicha correlación muestra los diferentes valores de riesgo que se obtienen al combinar estos parámetros (Ver Tabla 35).

**Tabla 35.** Matriz de Riesgo DINAPRE, (2006).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Peligro muy alto** | **Riesgo Alto** | **Riesgo Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** |
| **Peligro alto** | Riesgo Medio | Riesgo Medio | Riesgo Alto | Riesgo Muy Alto |
| **Peligro Medio** | Riesgo Bajo | Riesgo Medio | Riesgo Medio | Riesgo Alto |
| **Peligro bajo** | Riesgo Bajo | Riesgo Bajo | Riesgo Medio | Riesgo Alto |
| **Peligro / Vulnerabilidad** | **Vulnerabilidad baja** | **Vulnerabilidad media** | **Vulnerabilidad alta** | **Vulnerabilidad muy alta** |
| | **Vivienda Tipo IV** | **Vivienda Tipo III** | **Vivienda Tipo II** | **Vivienda Tipo I** |

**Fuente:** DINAPRE, *Sistema Nacional de Defensa Civil, Perú, 2006*

Para calcular el nivel de riesgo, en las zonas identificadas por afectación, se asignaron variables a cada uno de los elementos para el riesgo:

Peligro = 1; se asignó este valor como debido a que la zonificación representa el peligro alto.
Vulnerabilidad = probabilidad de daño del (80% - 20%).
Valor = Costo de la vivienda de acuerdo a su tipología ($12,500 - $450,000).

Al combinar estas variables y combinar las variables en la Tabla 35, nos resultan niveles de riesgo de valor medio, alto y muy alto. Por ejemplo:

**Vivienda tipo I**

R = PVC
R = (1) (0.8) ($12,500x8)
R = $80,000

## *B. Climatología*

Con la finalidad de conocer las condiciones climatológicas de la zona de estudio, fueron procesados y analizados datos de 177 estaciones climatológicas proporcionadas por Comisión Nacional del Agua. Su distribución cubre prácticamente toda la superficie estatal, dichas estaciones presentan ausencia de datos para varios años, por lo cual únicamente se consideró un periodo de análisis de 28 años (1979-2007), el cual representa el intervalo con mayor número de datos, mismos que se utilizaron para el análisis y la obtención de valores de precipitación, tormenta, granizo, temperaturas máximas, mínimas y medias.

En lo que corresponde a precipitación se utilizaron los valores máximos en 24 horas, para tormenta se calculó el promedio anual de días con el fenómeno, mientras que para granizo se extrajeron y sumaron los días totales con el evento para cada una de las estaciones presentes en el Estado.

En el caso de las temperaturas se utilizaron los valores extremos tanto de temperaturas máximas y mínimas, es importante mencionar que para la obtención de la temperatura media se utilizaron los valores de las temperaturas mínimas y máximas de cada una de las estaciones procesadas.

Las Trayectorias de Ciclones Tropicales que han afectado al Estado de Tamaulipas, se obtuvieron de la base de datos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). Con base a esta información se determino su comportamiento histórico, periodos de ocurrencia, así como los ciclones tropicales que han sido de mayor afectación.

Para la depuración y procesamiento de la base de datos se utilizó el programa Excel 2007 y con los software Arc Map 9.3 y Surfer 8.0 se obtuvieron los mapas para cada una de las variables antes mencionadas.

Se recomienda al lector consulta el Anexo I, en el cual se presenta una base de datos depurada donde se involucran valores procesados de las estaciones climatológicas, mismos que se utilizaron para generar los diferentes mapas que se presentan en el apartado correspondiente a climatología.

## *C. Erosión*

En referencia a la erosión, a la fecha no existe una metodología abalada por la autoridad correspondiente, es decir, por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, por lo cual la metodología aquí empleada y que a continuación se describe fue desarrollada por el Servicio Geológico Mexicano.

En una primera instancia se trata de la integración y análisis de información bibliográfica y cartográfica, ya sea impresa o en formato digital (INEGI, 2008). Posteriormente se llevan a cabo trabajos de campo y de gabinete, en ambos casos conjuntado e integrado en un Sistema de Información Geográfica, el cual a partir de su análisis genera mapas con distintas regionalizaciones en función de los tipos de erosión definidos.

Para la realización de los trabajos de campo se utilizan cartas topográficas 1:50,000, donde se marcan diferentes puntos de verificación en función de la escala a la que se desee trabajar, es decir, estatal, municipal, etc., en estos puntos se toma en cuenta el relieve del terreno, asentamientos humanos, zonas agrícolas, zonas sin población, tipo de vegetación, características del suelo, entre otros. Con la finalidad de obtener la mayor información posible en campo, fueron diseñadas fichas de verificación con la información antes mencionada, ubicando en las cartas topográficas el sitio verificado.

Cabe mencionar que los recorridos de campo están en función de la fisiografía de la región, factores sociales como el acceso a varias zonas problemáticas, condiciones del terreno y ciertos factores antropogénicos, entre otros, por lo cual es probable que la programación inicial de los recorridos de campo tienda a modificarse en función de las circunstancias citadas.

La ficha de campo se compone por dos tipos de datos, los de localización e identificación de la zona visitada y los datos técnicos asociados al tipo de erosión, además de llevar un registro fotográfico de cada punto.

### *ii) Datos de localización.*

- Clave del punto de verificación.
- Coordenadas en el sistema UTM; latitud (x), longitud (y), altura (z)
- Clave de la carta topográfica utilizada
- Nombre del Municipio
- Localidad
- Fecha

***jj) Datos técnicos.***

- Tipo de erosión observado en la zona:

1. **(Eh) Erosión hídrica:** Eh0 nula, Eh1 débil, Eh2 moderada, Eh3 alta
2. **(Ec) Erosión concentrada:** Ec1 cauces y cañadas, Ec2 cárcavas
3. **(Ee) Erosión eólica**: Ee1 reptación, Ee2 deflación
4. **(Em) Erosión marina**: Em1 normal
5. **(Ea) Erosión antropogénica**

Ea1 Por asentamientos humanos
Ea2 Obras civiles
Ea3 Deforestación
Ea4 Actividades en dunas y

- Vegetación asociada
- Vegetación afectada
- Cobertura en kilómetros
- Unidad geológica asociada
- Uso de suelo
- Angulo de la pendiente

La información recabada en campo mediante el llenado de fichas es capturada en una base de datos, la cual mediante la manipulación del SIG se transforma en polígonos en función del tipo de erosión que prevalezca, posteriormente se integra con la información cartográfica recopilada y analizada en un principio (Edafología, Geología, Pendientes, Vegetación y Uso de Suelo, entre otros), dando como resultado una clasificación de los diferentes factores, misma que se describe a continuación.

***kk) Factor Geología***

Considerando las variaciones litológicas de la zona, en este caso producto de las cartas geológicas y mineras escala1:250,000, elaborada por el Servicio Geológico Mexicano, se utiliza la clasificación por grado de resistencia a compresión simple propuesta por Bieniawski en 1973, asociándola al desgaste que se produce en las rocas por los agentes erosivos, donde a mayor resistencia a la compresión, menor susceptibilidad a la erosión. Se asigna un valor entre 1 al 3, donde 1 significa una baja susceptibilidad a la erosión y una alta resistencia a la compresión, 2 indica una resistencia media a la erosión, al igual que una baja y alta resistencia a la compresión simple, el valor 3 representa una baja resistencia a la compresión y una alta susceptibilidad a la erosión. En la Tabla 36, se muestra una relación entre las diferentes características de roca y el valor asignado.

**Tabla 36.** Clasificación litológica de acuerdo a la resistencia por compresión simple y susceptibilidad a la erosión.

| LITOLOGÍA | TIPO DE ROCA | VALOR | | LITOLOGÍA | TIPO DE ROCA | VALOR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Conglomerado Polimíctico | Aluvión | 3 |
| Granodiorita-Monzonita | Rocas Intrusivas | 1 | | Litoral | Aluvión | 3 |
| Gabro-Diabasa | Rocas Intrusivas | 1 | | Lutita-Arenisca | Rocas Sedimentarias | 3 |
| Diorita - Sienita | Rocas Intrusivas | 1 | | Lutita - Caliza | Rocas Sedimentarias | 3 |
| Basalto | Rocas Extrusivas | 1 | | Aluvión | Aluvión | 3 |
| Sienita | Rocas Intrusivas | 1 | | Lutita-Marga | Rocas Sedimentarias | 3 |
| Gneis | Rocas Metamórficas | 1 | | Conglomerado Polimíctico-Arenisca | Rocas Sedimentarias | 3 |
| | | | | Arenisca-Limolita | Rocas Sedimentarias | 3 |
| Caliza-Lutita | Rocas Sedimentarias | 2 | | Arenisca | Rocas Sedimentarias | 3 |
| Caliza-Travertino | Rocas Sedimentarias | 2 | | Arenisca-Yeso | Rocas Sedimentarias | 3 |
| Caliza-Brecha Oligomíctica | Rocas Sedimentarias | 2 | | Arenisca-Lutita | Rocas Sedimentarias | 3 |
| Caliza | Rocas Sedimentarias | 2 | | Arenisca-Limolita | Rocas Sedimentarias | 3 |
| Caliza-Dolomía | Rocas Sedimentarias | 2 | | Lutita | Rocas Sedimentarias | 3 |
| Caliza - Lutita | Rocas Sedimentarias | 2 | | Conglomerado Polimictico | Aluvión | 3 |
| | | | | Lutita-Arenisca | Rocas Sedimentarias | 3 |
| | | | | Eólico | Aluvión | 3 |
| | | | | Arenisca-Conglomerado Polimictico | Rocas Sedimentarias | 3 |
| | | | | Lacustre | Aluvión | 3 |

### *II) Factor Edafología*

Tomando como referencia la Guía para la Interpretación Cartografía Edafológica (INEGI, 2008), se elaboró una clasificación de tipos de suelo de acuerdo a la susceptibilidad que presentan a la erosión. Tomando en cuenta la base de datos edafológicos de la zona de estudio, en función del tipo de suelo predominante fueron asignados valores entre 1 y 3 en función de su grado de erodabilidad, así como de las características propias de cada suelo, resultando un valor 1 para erodabilidad baja, 2 de grado medio y 3 correspondiente a grado alto (Tabla 37).

**Tabla 37.** Clasificación edafológica con respecto al grado de erodabilidad.

| NOMBRE DE SUELO | VALOR | | NOMBRE DE SUELO | VALOR | | NOMBRE DE SUELO | VALOR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gleysol | 1 | | Cambisol | 2 | | Litosol | 3 |
| Vertisol | 1 | | Chernozem | 2 | | Fluvisol | 3 |
| Xerosol | 1 | | Rendzina | 2 | | Luvisol | 3 |
| Yermosol | 1 | | Feozem | 2 | | Regosol | 3 |
| Solonchak | 1 | | Castañozem | 2 | | | |

### *mm) Factor Vegetación y Uso de Suelo*

Un factor importante para reducir los efectos de la erosión es la eficacia de la cobertura vegetal. En este caso los tipos de vegetación, así como la cobertura de uso de suelo fueron tomados de INEGI (2005), integrándose en polígonos con valores asignados entre 1 a 5, donde valores de 1 son considerados como zonas no afectadas por la erosión, el valor 2 representa una capa de suelo con posibilidades bajas de erosión, 3 significa una capa de regular protección, en el caso del valor 4 corresponde a una mala capa protectora, por último el valor 5 represente a una capa bastante susceptible a la erosión (Tabla 38).

**Tabla 38.** Clasificación por vegetación y uso de suelo en el Estado de Tamaulipas.

| ENTIDAD | VALOR |
|---|---|
| Cuerpo De Agua | 1 |
| Bosque | 2 |
| Selva | 2 |
| Pastizal | 3 |
| Otros Tipos De Vegetación | 3 |
| Área Agrícola | 3 |
| Matorral | 4 |
| Localidad | 4 |
| Área Sin Vegetación | 5 |

### *nn) Factor Pendiente*

El grado de inclinación del terreno es un punto importante con respecto a la pérdida de material edáfico, por lo que se otorga cierta categoría a los grados de la pendiente que presenta la fisiografía de la región de estudio, el valor 1 corresponde a un grado nulo de arrastre de material, 2 representa un grado bajo, 3 significa un grado medio y 4 es el atributo a un grado alto (Tabla 39). Cabe mencionar que la información de pendientes fue generada durante el desarrollo de este estudio a partir de curvas topográficas de mapas a escala 1:50,000.

**Tabla 39.** Clasificación del grado de pendiente asociado a la Erosión.

| ANGULO DE PENDIENTE | VALOR |
|---|---|
| 0 - 5 | 1 |
| 6 - 15 | 2 |
| 16 - 45 | 3 |
| 46 - 90 | 4 |

### *oo) Trabajo de campo*

La regionalización y delimitación de los distintos tipos de erosión cartografiados en campo se traducen en un mapa de tipología de erosión, integrado por distintos polígonos, los cuales son clasificados de acuerdo al tipo o subtipo de erosión asignado en los recorridos de campo. A esta clasificación se les asigna un valor del 1 al 6 para indicar de manera cualitativa el grado de erosión, donde 1 representa una escasa o nula erosión, 2 atribuye a una erosión mínima o débil, 3 equivale a una erosión media, 4 corresponde a una erosión moderadamente alta, 5 es igual a una erosión alta y 6 representa una erosión muy alta (Tabla 40).

**Tabla 40.** Clasificación de los tipos de erosión de acuerdo a su grado erosivo.

| CLAVE | TIPOLOGÍA DE POLIGONOS | GRADO DE EROSIÓN | VALOR |
|---|---|---|---|
| Eh0 | Hídrica, Nula | Nula | 1 |
| Eh1 | Hídrica, Débil | Baja | 2 |
| Eh2 | Hídrica, Moderada | Media | 3 |
| Ea1, Ea2 | Antropogénica | Media | 3 |
| Ec1 | Concentrada, Cauces Y Cañadas | Moderadamente Alta | 4 |
| Em1, Em-Ee | Marina, Eólica | Alta | 5 |
| Eh3 | Hídrica Alta | Muy Alta | 6 |

Finalmente la suma de los valores interrelacionados de cada factor se agrupan en cuatro rangos, el 1, representa los valores comprendidos entre 5-8 y representa el peligro bajo, el 2, involucra las sumatorias que van de 9-13 y corresponden al peligro medio, el 3, se constituye por valores comprendidos del 14-18 representando así el peligro alto y finalmente, el 4 se compone por datos que van del 19-21 y se asocian al peligro muy alto (Tabla 41). De acuerdo a estos 4 rangos se genera el panorama de susceptibilidad a la erosión, conjugando así, las características de cada lugar y lo cartografiado en los recorridos de campo con ayuda del programa Arc Map versión 9.3.

**Tabla 41.** Clasificación del tipo de peligro por erosión.

| PELIGRO POR EROSIÓN | RANGOS | VALORES |
|---|---|---|
| Nulo | 1 | 5- 8 |
| Bajo | 2 | 9-13 |
| Medio | 3 | 14-18 |
| Alto | 4 | 19-21 |

## 2. Inundación

### *A. Antecedentes históricos*

El fenómeno de inundación es considerado uno de los más devastadores por su gran extensión de afectación, tanto en México en el mundo, este suceso climatológico se hace cada vez más frecuente, debido a la acción del ser humano (crecimiento urbano), que modifica los ecosistemas que son invadidos, provocando menos infiltración hacia los mantos freáticos, a consecuencia de la adición de carpeta asfáltica, y más aún, por la deforestación, alteración de la red de drenaje, etc.; además, esto es aunado al cambio climático que origina una mayor frecuencia de huracanes, que generan como consecuencia, lluvias de mayor intensidad.

A este respecto, a nivel Nacional, se tienen identificadas las zonas urbanas más afectadas según los reportes periodísticos, el "*Programa de Desarrollo Urbano (tema: agua), Programa de las 100 ciudades"* de la Comisión Nacional del Agua y al informe técnico denominado *"La infraestructura urbana y la disponibilidad de Agua"* de Herrera T.C. (CENAPRED, 2001); como se muestra en la Figura 48.

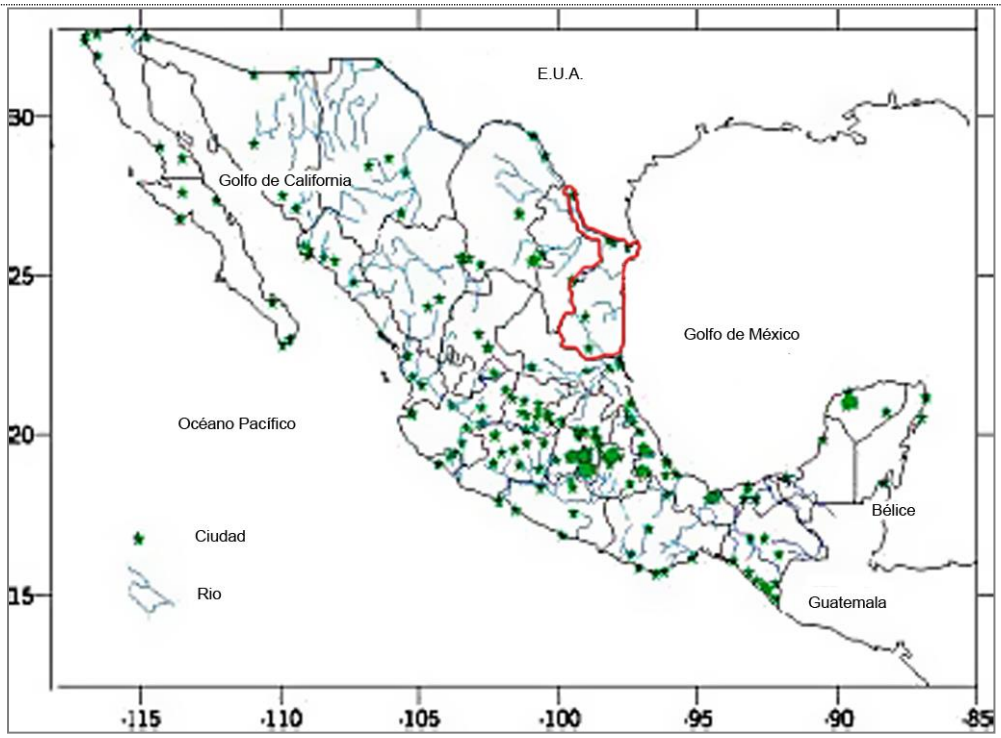



**Figura 48.** Ciudades de la República Mexicana donde ocurren inundaciones periódicas.

En el Estado de Tamaulipas se identificaron las ciudades de Nuevo Laredo, Reynosa, Rio Bravo, Matamoros, Ciudad Victoria, Ciudad Mante, Altamira, Tampico y Madero. Para dicha zona estatal, aunado a que es una zona susceptible al fenómeno, en la Figura 49; se muestran los sectores en los que se causarían daños importantes (CENAPRED, 2001).

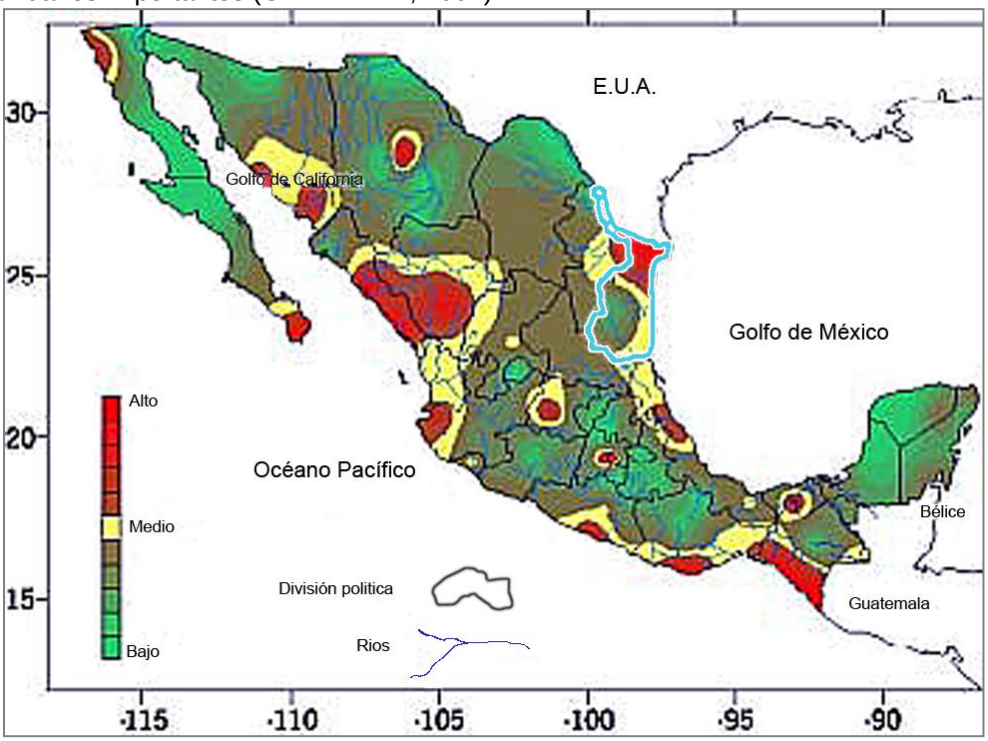



**Figura 49.** Zonificación nacional del peligro y daños significativos por inundación.

En esta figura se puede observar que hacia la porción centro- norte del Estado de Tamaulipas se localizan las zonas de mayor peligro, ya que son más susceptibles a inundaciones, mientras que para la parte sureste se clasifica como peligro medio; finalmente para los sectores noroeste, centro y suroeste se ubican las zonas de más baja susceptibilidad.

Históricamente, el Estado de Tamaulipas ha sido afectado por este fenómeno debido a las intensas lluvias por la presencia de meteoros. Por ejemplo, en el año de 1967 el ciclón tropical Beulah, huracán de categoría 5, afecto a los Municipios Valle Hermoso, Río Bravo, Camargo y San Fernando. Otras afectaciones importantes se enlistan en la Tabla 42, en ella se puede observar que esta entidad ha sido afectada por el fenómeno de inundación como producto de las lluvias que causa la presencia de ciclones tropicales y por otros eventos extraordinarios (choque de frentes fríos y corrientes tropicales).

**Tabla 42.** Afectaciones históricas por inundación en el Estado - (CENAPRED, 2007).

| CAUSA | FECHA | SECTOR AFECTADO | POBLACIONES | COMENTARIOS |
|---|---|---|---|---|
| Huracanes Hilda y Janet[1] | 18–Sep.-1955 | Norte | Tampico y Cd. Madero | 12,000 personas perecieron y 52,530 damnificados; daños a ganadería, vías de comunicación, al servicio de agua potable y eléctrico. La inundación rebasó los 5.88 m sobre el nivel medio del mar. |
| Lluvias intensas [2] | 12-Oct-71 | Norte | ----- | Cortes varios en la carretera Reynosa - Cd. Mier. |
| Lluvias intensas[2] | 03-Jun-72 | Norte | ----- | Intensas lluvias acompañadas de granizo provocaron el desbordamiento del Río La Loca; los mayores estragos se debieron a la lluvia y granizo. |
| -----[5] | 15-Mayo-1985 | Este | Cd. Guadalupe | ---- |
| Huracán Gilbert [5] | Sept. 1988 | ----- | ----- | Afectación a infraestructura vial, viviendas, etc. |
| Lluvias intensas[2] | 08-Abr-91 | Norte | ----- | ----- |
| Lluvias intensas[2] | 26-Nov-91 | Norte | ----- | ----- |
| Huracán Gert [5] | Sept. 1993 | Sureste | Altamira, Tampico y Madero | Evacuación de 5,000 personas. Se presentaron inundaciones en 17 colonias de la ciudad de Tampico, y 11 colonias y 22 ejidos de Altamira. |
| Tormenta Charley [1] | 26-Agos-1998 | Norte | Nuevo Laredo | Desbordamiento del río Bravo. 350 familias evacuadas, fallas en el suministro de agua potable e interrupción del tráfico vehicular y peatonal por los puentes internacionales. La cresta del río alcanzó 11.6 metros de alto. |
| Huracán Keith [3] | Octubre 2006 | Sureste | Gómez Farías, Ocampo, Xicoténcatl y El Mante | Desbordamiento del Río Sabinas y Guayalejo (Municipios de Xicoténcatl y El Mante). Afectación a la localidad de San Manuel. Inundaciones del orden de 2 m. Daños a infraestructura vial. |
| Huracán Emily y Tormenta Gert [2] y [4] | 27-Jul-05 | Norte | Abasolo, Casas, Burgos, Cruillas, Güémez, Hidalgo, Jiménez, Mainero, Matamoros, Mante, Méndez, Mier, Padilla, Reynosa, Río Bravo, San Carlos, San Fernando, San Nicolás, Soto La Marina, Valle Hermoso y Villagrán Gómez Farías | Desbordamiento de ríos, canales y drenes. Más 2,500 personas refugiadas. Afectación a ganadería, agricultura, infraestructura vial y eléctrica. |
| Intensas lluvias [2] | Sept. 2006 | Norte | Reynosa y Rio Bravo | Ineficiencia e inexistencia de sistema de drenaje. |
| Intensas lluvias [6] | Agosto y Sept. 2007 | ----- | ----- | 5 Municipios afectados con una población afectada de 22,009 personas y 4,054 viviendas. 2 Escuelas y 5,190.7 Ha de agricultura dañadas. |

## *B. Regiones Hidrológicas*

En el Estado de Tamaulipas se encuentran total o parcialmente con Cuatro Regiones Hidrológicas, las cuales son: Bravo–Conchos (No. 24), San Fernando--Soto La Marina (No. 25), Bajo Río Pánuco (No. 26) y El Salado (No. 3), mismas que se describirán a continuación:

***pp) Región Hidrológica "Bravo-Conchos"***

Esta región hidrológica se encuentra ubicada en toda parte norte, hasta los límites con la Laguna Madre, cubre el 18.49% de la superficie total del Estado, lo que equivale a 14,441.33 $Km^2$, esta región hidrográfica es importante ya que cuenta con un considerable caudal de las aguas del Río Bravo y abarca los Municipios Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Valle Hermoso y gran parte de Reynosa, Río Bravo y Matamoros, dentro de esta región hidrológica se sitúan 5 cuencas, 15 subcuencas (Tabla 43) y 71 microcuencas (Anexo IV).

Los principales ríos para esta región son el Río Bravo, San Juan, Álamo y Salado. El primero es el de mayor importancia para esta zona cuenta con una longitud aproximada de 738.18 Km solamente dentro del Estado de Tamaulipas, ya que este nace en el Estado de Colorado, EE.UU donde es llamado Río Grande y tiene una longitud total de 3,034 Km y desemboca en el Golfo de México (Fotografía 17).

**Fotografía 17.** Río Bravo.

El San Juan es un caudaloso afluente del Río Bravo, sus volúmenes de agua son aprovechados en terrenos agrícolas de los Municipios de Mier, Miguel Alemán, Camargo, Reynosa y Río Bravo, su longitud aproximada es de 85 Km. (Fotografía 18).

**Fotografía 18.** Río San Juan.

Río El Álamo nace en la Sierra Picachos, en Nuevo León, al igual que el San Juan es afluente del Río Bravo; dentro de Tamaulipas posee una longitud de aproximadamente 30 Km. Este río es importante ya que parte de su margen poniente bordea la cabecera municipal de Cd. Mier (Fotografía 19).

**Fotografía 19.** Río El Álamo.

A su vez, el Río Salado cruza el Municipio Guerrero, con una longitud aproximada de 106 Km; sus aguas fluyen a la Presa Falcón y constituyen un afluente del Río Bravo (Fotografía 20).

**Fotografía 20.** Río El Salado.

Dentro de esta región se encuentran dos importantes presas, Falcón y Marte R. Gómez. La primera controla al Río Bravo y su cortina se encuentra a 120 Km aguas abajo de Nuevo Laredo, en el Municipio de Guerrero. Esta presa es la más grande de Estado de Tamaulipas con un área de 294 $Km^2$, fue inaugurada en 1946 con el propósito de regular las corrientes del Río Bravo entre México y los Estados Unidos e irrigar tierras de cultivo, la cortina se localiza exactamente entre la división territorial entre los dos países, a esta desembocan los ríos Salado y El Salado.

**Tabla 43.** Cuencas y subcuencas de la Región Hidrográfica Bravo-Conchos.

| CUENCA | SUBCUENCA |
|---|---|
| R. Bravo - Nuevo Laredo | R. Bravo - A. Del Carrizo |
| | R. Bravo - A. De La Coyota |
| P. Falcón - R. Salado | R. Sabinas Hidalgo |
| | P. Falcón |
| | R. Salado - Las Tortillas |
| R. Bravo - Sosa | R. Sosa |
| | R. Álamo |
| | R. Bravo - Cd. Mier |
| | A. Saladito |
| | P. Falcón |
| R. Bravo - San Juan | R. San Juan |
| | P. Marte R. Gómez |
| R. Bravo - Matamoros - Reynosa | R. Bravo - Reynosa |
| | R. Bravo - Anzaldúas |
| | R. Bravo - Matamoros |

Presa Marte R. Gómez, también conocida como el Azúcar, se localiza en las inmediaciones de los Municipios de Miguel Alemán y Camargo, sobre el río San Juan, con un área de 76 $Km^2$.

Es importante mencionar que para esta zona, además de los escurrimientos y presas ya mencionados, también se tiene un importante número de canales de riego, principalmente en los Municipios de Matamoros, Valle Hermoso y Río Bravo.

### *qq) Región Hidrográfica "San Fernando-Soto La Marina"*

Esta región se ubica en la porción centro y parte del sur, es la de mayor extensión ya que cuenta con 43,318.70 $Km^2$ lo que equivale a un 55.31% de la superficie total del Estado, abarca los Municipios Méndez, San Fernando, Cruillas, Burgos, San Carlos, San Nicolás, Mainero, Villagrán, Jiménez, Abasolo, Soto la Marina, Hidalgo, Padilla, Güémez, Aldama y parte de Reynosa, Río Bravo, Matamoros, Cd. Victoria, Casas, Altamira y una pequeña porción de Tampico, Cd. Madero, Llera y González y se subdivide en cuatro cuencas, 26 subcuencas (Tabla 44) y 246 microcuencas (Anexo IV). Con excepción del Río Bravo, a esta región corresponden todos los escurrimientos que desembocan en el Golfo de México. Los más importantes son:

Río Conchos, que tiene su origen en el Estado de Nuevo León. Las corrientes que lo forman son las de los ríos Potosí y Linares, dentro del Estado tiene su longitud aproximada es de 306 Km y sus tributarios son el rio San Lorenzo y los arroyos Fresnos y Burgos; entra al Tamaulipas por el Municipio de Burgos, atravesando Méndez y San Fernando, es al pasar por este último que toma el nombre de río San Fernando, para finalmente desembocar en la Laguna Madre. (Fotografía 21).

**Fotografía 21.** Río Conchos.

Río San Carlos, el cual tiene 87 Km de longitud, nace en la Sierra de San Carlos y escurre hasta llegar al Municipio de Padilla, donde se une al Río El Puente, a su paso capta los arroyos Del Lobo, San Lorenzo, La Azufrosa, El Dulce, El Salado y Noche Buena, finalmente desemboca en la Presa Vicente Guerrero.

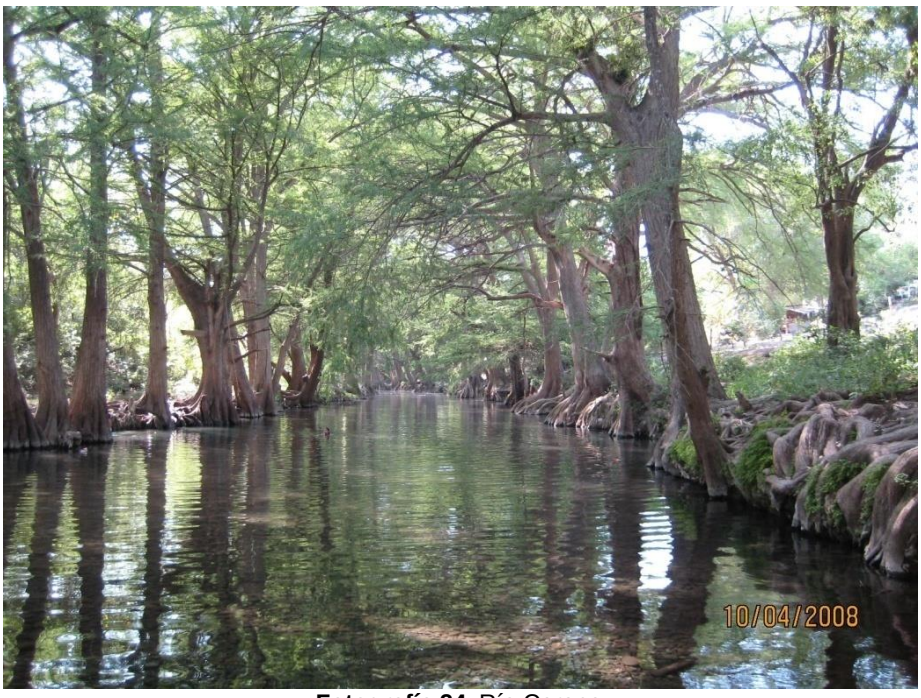
Río Pilón, mismo que tiene una longitud aproximada de 146 Km y lo forman las corrientes provenientes de la Sierra Madre y la Sierra de San Carlos. Atraviesa los Municipios de Mainero, Villagrán, Hidalgo y Padilla, para desembocar en la Presa Vicente Guerrero, ubicada en este último Municipio. A lo largo de su recorrido es alimentado por los ríos Santa Lucia y San Carlos, así como por los arroyos Trinchera y Torrecillas (Fotografía 22).

**Fotografía 22.** Río Pilón.

El Río Purificación, que nace en la Sierra Madre Oriental dentro del Municipio Hidalgo, atraviesa una pequeña porción de Güémez posteriormente atraviesa por Padilla, principalmente por la cabecera municipal, y finalmente desemboca en la Presa Vicente Guerrero. Tiene una longitud de aproximadamente de 136 Km, su principal afluente es el Río Blanco (Fotografía 23).

**Fotografía 23.** Río Purificación.

Río Corona, tiene una longitud aproximada de 72 Km y pasa por el límite entre Hidalgo y Güémez hasta llegar al Municipio de Padilla y desemboca en la Presa Vicente Guerrero. Este río tiene como afluentes a los ríos Caballeros, San Pedro y San Marcos, al igual que el Arroyo Grande, Rosario y La Esperanza (Fotografía 24).




**Fotografía 24.** Río Corona

Río San Marcos, el cual nace en la capital del Estado, pasando por la cabecera municipal de Cd. Victoria, así como por los Municipios de Güémez y Padilla para, en éste, unirse con el Río Corona. Su longitud aproximada es de 86 Km (Fotografía 25).

**Fotografía 25.** Río San Marcos.

Río Juan Capitán, el cual posee una longitud aproximada de 98 Km. Nace en el Municipio de Cd. Victoria y es el límite entre los Municipios Casas y Güémez, donde se une al Arroyo Grande.

Arroyo Grande, el cual nace en el Municipio Casas, tiene longitud aproximada de 40 Km, como ya se mencionó, en los límites con el Municipio de Padilla se une con el Río Juan Capitán, para continuar bajo el nombre de Río Grande hasta desembocar en la Presa Vicente Guerrero.

Río Soto la Marina, el cual se forma con este nombre a partir de la confluencia de los ríos Purificación, Blanco, San Antonio, Pilón y San Marcos en el vaso de la Presa Vicente Guerrero, su longitud aproximada es de 385 Km, desde la cortina de la presa hasta su desembocadura en el Golfo de México. Durante su recorrido pasa por las cabeceras municipales de Abasolo y Soto la Marina, sirve de límite entre los Municipios de Casas, Padilla, Abasolo y Jiménez, su importancia radica en que es uno de los más caudalosos para esta región hidrológica. Algunos de sus afluentes son el Río San Manuel, en Abasolo, y el Río Palmas, en Soto la Marina (Fotografía 26).

**Fotografía 26.** Río Soto La Marina.

Río Tigres, también conocido como Cachimbas, tiene una longitud aproximada de 125 Km, desde su nacimiento, cerca de la comunidad El Olivo, hasta su desembocadura en la Laguna de San Andrés. Atraviesa parte del Municipio Aldama, principalmente su cabecera municipal, sus principales afluentes son El Sabinal y Río Blanco, este último también atraviesa la Cabecera Municipal de Aldama, antes de unirse al Tigre, y posee una longitud aproximada de 28.25 Km (Fotografía 27).

Río Carrizal, se localiza en el Municipio de Aldama y desemboca directamente en el Golfo de México con una longitud de aproximadamente 123 Km, algunos de sus afluentes son La Minita, Las Guajolotas, El Mentidero, Pimientilla y Las Lajas (Fotografía 28).

**Fotografía 27.** Río Tigre.

**Fotografía 28.** Río Carrizal.

Dentro de esta región se ubica la Presa Vicente Guerrero (Fotografía 29), en el Municipio de Padilla, con un vaso de 400 $Km^2$, que irriga a 42,000 hectáreas de terrenos agrícolas en los Municipios de Abasolo y Soto la Marina; se alimenta de los ríos Pilón, Purificación, Corona, Grande y San Carlos. Es una de las presas más importantes del Estado. Además de este embalse, existen otros de menor importancia, como la Presa República Española, ubicada en Aldama.

**Fotografía 29.** Cortina del la Presa Vicente Guerrero, Municipio de Padilla.

**Tabla 44.** Cuencas y subcuencas de la Región Hidrográfica San Fernando-Soto La Marina.

| CUENCA | SUBCUENCA |
|---|---|
| Laguna Madre | R. Bajo San Fernando |
| | A. La Misión |
| | L. Madre |
| | L. Guadalupe |
| R. San Fernando | R. San Lorenzo |
| | A. Chorreras |
| | R. Conchos |
| | A. Camacho |
| | L. Guadalupe |
| R. Soto La Marina | A. La Zanja |
| | R. Soto La Marina |
| | Presa Vicente Guerrero |
| | R. Palmas |
| | R. Corona |
| | R. San Marcos |
| | R. Purificación |
| | R. Blanco |
| | R. Pilón |
| | A. San Carlos |
| | A. Grande |
| L. De San Andrés - L. Morales | L. De San Andrés |
| | R. Carrizal |
| | A. Calabozo |
| | R. Tigre o Cachimbas |
| | R. Barberena |
| | Laguna Morales |

***rr) Región Hidrológica "Bajo Río Pánuco"***

Dentro del Estado ocupa el 20.46% ya que tiene un área equivalente a los 16,024.47 $Km^2$, es considerada una de las cinco regiones hidrográficas más importantes del país, debido a esto y a al volumen de sus escurrimientos, está considerada dentro de las cinco regiones hidrográficas más importantes del país. En el Estado cruza los Municipios de Xicoténcatl, Gómez Farías, El Mante, Antiguo Morelos, Nuevo Morelos, Ocampo y parte de Jaumave, Cd. Victoria, Llera, Casas, Palmillas, Miquihuana, Güémez, Bustamante, Tula, González, Tampico, Cd. Madero y Altamira. En esta región hidrográfica se localizan áreas parciales de tres importantes cuencas, nueve subcuencas y 73 microcuencas (Tabla 45).

Como ya se mencionó, posee escurrimientos de gran volumen, que se describen brevemente a continuación.

El Río Guayalejo es uno de los más importantes en cuanto a caudal se refiere, su longitud es de aproximadamente 702 Km, nace en las serranías que forman el Valle de Palmillas, recibe el nombre de Río Jaumave al pasar por este Municipio, luego confluye con el Chihue y entra al Municipio de Llera de Canales por el Cañón de Santa Rosa, para después fluir por los Municipios de Xicoténcatl, así como por los limites de este con Gómez Farías y el Mante, finalmente atraviesa González donde, al pasar por la Villa Manuel, toma el nombre de Río Tamesí. Sus principales afluentes son el Río Sabinas, el Canal Frío, Río Comandante, El Sargento, San Vicente, La Lajilla, El Cojo y Santa Clara (Fotografía 30).

**Fotografía 30.** Río Guayalejo.

Río Tamesí, como ya se mencionó nace con el nombre de Guayalejo, pero a la altura de Villa Manuel en el Municipio de González cambia su nombre por Tamesí, aproximadamente los últimos 150 Km antes de unir sus aguas a las del Río Pánuco. Este río sirve de límite entre los Estados de Tamaulipas y Veracruz y limita con los Municipios de Altamira y Tampico (Fotografía 31).

**Fotografía 31.** Río Tamesí.

Río Pánuco, es uno de los ríos más caudalosos de México, recibe agua de numerosos afluentes, entre ellos el rio Tamesí; tiene una longitud aproximada de 120 Km, sin embargo, para el Estado de Tamaulipas, en los Municipios de Tampico y Madero, su longitud se reduce a aproximadamente 16 Km solamente, hasta desembocar en el Golfo de México. Al igual que el Tamesí actúa como línea divisoria entre Tamaulipas y Veracruz (Fotografía 32).

**Fotografía 32.** Río Pánuco.

Río Chihue, éste es un importante afluente del Guayalejo, se localiza en el Municipio de Jaumave con una longitud de 75 Km aproximadamente. Sus principales afluentes son los ríos Alamar, Los Ángeles, Calabazas, La Reforma y el Garrafón.

Río Mante, se localiza en el Municipio del mismo nombre y nace en un manantial conocido como El Nacimiento, posee una longitud de aproximadamente de 17 Km y constituye uno de los afluentes del Río Guayalejo. Uno de los afluentes del escurrimiento es el Arroyo Raya de Quintero; a la altura de la Cabecera Municipal de El Mante se une con el Río La Cazuela (Fotografía 33).

**Fotografía 33.** Río Mante.

Río Lagarto, éste se encuentra en el Municipio de Nuevo Morelos y parte de Ocampo, tiene una longitud de aproximadamente 58 Km, sus principales afluentes son los ríos Sta. Cruz, El Centro, El Ramireño y El Álamo, entre otros; en las cercanías de la localidad Dos Arroyos en Ocampo toma el nombre de Rio Capote, cuya longitud es de aproximadamente 20 Km y pasa por los Municipios de Ocampo y los límites entre Gómez Farías y El Mante. Río Comandante, se origina de la unión de los ríos El Gachupín y Ocampo El Capote, con una longitud de 18 Km aproximadamente; pasa por los límites de los Municipios de Gómez Farías con El Mante y es en este Municipio en la comunidad El Limón que se une al caudaloso Río Guayalejo (Fotografía 34).

Entre las presas de mayor importancia de la Región Hidrológica está la Estudiante Ramiro Caballero Dorado, ubicada en las inmediaciones de los Municipios de El Mante y González, ésta se alimenta del canal Las Animas, mismo que aguas abajo de la cortina fluye hasta unirse con el Río Guayalejo; posee una longitud aproximada de 73 $Km^2$ y tiene una capacidad de 571 $Mm^3$, es importante mencionar que las aportaciones de esta presa son a través de derivaciones controladas. Otra de las presas importante para la región es la Lic. Emilio Portes Gil, que se localiza en las inmediaciones de González y Xicoténcatl, su embalse tiene 21 $Km^2$ (Fotografía 35).

**Fotografía 34.** Río Comandante.

**Tabla 45.** Cuencas y subcuencas de la Región Hidrográfica Bajo Río Panuco.

| CUENCA | SUBCUENCA |
|---|---|
| R. Tamesí | R. Comandante |
| | Drenaje Subterráneo |
| | R. Tamesí |
| | R. Sabinas |
| | R. Guayalejo |
| R. Tamuín | R. Puerco |
| | R. Mesillas |
| | R. De Los Naranjos |
| R. Pánuco | R. Pánuco |

**Fotografía 35.** Cortina del la Presa Estudiante Ramiro Caballero Dorantes, Municipio El Mante.

#### *ss) Región Hidrológica "El Salado"*

Esta región es la de menor área dentro del Estado, ya que ocupa sólo 4,495.55 $Km^2$, lo que equivale a un 5.74% de la superficie total de la entidad, abarcando solamente parte de los Municipios de Tula, Bustamante y Miquihuana y está constituida por una serie de cuencas cerradas de diversas dimensiones, de las cuales, para el Estado sólo le corresponde una y tres subcuencas (Tabla 46) y 26 microcuencas. (Anexo IV).

**Tabla 46.** Cuencas y subcuencas de la Región Hidrográfica El Salado.

| CUENCA | SUBCUENCA |
|---|---|
| Sierra Madre | Dr. Arroyo |
| | Bustamante |
| | Tula |

Debido a que en esta región hidrográfica la presencia de precipitaciones es escasa la mayoría de los escurrimientos que se localizan en esta región son intermitente y poco abundantes, lo mismo pasa con los cuerpos de agua ya que también son considerados como intermitentes.

### *C. Desbordamiento de Cauces*

#### *tt) Peligro*

Como resultado de la evaluación de peligros por desbordamiento de escurrimientos realizada en el Estado de Tamaulipas, según la metodología establecida por CENAPRED y la zonificación realizada bajo los criterios ya descritos en el Capitulo IX.1, se obtuvo que las zonas susceptibles a ser afectadas por este fenómeno se presentan tanto en localidades rurales, zonas urbanas y vías de comunicación, lo cual se puede apreciar en el mapa estatal donde se realizó la zonificación para los ríos principales, así como para algunos de sus afluentes (Figura 50), para un mayor detalle se recomienda consultar la figura. 50 Zonas susceptibles a inundaciones por desbordamiento de cauces. Cabe mencionar que los valores utilizados para el cálculo del área hidráulica de cada una de las microcuencas analizadas, así como las tablas comparativas de estas con el área geométrica correspondientes a las secciones transversales levantadas en campo se encuentran en los Anexo II.

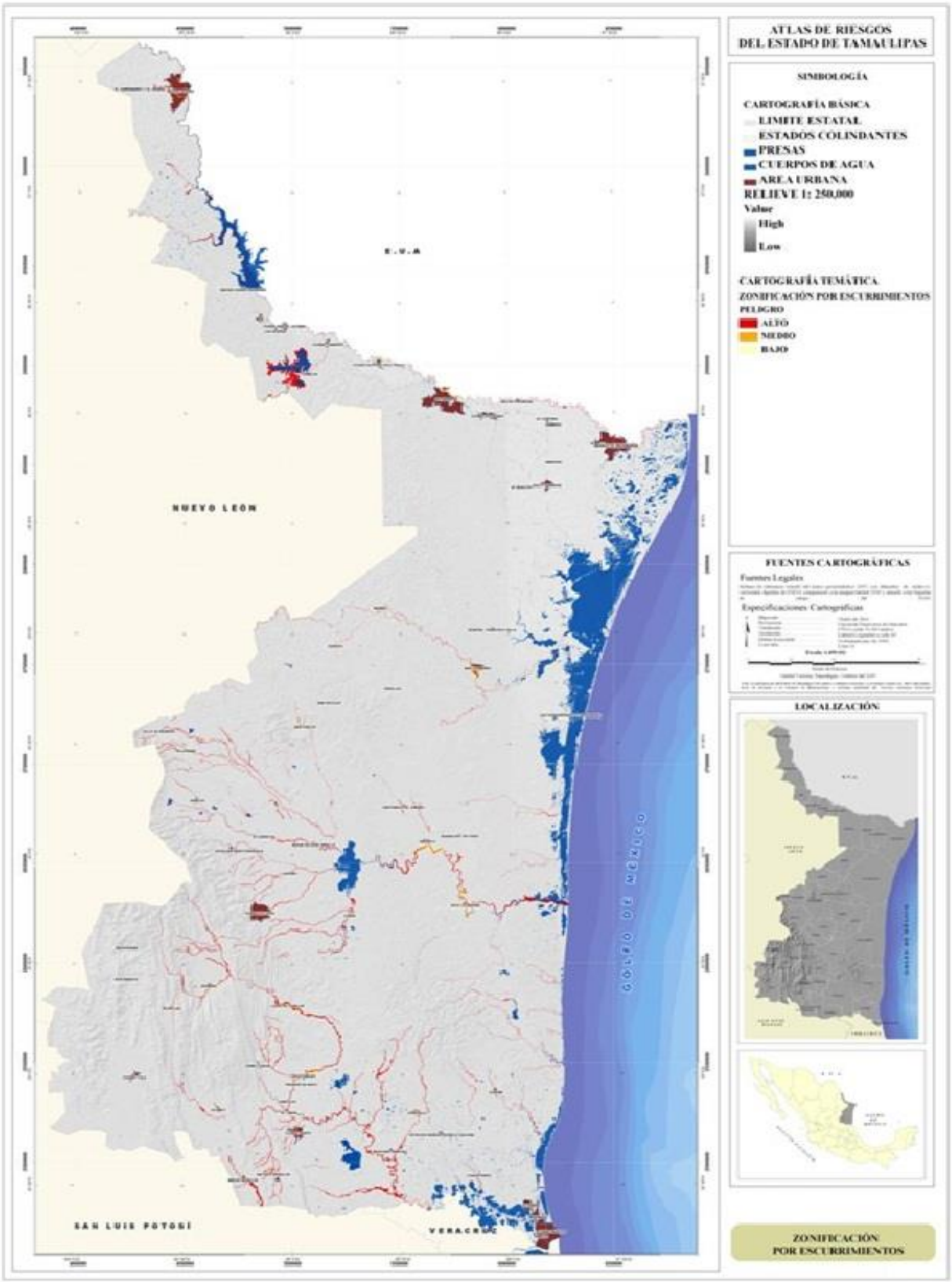



**Figura 50.** Zonas susceptibles a inundaciones por desbordamiento de cauces.

El fenómeno, dentro del Estado, puede provocar daños en 269 localidades, lo que equivale a un área de 1,385 Km$^2$, en éstas localidades se encuentran 4,324 viviendas en condición de peligro, así como 15,932 personas potencialmente afectables.

En la Tabla 47 se presenta la distribución de localidades, viviendas, población y área potencialmente afectable para cada uno de los diferentes grados de peligro definidos en este trabajo.

**Tabla 47.** Afectaciones potenciales a localidades por desbordamiento de escurrimientos en el Estado.

| AFECTACIÓN POR ESCURRIMIENTO EN LOCALIDADES A NIVEL ESTATAL | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | GRADO DE PELIGRO | | | TOTAL |
| | ALTO | MEDIO | BAJO | |
| LOCALIDADES | 211 | 46 | 12 | 269 |
| VIVIENDAS | 3,469 | 593 | 262 | 4,324 |
| POBLACION | 12,896 | 2,102 | 934 | 15,932 |
| ÁREA (Km$^2$) | 1,240 | 77.62 | 68 | 1,385 |

En la Tabla 48, se indican sólo los ríos de mayor envergadura y que, por consecuencia, son los de mayor peligro potencial por el número de localidades potencialmente afectables por a desbordamiento; es importante mencionar que la mayoría de las localidades se encuentran dentro de una zona de peligro alto debido a su ubicación con respecto a la corriente. El Río Guayalejo es uno de los que más localidades podría afectar en su recorrido, con un total de 84, que incluyen 2012 viviendas y 7082 habitantes, ya que a este confluyen importantes escurrimientos, como son el Chihue, El Mante, Sabinas, San Vicente, El Cojo, El Sargento, Canal Frío y Comandante, afectando un total de siete Municipios, de los cuales sólo en Palmillas no presenta afectaciones.

**Tabla 48.** Ríos Principales y afectaciones potenciales por desbordamientos.

| NOMBRE DE RIO | MUNICIPIOS | LOCALIDADES | POBLACIÓN TOTAL | TOTAL DE VIVIENDAS |
|---|---|---|---|---|
| Río Soto La Marina | Abasolo, Soto La Marina | 19 | 2,577 | 646 |
| Río Bravo | Miguel Alemán, Camargo, Reynosa, Matamoros | 8 | 59 | 16 |
| Río Guayalejo | El Mante, Gómez Farías, González, Jaumave, Llera, Xicoténcatl | 84 | 7,082 | 2,012 |
| Río San Marcos | Villagrán, Victoria, Güémez | 9 | 70 | 19 |
| Río Pilón | San Carlos, Villagrán, Mainero | 10 | 304 | 71 |
| Río Capote (El Comandante) | Gómez Farías | 2 | 419 | 115 |
| Río Conchos | Burgos, San Fernando | 5 | 15 | 6 |
| Burgos | Burgos | 2 | 11 | 2 |
| Juan Capitán | Casas, Güémez, Cd. Victoria | 6 | 28 | 8 |
| Río Mante | El Mante | 5 | 22 | 5 |
| Río Purificación | Padilla | 5 | 14 | 5 |
| Tigre | Aldama | 3 | 30 | 8 |
| Río Tamesí | González, Altamira, Tampico | 26 | 827 | 215 |

Una de las localidades con mayor probabilidad de afectación ocasionada por desbordamientos del Guayalejo (Fotografía 36), es la comunidad El Limón, Municipio El Mante, donde confluye el Río Comandante, (Fotografía 37y Figura 51) provocando severas inundaciones en esta comunidad.

En la Fotografía 38 se puede observar cómo, durante las intensas lluvias registradas en el mes de Julio de 2008, el Río Guayalejo sobrepaso su nivel, causando que el nivel del agua en la comunidad El Limón sobrepasara el metro de altura, causando que poco menos de 600 personas fueran evacuadas, además de múltiples daños a la infraestructura.

**Fotografía 36.** Río Guayalejo, comunidad El Limón, Municipio El Mante.

**Fotografía 37.** Río Comandante en la comunidad El Limón, Municipio El Mante.

**Fotografía 38.** Inundaciones en El Limón, Municipio El Mante, Julio de 2008.

En lo que respecta a las probables afectaciones por desbordamientos a nivel manzana en el Estado, se afecta potencialmente a las cabeceras municipales, cubriendo un área de 72,26 Km$^2$, a nivel Estatal, dentro de esta área el número de colonias potencialmente afectables es 315, dentro de las cuales se encuentran 59,826 viviendas con 223,832 habitantes (Tabla 49).

**Tabla 49.** Afectaciones potenciales a manzanas por desbordamiento de escurrimientos en el Estado.

| AFECTACIÓN POTENCIAL POR DESBORDAMIENTOS A NIVEL MANZANA EN EL ESTADO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | GRADO DE PELIGRO | | | TOTAL |
| | ALTO | MEDIO | BAJO | |
| COLONIAS | 247 | 176 | 180 | 603* |
| VIVIENDAS | 39,563 | 12.272 | 7,991 | 59,826 |
| POBLACIÓN | 144,787 | 47,514 | 31,531 | 223,832 |
| ÁREA (Km$^2$) | 37.30 | 20.89 | 14.07 | 72.26 |

*El total de colonias de la tabla varía con respecto al total dado en el texto, que es de 206, esto debido a que al momento de realizar la clasificación por niveles de peligro algunas colonias tienen diferentes niveles de peligro. El dato total correcto es de 206 colonias potencialmente afectables.

En la Tabla 50, se muestran los ríos que a nivel estatal representan un mayor peligro para la población en lo que respecta a afectaciones en zonas urbanas. A diferencia de las afectaciones en localidades, dentro de éstas se cuantifican también los daños a edificaciones por ser un análisis dentro de cabeceras municipales.

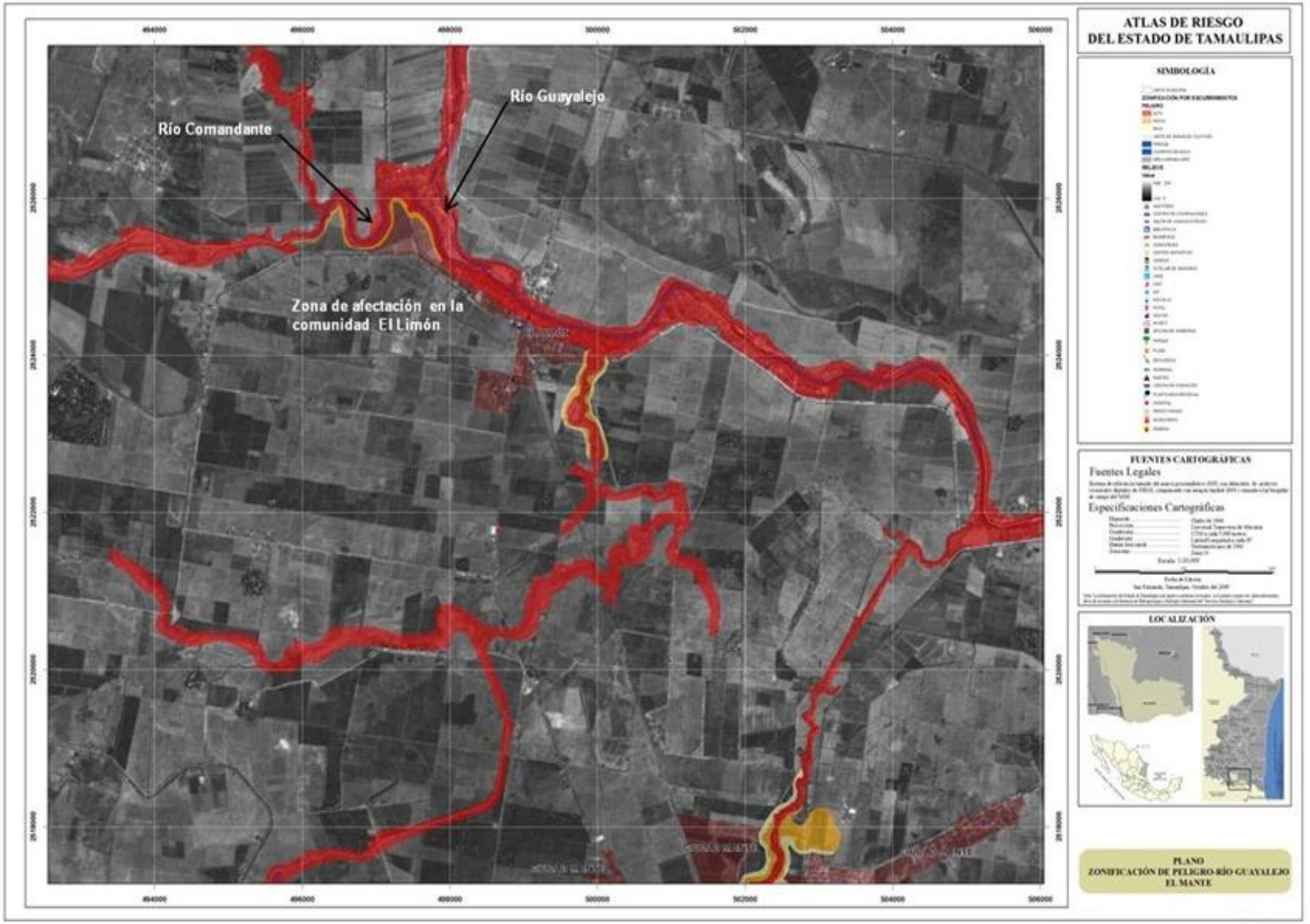



**Figura 51.** Zonificación del Río Guayalejo en la comunidad El Limón, Municipio El Mante.

**Tabla 50.** Ríos con el mayor número de afectaciones potenciales en zonas urbanas.

| RÍO | MUNICIPIOS | COLONIAS | POBLACIÓN TOTAL | NÚMERO DE VIVIENDAS | OTRAS EDIFICACIONES |
|---|---|---|---|---|---|
| Blanco | Aldama | 4 | 726 | 172 | |
| Burgos | Burgos | 1 | 285 | 73 | 1 Iglesia, 1 Plaza, 1 Gasolinera, 1 Gasera |
| Corona | Hidalgo | 7 | 351 | 81 | |
| Comandante | El Mante | 1 | 31 | 9 | |
| El Coyote | Nuevo Laredo | 11 | 12,507 | 3,120 | 1 Cementerio, 9 Escuelas, 3 Iglesias, 2 Parques, |
| Los Gatos (Santa Cruz La Raya) | Nuevo Morelos | 3 | 422 | 71 | 1 Escuela, |
| Río Bravo | Miguel Alemán, Nuevo Laredo, Camargo, Reynosa, Matamoros | 51 | 10,800 | 2,831 | 2 Centros Deportivos, 11 Escuelas, 10 Iglesias, 1 Plaza, 2 Hospitales, 1 Maquiladora, Controles Texmex, S.A.de C.V., patios de maniobras. |
| Río Conchos | Méndez, San Fernando | 14 | 6,211 | 1,553 | 1 Cementerio, 2 Centros deportivos, 5 Escuelas, 3 Hoteles, 12 Iglesias, Oficinas gubernamentales, 1 Terminal de autobuses, 1 Hospital, 1 Gasolinera |
| Río Guayalejo | Palmillas, Llera, Xicoténcatl, Jaumave, El Mante | 17 | 5,424 | 1,481 | 1 Cementerio, 4 Escuelas, 2 Iglesias, 1 Rastro, 1 Hospital |
| Río Mante | El Mante | 18 | 5,693 | 1,494 | 2 Escuelas, 3 Hospitales |
| Río Purificación | Padilla | 4 | 919 | 226 | 1 Escuela, 1 Iglesia |
| Río San Juan | Camargo | 4 | 1,292 | 334 | Oficinas del DIF, 2 Escuelas, 1 Iglesia, 3 Oficinas De Gobierno, 2 Plazas, 1 Hospital |
| Río Soto La Marina | Abasolo, Soto La Marina, | 9 | 3,489 | 815 | 3 Escuelas, 1 Iglesia, 1 Plaza, 1 Rastro, 2 Hospitales |
| San Antonio | Hidalgo | 3 | 716 | 177 | 1 Iglesia, |
| San Felipe | Güémez | | 589 | 106 | 1 Escuela, |
| San Marcos | Ciudad Victoria | 36 | 11,831 | 2,902 | 10 Escuelas, 2 Oficinas gubernamentales, 2 Gasolineras |
| Santa Cruz | Antiguo Morelos | 6 | 1,251 | 325 | 1 Escuela, 1 Gasolinera |
| Río Pánuco | Tampico, Madero | 78 | 135,114 | 37,151 | 1 Estación de bomberos, 7 centros comerciales, 9 Centros deportivos, 4 DIF, 76 Escuelas |
| Río Tamesí | Tampico | 31 | 18,213 | 4,989 | 4 Centros deportivos, 6 Escuelas, 7 Iglesias, 1 Hospital, 4 Centros Comerciales, Oficina gubernamental, 1 Plaza, 1 Gasolinera. |

De lo anterior destacan los ríos Pánuco, Bravo, San Marcos y Tamesí, ya que el Río Bravo a su paso por los Municipios de Nuevo Laredo, Camargo, Miguel Alemán, Reynosa y Matamoros, puede causar daños en 51 colonias, mientras el San Marcos sólo afectaría 36 colonias en la cabecera de Cd. Victoria y el Tamesí 31 en Tampico.

El Pánuco en particular es el que más daños causaría en caso de un desbordamiento ya que afectaría un total de 78 colonias, 37,151 viviendas y 135,114 habitantes, además de un número significativo de edificaciones entre las que destacan 76 escuelas localizadas en los Municipios de Tampico y Madero. (Figura 52).

Cabe mencionar que el Río Panuco y Tamesí se analizaran más a detalle en el Atlas Municipal de Tampico, Madero y Altamira, para el cual se realizó un modelo más a detalle con curvas de nivel cada metro.

En vías de comunicación, este fenómeno puede afectar aproximadamente 667.78 Km, en la Tabla 51 se muestran los diferentes tipos de vías de comunicación potencialmente afectables y su desarrollo para cada unos de los niveles de peligro (Tabla 51).

**Tabla 51.** Afectaciones potenciales a vías de comunicación por desbordamiento de escurrimientos en el Estado.

| TIPO DE VIA DE COMUNICACIÓN | GRADO DE PELIGRO | | | TOTAL (Km) |
|---|---|---|---|---|
| | ALTO | MEDIO | BAJO | |
| | AFECTACION POTENCIAL EN Km | | | |
| CALLES DE 1º ORDEN | 2.36 | 10.47 | 2.57 | 15.4 |
| CALLES DE 2º ORDEN | 3.61 | 3.84 | 3.52 | 10.97 |
| CALLES DE 3º ORDEN | 62.99 | 92.23 | 104.72 | 259.94 |
| CALLES DE 4º ORDEN | 12.24 | 14.54 | 8.08 | 34.86 |
| TERRACERIA | 177.05 | 13.01 | 23.89 | 213.95 |
| CARRETERAS ESTATALES | 42.67 | 12.09 | 13.53 | 68.29 |
| CARRETERAS FEDERALES | 25.38 | 9.24 | 5.92 | 40.54 |
| CARRETERAS PAVIMENTADAS | 2.25 | 6.42 | 5.74 | 14.41 |
| VÍAS FERREAS | 7.23 | 0.87 | 1.29 | 9.39 |
| **TOTAL DE AFECTACIONES** | **335.78** | **162.71** | **169.26** | **667.75** |
| **COSTO TOTAL POR DAÑO** | **$1, 686, 456 .00** | **$783,392.00** | **$364,532.00** | **$2,834,380.00** |

Con base en lo anterior se tiene que el costo total para vías de comunicación por desbordamiento de causes a nivel Estado, en caso de una pérdida total seria de $2, 834,380 pesos por concepto de limpieza (costos tomados de Manual estadístico del sector del transporte 2007, SCT – IMT, 2007).

## *D. Vulnerabilidad*

Una vez delimitadas las zonas de peligro por desbordamiento de cauces, se realizó un análisis con el fin de calcular la vulnerabilidad según la tipología de viviendas y el nivel de peligro al cual se encuentran expuestas, al costo total de las viviendas se les aplicó un índice de vulnerabilidad (Ver Capitulo V.1), de lo cual se desprende el costo de las pérdidas totales en caso de inundación por desbordamiento, según se muestra en la Tabla 52.

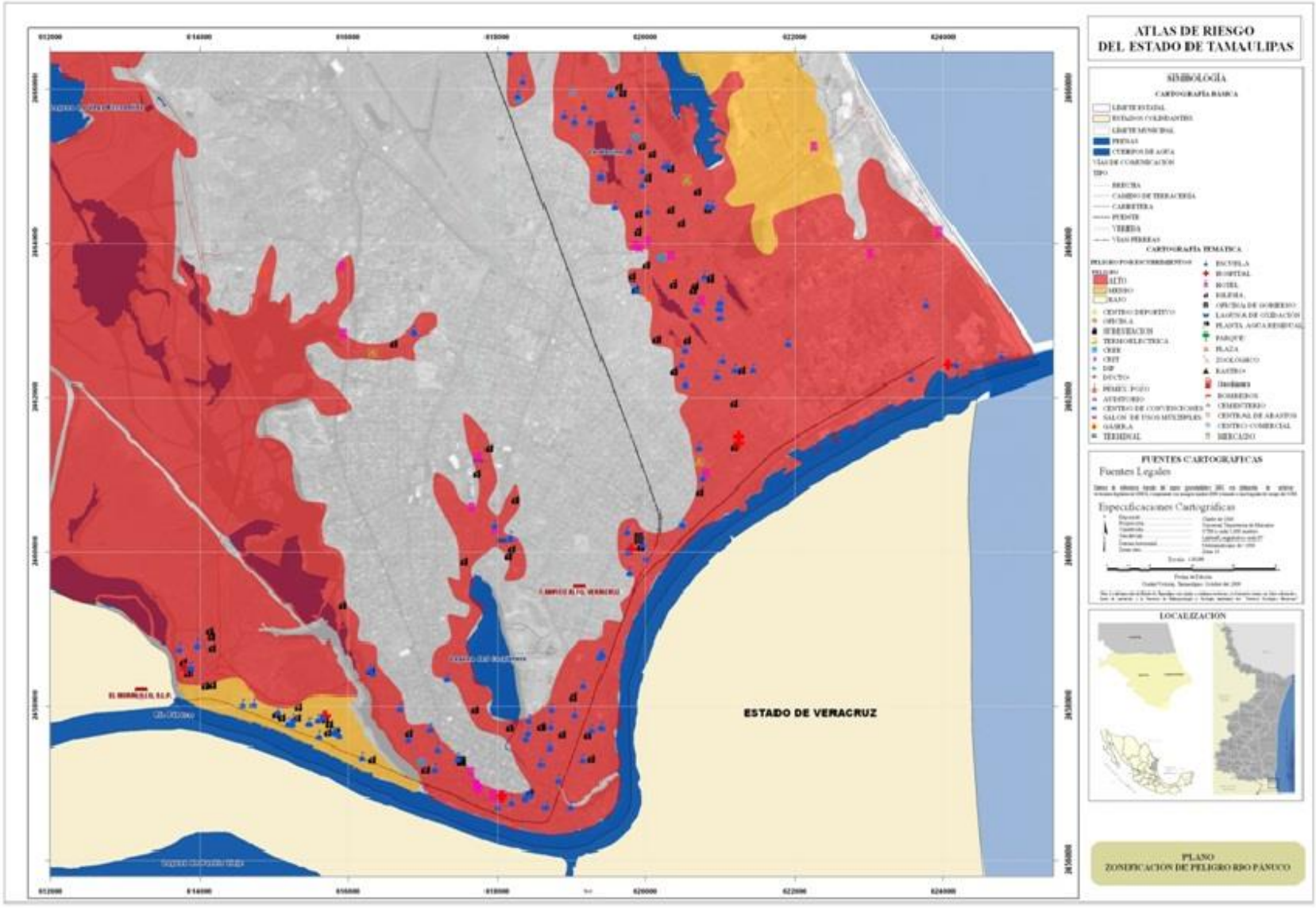



**Figura 52.** Zonificación de peligro por inundación al desbordarse el Río Pánuco, Municipios de Tampico y Madero

**Tabla 52.** Distribución del tipo de vivienda y valor monetario de las viviendas afectadas en localidades.

| RÍO | TIPO I | COSTO* | TIPO II | COSTO* | TIPO III | COSTO* | TIPO IV | COSTO* | COSTO TOTAL POR DAÑO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Soto La Marina | 16 | 155,000,00 | 8 | $451,500.00 | 140 | $40,560,000.00 | 487 | $213,615,000.00 | $254,626,500.00 |
| Bravo | 8 | $85,000.00 | 3 | $451,500.00 | | | 6 | $1,890,000.00 | $2,426,500.00 |
| Guayalejo | 63 | $727,500.00 | 99 | $14,899,500.00 | 229 | $59,430,000.00 | 1621 | $614,295,000.00 | $689,352,000.00 |
| San Marcos | 7 | $76,250.00 | 3 | $451,500.00 | | | 9 | $4,050,000.00 | $4,577,750.00 |
| Pilón | 9 | $112,500.00 | | | 62 | $18,600,000.00 | | | $18,712,500.00 |
| Capote (El Comandante) | | | | | | | 115 | $51,750,000.00 | $51,750,000.00 |
| Conchos | 6 | $48,750.00 | | | | | | | $48,750.00 |
| Burgos | 2 | $21,250.00 | | | | | | | $21,250.00 |
| Juan Capitán | 5 | $62,500.00 | | | 3 | $900,000.00 | | | $962,500.00 |
| Mante | 5 | $58,750.00 | | | | | | | $58,750.00 |
| Purificación | 5 | $58,750.00 | | | | | | | $58,750.00 |
| Tigre | 4 | $50,000.00 | | | 4 | $1,200,000.00 | | | $1,250,000.00 |
| Río Tamesí | 39 | $480,000.00 | 176 | $25,494,700.00 | | | | | $25,974,700.00 |

*Nota: el número de viviendas fue tomado de las AGEB's (INEGI, 2005); la tipología y valor comercial se tomó de CENAPRED – FOPREDEN, 2006.

**Tabla 53.** Tipos de vivienda afectables por inundaciones a nivel manzana, en zonas urbanas, y su valor comercial.

| RÍO | TIPO 1 | COSTO* | TIPO 2 | COSTO* | TIPO 3 | COSTO* | TIPO 4 | COSTO* | COSTO TOTAL POR RÍO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Soto La Marina | 6 | $41,250 | 56 | $5,086,900 | 743 | $120,030,000 | 10 | $1,800,000 | $126,958,150 |
| Guayalejo | 11 | $58,750 | 60 | $5,282,550 | 1353 | $280,980,000 | 57 | $16,200,000 | $302,521,300 |
| Rio Bravo | 99 | $648,750 | 518 | $38,181,850 | 2170 | $325,560,000 | 44 | $10,350,000 | $374,740,600 |
| San Marcos | 7 | $57,500 | 35 | $3,190,600 | 2785 | $463,980,000 | 75 | $20,115,000 | $487,343,100 |
| Pilón | 0 | $0 | 1 | $150,500 | 0 | $0 | 0 | $0 | $150,500 |
| Comandante | 0 | $0 | 0 | $0 | 15 | $3,690,000 | 0 | $0 | $3,690,000 |
| Mante | 4 | $20,000 | 14 | $1,745,800 | 1445 | $311,550,000 | 31 | $6,795,000 | $320,110,800 |
| Conchos | 15 | $116,250 | 69 | $6,140,400 | 1413 | $263,340,000 | 56 | $17,370,000 | $286,966,650 |
| Burgos | 0 | $0 | 3 | $225,750 | 70 | $12,090,000 | 0 | $0 | $12,315,750 |
| Purificación | 0 | $0 | 18 | $1,806,000 | 208 | $28,020,000 | 0 | $0 | $29,826,000 |
| Tigre | 0 | $0 | 3 | $316,050 | 368 | $79,710,000 | 0 | $0 | $80,026,050 |
| Corona | 0 | $0 | 8 | $1,204,000 | 73 | $21,900,000 | 0 | $0 | $23,104,000 |
| San Juan | 6 | $63,750 | 10 | $918,050 | 304 | $55,020,000 | 14 | $2,520,000 | $58,521,800 |
| El Coyote | 55 | $500,000 | 117 | $10,836,000 | 2484 | $518,940,000 | 464 | $146,700,000 | $676,976,000 |
| Los Gatos | 3 | $30,000 | 16 | $2,091,950 | 52 | $11,100,000 | 0 | $0 | $13,221,950 |
| Santa Cruz | 0 | $0 | 15 | $1,489,950 | 304 | $57,090,000 | 6 | $1,080,000 | $59,659,950 |
| Blanco | 0 | $0 | 0 | $0 | 166 | $32,250,000 | 6 | $1,755,000 | $34,005,000 |
| San Antonio | 0 | $0 | 25 | $1,956,500 | 152 | $23,190,000 | 0 | $0 | $25,146,500 |
| San Felipe | 0 | $0 | 15 | $1,670,550 | 91 | $19,830,000 | 0 | $0 | $21,500,550 |
| Río Pánuco | 121 | $1,505,000.00 | 517 | $77,718,200.00 | 34,173 | $9,743,850,000.00 | 2,340 | $1,046,655,000.00 | $10,869,728,200.00 |
| Río Tamesí | 103 | $1,287,500.00 | 173 | $26,036,500.00 | 4,436 | $1,330,800,000.00 | 277 | $124,650,000.00 | $1,482,774,000.00 |

*Nota: el número de viviendas fue tomado de las AGEB's (INEGI, 2005); la tipología y valor comercial se tomó de CENAPRED – FOPREDEN, 2006.

Se recomienda al lector revisar el Sistema de Información Geográfica (SIG) del presente Atlas para consultar con mayor detalle las afectaciones de cada uno de los ríos, así como las localidades y colonias propensas a inundaciones por desbordamientos de ríos (Tabla 53).

## *E. Riesgo*

De acuerdo a la matriz utilizada para determinar el nivel de riesgo de las viviendas en localidades (Capitulo V.1), se obtuvo la distribución por tipo de vivienda y habitantes afectados que se muestra en la Tabla 54, donde gran parte de la población (9,1517 habitantes) tiene viviendas que por su tipología, presentan un riesgo bajo a medio, de la misma manera, 937 habitantes se encuentran en 269 viviendas que, por sus condiciones, están en riesgo alto a muy alto.

**Tabla 54.** Distribución de riesgo en localidades a nivel Estatal.

| NIVEL DE RIESGO | TIPO I | POBLACION TOTAL | TIPO II | POBLACION TOTAL | TIPO III | POBLACION TOTAL | TIPO IV | POBLACION TOTAL. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MUY ALTO | 216 | 772 | | | | | | |
| ALTO | 53 | 165 | 628 | 2,488 | | | | |
| MEDIO | | | 33 | 45 | 735 | 2,752 | 1,943 | 7,050 |
| BAJO | | | | | 33 | 118 | 683 | 2,467 |
| TOTAL | 269 | 937 | 661 | 2,608 | 768 | 2,870 | 2,626 | 9,517 |

De acuerdo a las tablas 48 y 50, el Río Guayalejo, destaca como uno de los que más riesgo presentan, ya que en caso de un desbordamiento afectaría a 84 localidades, 7,082 habitantes y 2,012 viviendas, las cuales representan el 50% a nivel estatal.

Para las zonas urbanas (cabeceras municipales) que presentan una porción de su área expuesta a peligro por inundación asociado a desbordamiento de cauces, se presenta la Tabla.55, donde se muestra la distribución de personas y viviendas afectadas de acuerdo al grado de riesgo generado por análisis de la tipología de viviendas (vulnerabilidad) en combinación del nivel de peligro.

**Tabla 55.** Distribución de riesgo por tipo de vivienda en zonas urbanas.

| NIVEL DE RIESGO | TIPO I | POBLACION TOTAL. | TIPO II | POBLACION TOTAL. | TIPO III | POBLACION TOTAL. | TIPO IV | POBLACION TOTAL. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MUY ALTO | 272 | 927 | | | | | | |
| ALTO | 191 | 748 | 819 | 2,959 | | | | |
| MEDIO | | | 1,057 | 4,207 | 47,158 | 173,221 | 2,740 | 9,944 |
| BAJO | | | | | 6,922 | 26,687 | 667 | 3,482 |
| TOTAL | 463 | 1,675 | 1,876 | 7,166 | 54,080 | 199,908 | 3,407 | 13,426 |

En esta tabla se observa que el número de viviendas totales del tipo I, localizadas dentro de un riesgo de muy alto a alto es de 463, siendo éste el valor más pequeño en comparación que el resto de las tipologías; el valor más grande es ocupado por las viviendas del tipo III, las cuales se encuentran en un intervalo de riesgo de bajo a medio. De lo anterior se desprende que este fenómeno afecta a las zonas urbanas en menor proporción, ya que la mayoría de las viviendas presentan un grado de vulnerabilidad bajo, lo que implica zonas de menor riesgo.

## *A. Canales*

La inundación por desbordamiento de canales ocurre con una frecuencia menor a otro tipo de inundaciones, lo anterior debido a que generalmente son corrientes monitoreadas constantemente debido a que su uso suele enfocarse a los sectores agrícolas, energía hidroeléctrica, agua potable, entre otros. Sin embargo, en el presente Atlas de Riesgo la zonificación de por desbordamiento de canales se realizó como una medida preventiva, asignando sólo un nivel de peligro (medio).

Los canales que se ubican en el Estado se concentran en 3 sectores:

a) Sector Norte.- comprenden los Municipios de Miguel Alemán, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo, Valle Hermoso, Matamoros y San Fernando.
b) Sector Centro.- se extienden en los Municipios de Soto La Marina y Abasolo.
c) Sector Sur.- Gómez Farías, Xicoténcatl, González y El Mante.

Una presencia menor de canales se registra en los Municipios Hidalgo, Padilla, Aldama y Tula (Figura 53).

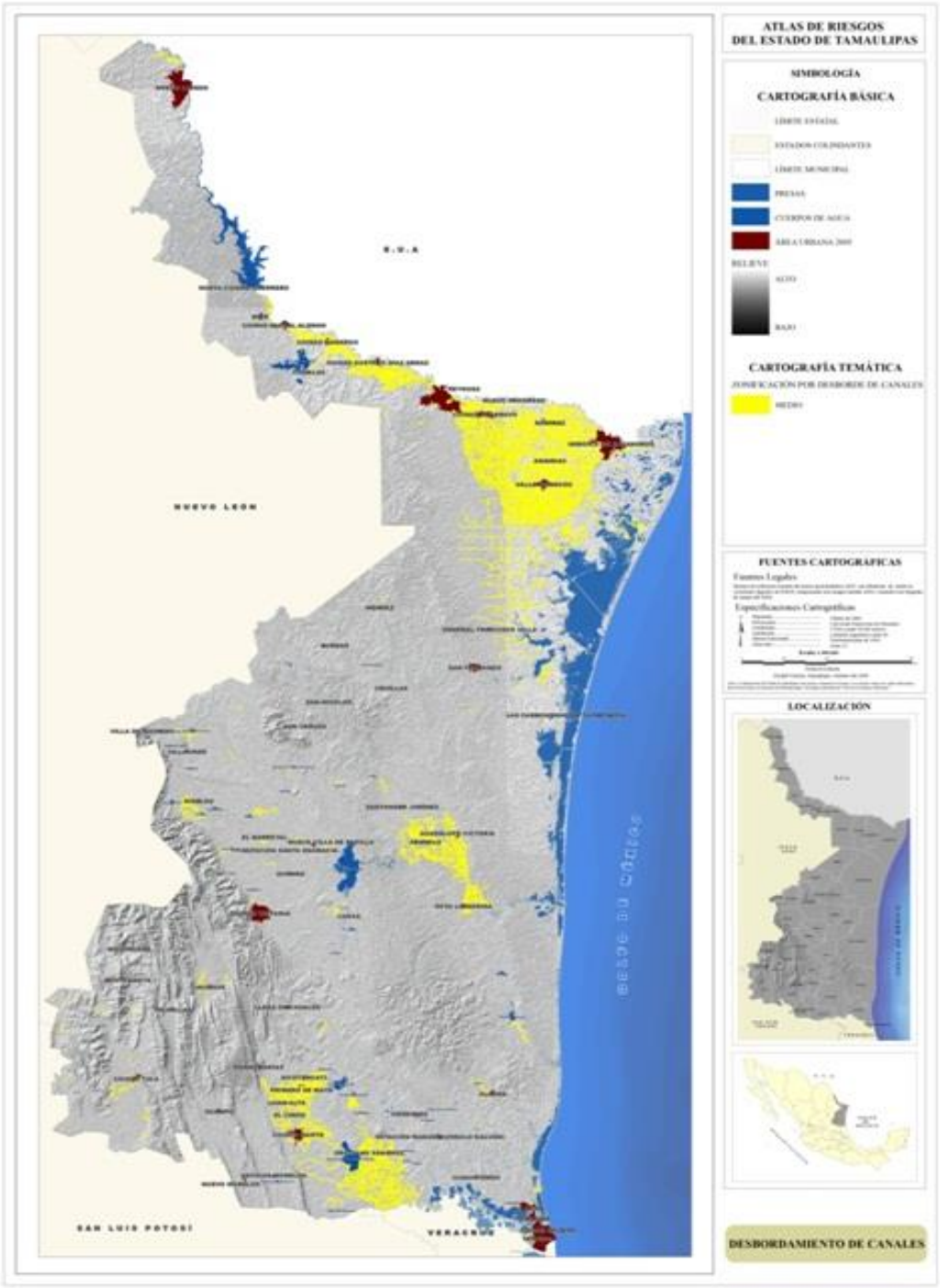



**Figura 53.** Zonificación de peligro medio por desbordamiento de canales.

***uu) Peligro***

A fin de presentar una zona con mayor detalle respecto a la distribución de canales, en la Figura 54 se observa el extremo norte del Estado, donde se ubica la zonificación por peligro medio. De acuerdo a la metodología descrita al inicio de este apartado, se asignó una zona de peligro de diez metros a cada lado del canal partiendo de su centro.

En caso de desbordamiento, a continuación se presenta a nivel municipal la longitud total que se ubica dentro de la zona de peligro medio por desbordamiento, se trata de 33 Municipios con una longitud de 2,133 Km (Tabla 56), donde los Municipios con mayores tramos carreteros en zona de peligro son Abasolo, González, Mante, Matamoros, Río Bravo, Valle Hermoso y Xicoténcatl tienen una mayor longitud de afectación en vías de comunicación.

**Tabla 56.** Longitud de canales en zona de peligro medio.

| MUNICIPIO | LONGITUD (Km) | | MUNICIPIO | LONGITUD (Km) |
|---|---|---|---|---|
| Abasolo | 164.46 | | Méndez | 19.86 |
| Aldama | 14.87 | | Mier | 9.34 |
| Altamira | 0.41 | | Miguel Alemán | 12.28 |
| Bustamante | 0.37 | | Nuevo Laredo | 0.19 |
| Camargo | 58.13 | | Nuevo Morelos | 0.04 |
| Gustavo Díaz Ordaz | 66.53 | | Padilla | 0.2 |
| Gómez Farías | 40.36 | | Reynosa | 202 |
| González | 170.06 | | Rio Bravo | 319.71 |
| Güémez | 1.77 | | San Carlos | 0.22 |
| Hidalgo | 41.23 | | San Fernando | 54.24 |
| Jaumave | 0.13 | | Soto La Marina | 27.27 |
| Jiménez | 31.3 | | Tula | 2.87 |
| Llera | 5.37 | | Valle Hermoso | 158.36 |
| Mainero | 3.5 | | Victoria | 0.05 |
| Mante | 312.82 | | Villagrán | 6.98 |

En relación al tipo de carretera y su longitud expuesta, predominan los caminos de terracería con 1,758 Km en zona de peligro, seguido de carreteras estatales con una longitud de 107 Km (Tabla 57).

**Tabla 57.** Tipos de carretera y su longitud expuesta en zona de peligro.

| CARRETERA | LONGITUD(Km) |
|---|---|
| Federal | 37.5 |
| Estatal | 107.81 |
| Pavimentada | 11.16 |
| Concesionada | 0.08 |
| Calle de 1er. orden | 17.82 |
| Calle de 2do. orden | 5.2 |
| Calle de 3er. orden | 156 |
| Calle de 4to. orden | 13.28 |
| Vías de férreas | 26.99 |
| Camino de terracería | 1,758.09 |

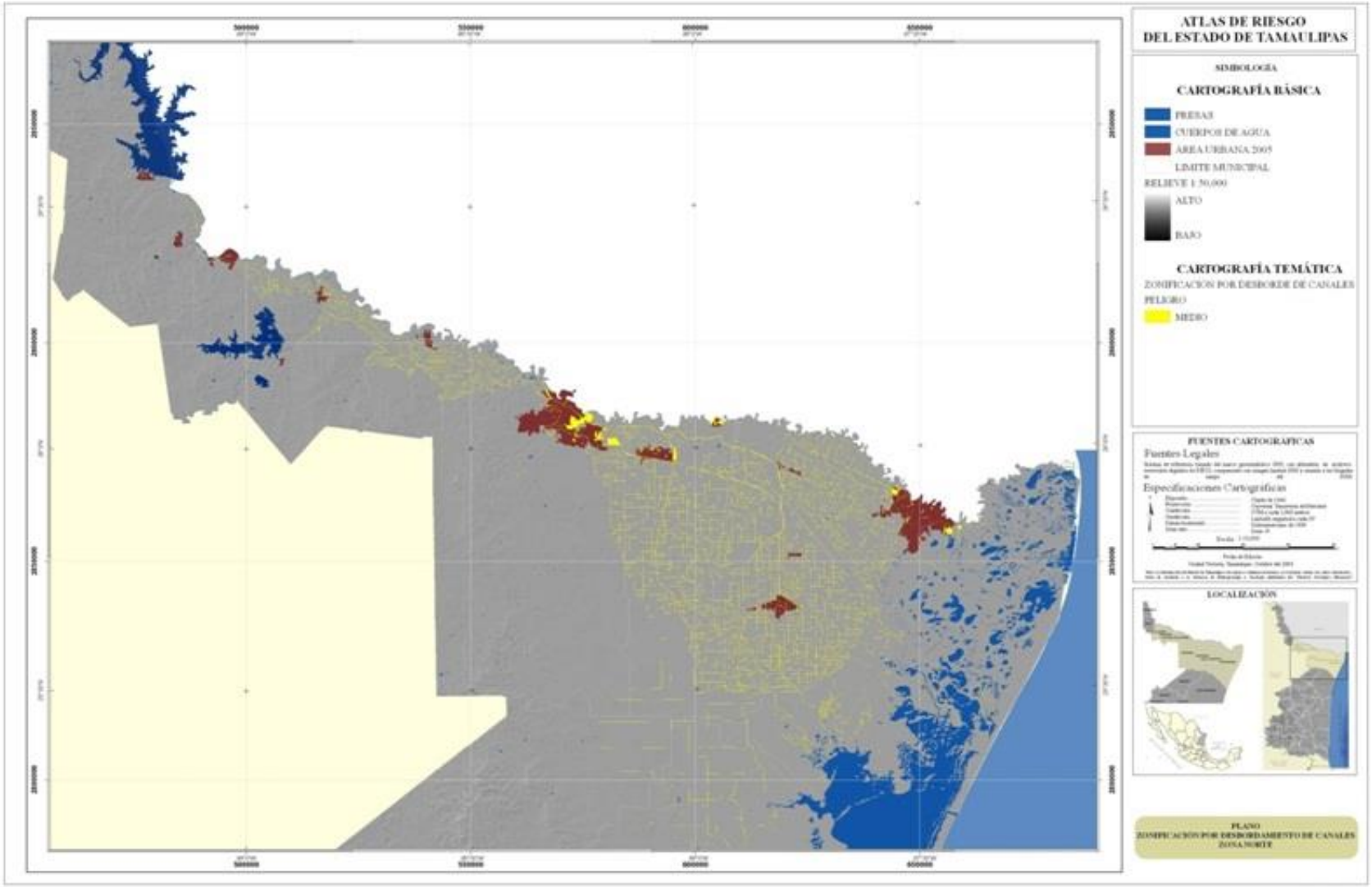



**Figura 54.** Distribución de canales en el norte del Estado.

Respecto a las localidades afectadas en por el desbordamiento de canales, dentro de los límites de la zona de peligro medio se localizan 189 localidades, éstas se distribuyen en 14 Municipios, con una población de 3,390 habitantes distribuidas en 895 viviendas (Tabla 58)

**Tabla 58.** Localidades en zona de peligro por desbordamiento de canales.

| MUNICIPIO | LOCALIDADES | POBLACIÓN | VIVIENDAS |
|---|---|---|---|
| Camargo | 2 | 11 | 3 |
| Gustavo Díaz Ordaz | 5 | 35 | 11 |
| Gómez Farías | 5 | 27 | 5 |
| González | 2 | 7 | 3 |
| Hidalgo | 1 | 5 | 1 |
| Mante | 17 | 414 | 124 |
| Matamoros | 44 | 508 | 130 |
| Nuevo Laredo | 2 | 9 | 2 |
| Padilla | 1 | 150 | 49 |
| Reynosa | 29 | 173 | 49 |
| Rio Bravo | 42 | 806 | 186 |
| San Fernando | 1 | 1 | 1 |
| Valle Hermoso | 30 | 938 | 252 |
| Xicoténcatl | 7 | 306 | 79 |

De la tabla anterior destacan los Municipios Matamoros, Reynosa, Río Bravo y Valle Hermoso presentan mayor número de localidades afectadas. Esto se debe a que en esta zona se localiza la mayor concentración de canales en el Estado. Al involucrar las AGEB's se establece que el número de colonias ubicadas en zona de peligro, se trata de 418 colonias distribuidas en 17 Municipios, habitando una población de 30,413 personas distribuidas en 7,437 viviendas (Tabla 59).

**Tabla 59.** Número de colonias en zona de peligro por desbordamiento de canales.

| MUNICIPIO | NOMBRE CANAL | No. DE COLONIA | POBLACIÓN | VIVIENDAS |
|---|---|---|---|---|
| Abasolo | S/N, Canal Mariano Matamoros, Canal Principal y El Conejo | 2 | 24 | 5 |
| Aldama | El Nacimiento | 2 | 23 | 6 |
| Altamira | S/N | 1 | S/D | S/D |
| Camargo | S/N, Canal Camargo y Canal Principal Guillermo Rodhe | 10 | 373 | 96 |
| Gustavo Díaz Ordaz | S/N | 7 | 438 | 116 |
| Gómez Farías | S/N | 3 | 52 | 13 |
| González | S/N | 4 | 55 | 7 |
| Hidalgo | Canal El Tigre | 2 | 25 | 7 |
| Mante | S/N, Canal Este y Canal La Palma | 46 | 4,650 | 1,264 |
| Matamoros | S/N y Canal Solicedo | 114 | 2,864 | 719 |
| Miguel Alemán | S/N y Canal San Pedro | 13 | 45 | 7 |
| Reynosa | S/N, Canal Río Bravo, Canal Anzaldúas, Canal Culebrón, Canal El Anhelo, Canal Principal Guillermo Rodhe, Canal Reynosa Puente y Canal Santa Anita. | 99 | 12,405 | 2,962 |
| Rio Bravo | S/N, Canal Río Bravo y Canal Anzaldúas | 44 | 7,270 | 1,703 |
| Soto La Marina | S/N | 2 | 29 | 4 |
| Tula | S/N | 5 | 48 | 9 |
| Valle Hermoso | S/N y Canal Palito Blanco | 46 | 1,347 | 315 |
| Xicoténcatl | S/N | 18 | 765 | 202 |

De acuerdo a la tabla anterior destaca que los Municipios Matamoros, Río Bravo y Valle Hermoso (Figura 55), Mante y Reynosa, dada su distribución y número de canales, cuentan con un mayor número de colonias expuestas a desbordamiento de canales, con 349 colonias, donde habitan 28,536 habitantes distribuidos en 6,963 viviendas.

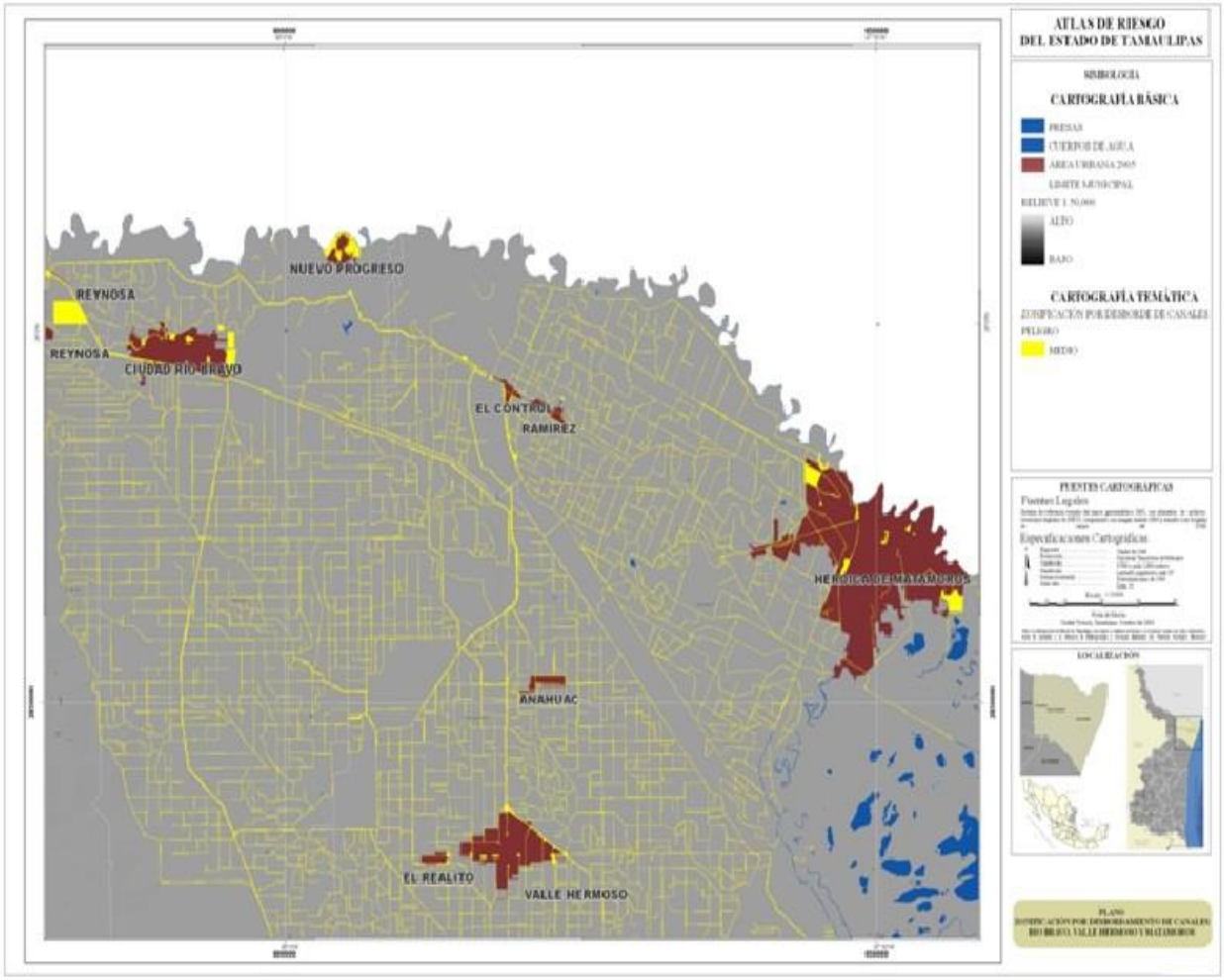



**Figura 55.** Zonificación de de peligro medio (canales de Municipios Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros).

Uno de los canales más importantes del Estado se ubica al noreste de la Ciudad de Reynosa (canal Anzaldúas), su trayecto cruza por la mancha urbana (Fotografía 39).Este canal se origina al noroeste del Municipio de Reynosa, donde su principal uso está encaminado a cubrir las necesidades del sector agrícola.

**Fotografía 39.** Canal Anzaldúas.

***vv) Vulnerabilidad***

Se identificó la vulnerabilidad de poblaciones y manzanas localizadas en zonas de peligro, estableciendo el valor de la vivienda en base a la tipología de la misma, la cual fue establecida en la descripción general de la metodología. Cabe mencionar que en función del nivel de peligro, en este caso medio, dado que se cuenta con información a nivel de manzana, se generalizó un factor de vulnerabilidad (0.7), aplicado al valor de la infraestructura expuesta.

Dentro de la zona de peligro se localizan 189 poblaciones, a partir de las cuales, en función del número y tipo de vivienda, se determinó la cantidad expuesta ante inundaciones por desbordamiento de canales (Tabla 60). Los Municipios Mante, Matamoros, Padilla, Reynosa, Rio Bravo, Valle Hermoso y Xicoténcatl presenta las mayores cantidades expuestas, esto en función a la tipología y número de viviendas que se encentran en zona de peligro.

De acuerdo a la Tabla 5, en el Municipio de Camargo se localizan dos localidades en zona de peligro por desbordamiento de canales, en estas se ubican tres casas de tipo uno con un costo de afectación de $17,000.00 pesos. En el caso del Municipio Gustavo Díaz Ordaz, cinco comunidades están en zona de peligro, en estas cuatro casas tipo I tendrían una afectación de $35,000.00 pesos, cuatro casas de tipo II expondrían un costo de $421,400.00 pesos, mientras que tres casas de tipo tres generan una cantidad expuesta de $630,000.00 pesos.

**Tabla 60.** Municipios, cantidad de localidades, tipo de vivienda y su cantidad expuesta.

| MUNICIPIO (NÚM. DE LOCALIDADES) | TIPO DE VIVIENDA/PÉRDIDA MONETARIA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | COSTO | II | COSTO | III | COSTO | IV | Cantidad expuesta |
| Camargo (2) | 3 | $17,000 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Gustavo Díaz Ordaz (5) | 4 | $35,000 | 4 | $421,400 | 3 | $630,000 | ----- | ----- |
| Gómez Farías (5) | 5 | $43,750 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| González (2) | 3 | $26,150 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Hidalgo (1) | 1 | $8,750 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Mante (17) | 16 | $96,250 | ----- | ----- | 19 | $210,000 | 89 | $1,575,000 |
| Matamoros (44) | 37 | $323,750 | 47 | $4,951,450 | 10 | $2,100,00 | 36 | $11, 340,000 |
| Nuevo Laredo (2) | 2 | $17,500 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Padilla (1) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 49 | $15,435,000 |
| Reynosa (29) | 36 | $315,000 | 8 | $842,800 | 5 | $1,050,000 | ----- | ----- |
| Rio Bravo (42) | 59 | $516,250 | 121 | $12,747,350 | ----- | ----- | 6 | $1,890,000 |
| San Fernando (1) | 1 | $8,750 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Valle Hermoso (30) | 28 | $245,000 | 17 | $1,790,950 | 83 | $17,430,000 | 124 | $39,060,000 |
| Xicoténcatl (7) | 4 | $35,000 | 8 | $842,800 | ----- | ----- | 67 | $21,105,000 |

De acuerdo a la Tabla 61, se estimó la cantidad expuesta en función del número de colonias en zona de peligro por inundación (desborde de canales), caso del Municipio Abasolo, donde se ubican dos colonias, a su vez cinco casas de tipo tres que arrijan un costo expuesto de $1′050,000.00. Caso similar en el Municipio de Camargo, donde se ubican diez colonias en zona de peligro, a su vez 15 viviendas de tipo II, generando un bien expuesto de $1′580,250.00.

En la Figura 56 se presenta un ejemplo de zonificación de vulnerabilidad para la Ciudad de Reynosa, cubriendo los rangos de vulnerabilidad muy alta, alta, media y baja. Esta fue determinada en función de la tipología de la vivienda, tomando en cuenta el nivel de peligro asignado.

**Tabla 61.** Colonias por Municipio, cantidad de viviendas y cantidad expuesta.

| MUNICIPIO (NÚM. DE COLONIAS) | TIPO DE VIVIENDA/´PERDIDA MONETARIA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | COSTO | II | COSTO | III | COSTO | IV | COSTO |
| Abasolo (2) | ----- | ----- | ----- | ----- | 5 | $1,050,000 | ----- | ----- |
| Aldama (2) | ----- | ----- | ----- | ----- | 23 | $1,260,000 | ----- | ----- |
| Altamira (1) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Camargo (10) | ----- | ----- | 15 | $1,580,250 | 81 | $24,300,000 | ----- | ----- |
| Gustavo Díaz Ordaz (7) | 5 | $43,750 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Gómez Farías (3) | ----- | ----- | ----- | ----- | 13 | $2,730,000 | ----- | ----- |
| González (4) | 1 | $8,750 | 6 | $632,100 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Hidalgo (2) | ----- | ----- | 4 | $421,400 | 3 | $630,000 | ----- | ----- |
| Mante (46) | 1 | $8,750 | 18 | $1,896,300 | 1,147 | $242,879,700 | 97 | $30,555,000 |
| Matamoros (114) | 1 | $8,750 | 52 | $5,478,200 | 653 | $137,130,000 | 13 | $4,095,000 |
| Miguel Alemán (13) | ----- | ----- | ----- | ----- | 7 | $1,470,000 | ----- | ----- |
| Reynosa (99) | 109 | $953,750 | 214 | $22,544,900 | 2,587 | $543,270,000 | 52 | $16,380,000 |
| Rio Bravo (44) | 28 | $245,000 | 35 | $3,687,250 | 1,640 | $344,400,000 | S/D | S/D |
| Soto La Marina (2) | ----- | ----- | 1 | $105,350 | 3 | $630,000 | ----- | ----- |
| Tula (5) | ----- | ----- | 1 | $105,350 | 8 | $1,680,000 | ----- | ----- |
| Valle Hermoso (46) | ----- | ----- | 19 | $2,001,650 | 294 | $61,740,000 | 1 | $315,000 |
| Xicoténcatl (18) | 4 | $35,000 | 7 | $737,450 | 190 | $39,900,000 | 1 | $315,000 |

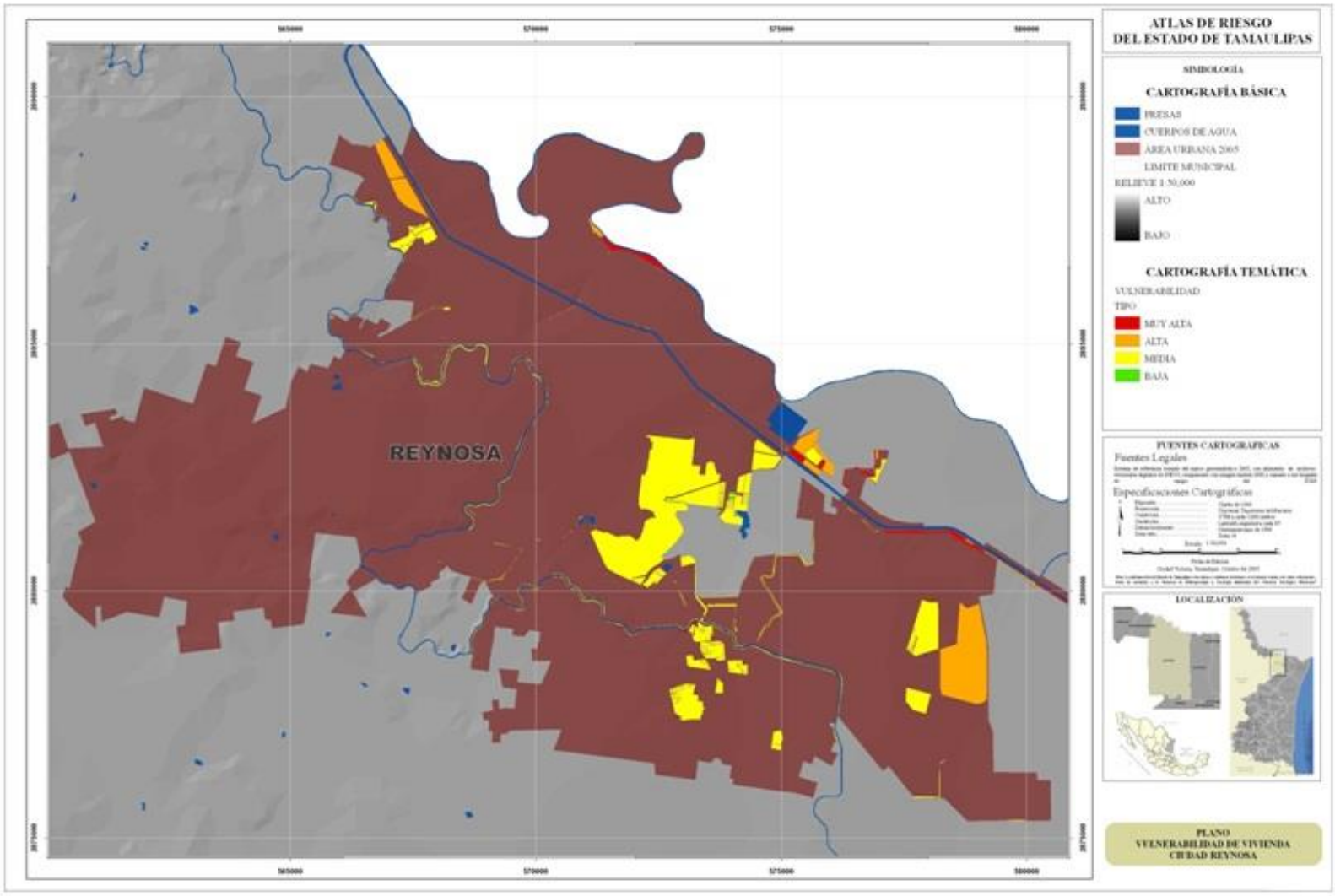



**Figura 56.** Zonificación de vulnerabilidad. Reynosa, Tamaulipas.

***ww) Riesgo***

Para el análisis de riesgo se evaluó el tipo de vivienda, vulnerabilidad, junto con el nivel de peligro; tal y como se describe en el apartado de metodología. En base a ello se obtuvieron los siguientes niveles de riesgo para las localidades y para colonias (Tabla 62).

En función de lo anterior, en el Municipio González se encuentran dos localidades en zona de peligro, de estas tres viviendas tipo I están en riesgo alto. En el Municipio Díaz Ordaz se ubican cinco localidades, mismas que albergan a cuatro viviendas de tipo I en riesgo alto, cuatro viviendas tipo II en riesgo medio, por último tres viviendas tipo tres también se localizan en riesgo medio.

**Tabla 62.** Clasificación de riesgo por localidad.

| MUNICIPIO (NÚM. DE LOCALIDADES) | TIPO DE VIVIENDA/NIVEL DE RIESGO | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | RIESGO | II | RIESGO | III | RIESGO | IV | RIESGO |
| Camargo (2) | 3 | Alto | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Gustavo Díaz Ordaz (5) | 4 | Alto | 4 | Medio | 3 | Medio | ----- | ----- |
| Gómez Farías (5) | 5 | Alto | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| González (2) | 3 | Alto | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Hidalgo (1) | 1 | Alto | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Mante (17) | 16 | Alto | ----- | ----- | 19 | Medio | 89 | Bajo |
| Matamoros (44) | 37 | Alto | 47 | Medio | 10 | Medio | 36 | Bajo |
| Nuevo Laredo (2) | 2 | Alto | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Padilla (1) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 49 | Bajo |
| Reynosa (29) | 36 | Alto | 8 | Medio | 5 | Medio | ----- | ----- |
| Rio Bravo (42) | 59 | Alto | 121 | Medio | ----- | ----- | 6 | Bajo |
| San Fernando (1) | 1 | Alto | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Valle Hermoso (30) | 28 | Alto | 17 | Medio | 83 | Medio | 124 | Bajo |
| Xicoténcatl (7) | 4 | Alto | 8 | Medio | ----- | ----- | 67 | Bajo |

A nivel de manzana y de acuerdo a la Tabla 63, en el Municipio de Abasolo se ubican dos manzanas, en las cuales existen cinco casas de tipo III en riesgo medio, mientras que en Mante se ubican 46 manzanas en zona de inundación, en estas una casa de tipo I está en riesgo alto, 18 viviendas tipo dos en zona de riesgo medio, 1,147 viviendas de tipo III en riesgo medio y 97 viviendas de tipo IV en riesgo bajo.

**Tabla 63.** Nivel de riesgo en las viviendas por colonia.

| MUNICIPIO (NÚM. DE COLONIAS) | TIPO DE VIVIENDA/NIVEL DE RIESGO | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | RIESGO | II | RIESGO | III | RIESGO | IV | RIESGO |
| Abasolo (2) | ----- | ----- | ----- | ----- | 5 | Medio | ----- | ----- |
| Aldama (2) | ----- | ----- | ----- | ----- | 23 | Medio | ----- | ----- |
| Altamira (1) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Camargo (10) | ----- | ----- | 15 | Medio | 81 | Medio | ----- | ----- |
| Gustavo Díaz Ordaz (7) | 5 | Alto | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Gómez Farías (3) | ----- | ----- | ----- | ----- | 13 | Medio | ----- | ----- |
| González (4) | 1 | Alto | 6 | Medio | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Hidalgo (2) | ----- | ----- | 4 | Medio | 3 | Medio | ----- | ----- |
| Mante (46) | 1 | Alto | 18 | Medio | 1,147 | Medio | 97 | Bajo |
| Matamoros (114) | 1 | Alto | 52 | Medio | 653 | Medio | 13 | Bajo |
| Miguel Alemán (13) | ----- | ----- | ----- | ----- | 7 | Medio | ----- | ----- |
| Reynosa (99) | 109 | Alto | 214 | Medio | 2,587 | Medio | 52 | Bajo |
| Rio Bravo (44) | 28 | Alto | 35 | Medio | 1,640 | Medio | ----- | ----- |
| Soto La Marina (2) | ----- | ----- | 1 | Medio | 3 | Medio | ----- | ----- |
| Tula (5) | ----- | ----- | 1 | Medio | 8 | Medio | ----- | ----- |
| Valle Hermoso (46) | ----- | ----- | 19 | Medio | 294 | Medio | 1 | Bajo |
| Xicoténcatl (18) | 4 | Alto | 7 | Medio | 190 | Medio | 1 | Bajo |

En la Figura 57 se localiza una zonificación de riesgo para la Ciudad de Reynosa, cabe mencionar que la misma información presentada para la Ciudad de Reynosa, se puede consultar para todas zonas urbanas donde fueron cartografiadas colonias en zona de peligro.

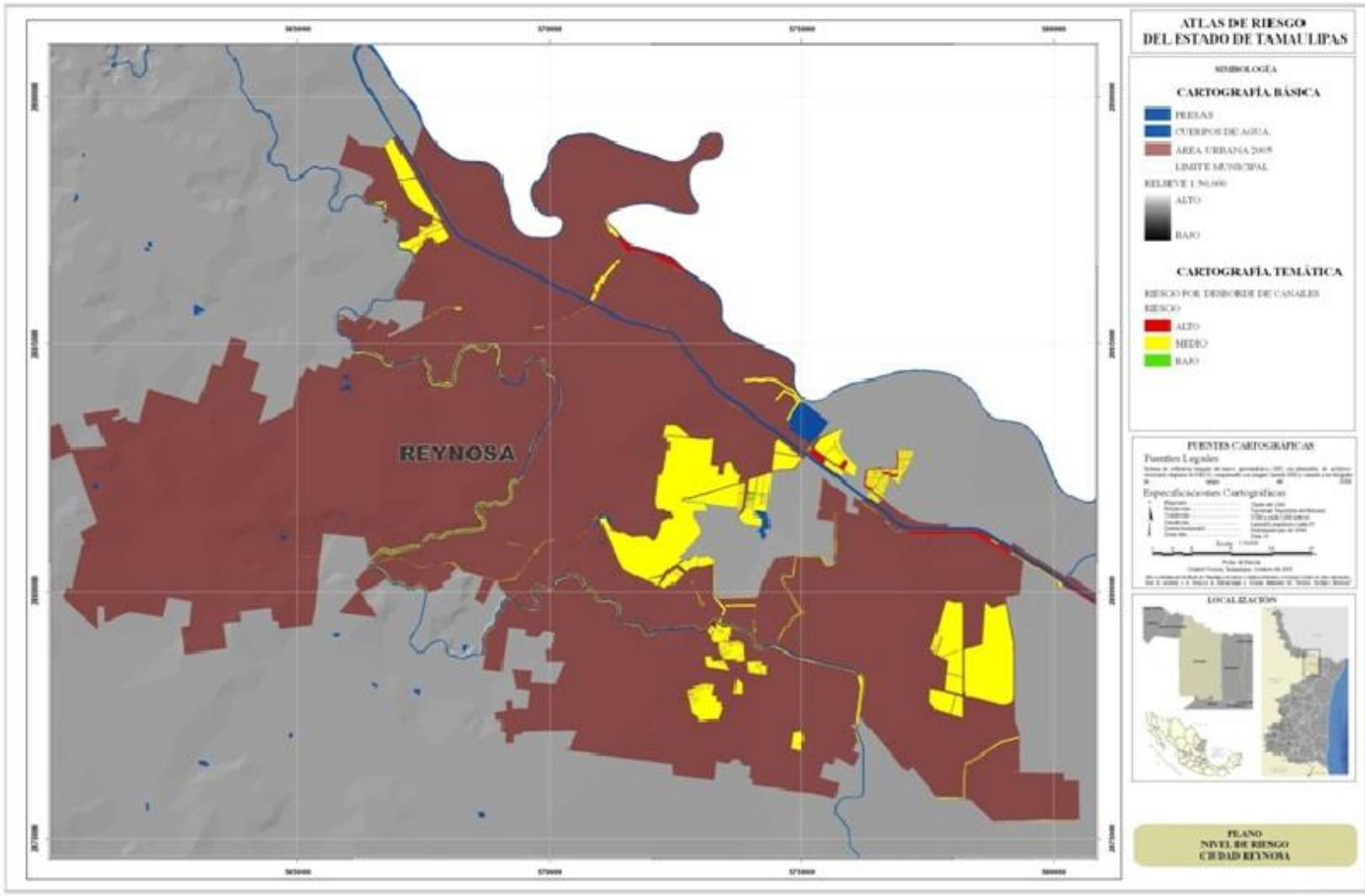



**Figura 57.** Niveles de Riesgo por colonia. Reynosa, Tamaulipas.

## B. Encharcamientos

La manifestación del fenómeno de inundación denominada “encharcamiento” se hace presente en zonas urbanas donde la ineficiencia y/o inexistencia de sistema de alcantarillado o de drenaje pluvial, provoca que se incremente el nivel del agua producto por la precipitación en una zona. Del mismo modo, este fenómeno se produce como consecuencia de la precipitación, cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse por un periodo de tiempo (García, 2008).

En el Estado de Tamaulipas se identificaron y cartografiaron las zonas urbanas susceptibles a ser afectadas por este fenómeno en base al levantamiento de campo y la zonificación cartografiada por las instituciones municipales de protección civil (Figura 58). Dado que el resultado del análisis se representa mediante un mapa de todo el Estado, para fines prácticos se describe con mayor detalle un ejercicio de una de principales zonas urbanas que comúnmente se ven afectadas, en este caso la Ciudad de Matamoros.

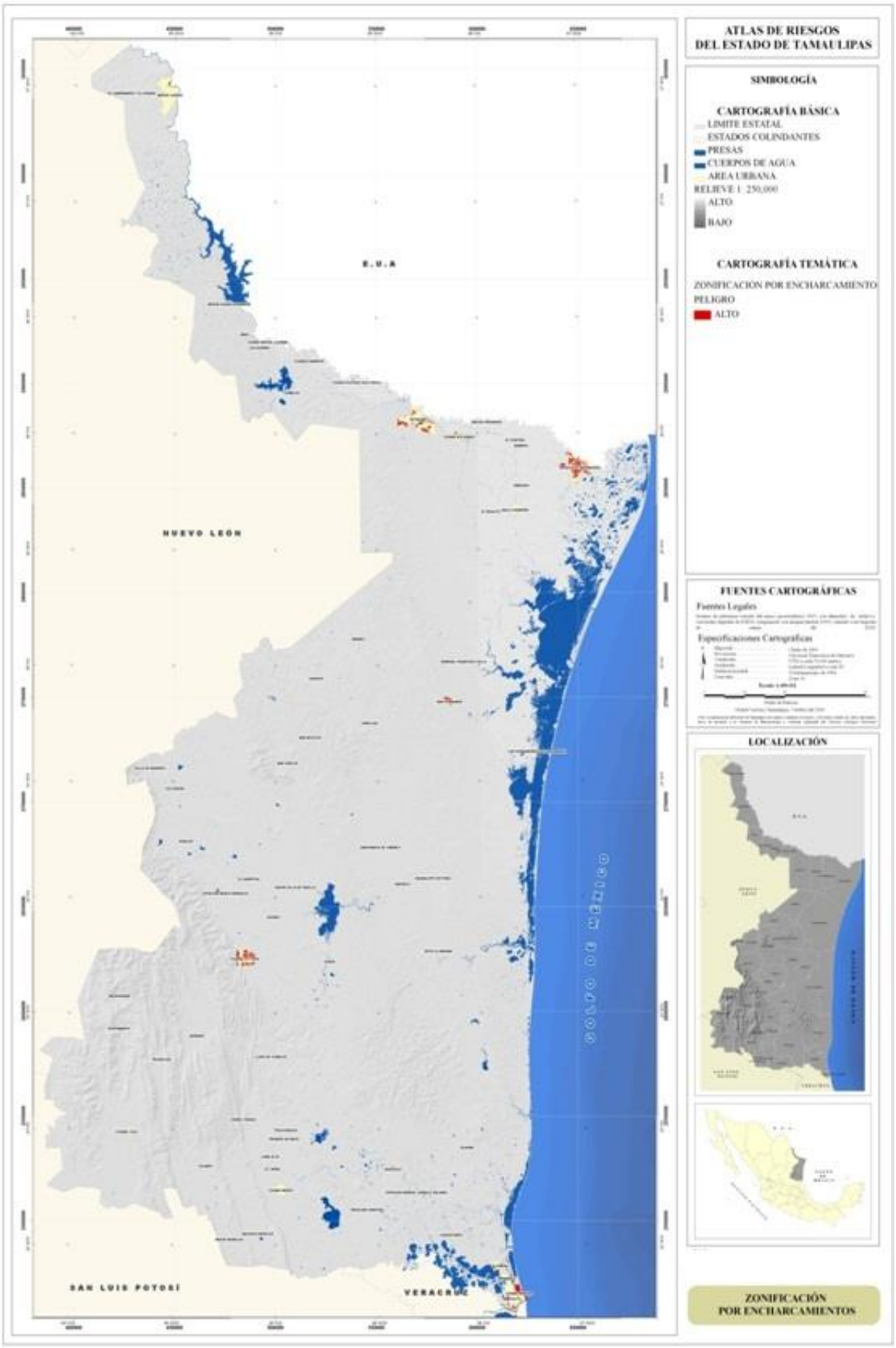
Para un mayor detalle se recomienda al lector consultar la figura 58 Zonas de peligro por encharcamiento, así como los Atlas de Riesgo Municipales que se desarrollaron de manera paralela, donde se podrá conocer las principales zonas de encharcamiento en las ciudades con mayor afectación en el Estado.

### *xx) Peligro*

Entre las ciudades y cabeceras municipales donde se registra una mayor presencia de encharcamiento se contemplan a Nuevo Laredo, Miguel Alemán, Nuevo progreso, Cd. Camargo, Rio Bravo, Reynosa, Matamoros, San Fernando, Ciudad Victoria, González, Cuauhtémoc, Altamira, Miramar, Tampico y Madero, ya que se ubican en zona de pendientes de 0 a 2°, lo cual es un factor que intensifica la presencia del fenómeno. Cabe mencionar que el área susceptible a verse afectada por encharcamientos es de 128.78 $Km^2$, que representa el 16 % de la superficie estatal.

En el área que cubre la zona de encharcamientos se ubican 657 colonias, con 159,639 viviendas, donde se aloja una población total de 622,766 habitantes. El 93% de las viviendas ubicadas en zonas de encharcamiento cuentan con el servicio de agua potable, 87% con sistema de drenaje y el 94% con el suministro de energía eléctrica. Cabe mencionar que dentro de esta zonificación existen edificaciones como escuelas, hospitales, etc.; que tienen probabilidades de ser afectadas por este fenómeno (Tabla 64).

La zonificación elaborada para el caso de encharcamientos corresponde sólo a peligro alto, lo anterior debido a que no se cuenta con las herramientas adecuadas, tal es el caso de las condiciones topográficas a detalle, necesarias para generar una zonificación que involucre una tasa menor de peligro, es decir, medio y bajo. En la Figura 59 se muestra el caso de la Ciudad de Matamoros y sus zonas de peligro alto por encharcamiento.




Zonas de peligro por encharcamiento.

**Tabla 64.** Afectación por encharcamientos en zonas urbanas.

| CABECERA MUNICIPAL | NO. DE COLONIAS | VIVIENDAS | POBLACIÓN | EDIFICACIONES |
|---|---|---|---|---|
| Nuevo Laredo | 19 | 1,181 | 5,196 | ----- |
| Miguel Alemán | 1 | 86 | 340 | 1 Iglesia y1 hospital. |
| Cd. Camargo | 2 | 233 | 894 | ----- |
| Rio Bravo y Nvo. Progreso | 27 | 1,946 | 8,355 | Estación de Bomberos, 1 cementerio, 2 centros deportivos, 1 instalación DIF, 2 plazas, 1 oficina de gobierno, 9 iglesias y 11 escuelas. |
| Reynosa | 63 | 33,994 | 138,865 | 2 Cementerios, 2 centros deportivos, 3 instalaciones DIF, 9 parques, 69 iglesias y 69 escuelas, 3 hospitales, 4 gaseras, 12 gasolineras y 2 puntos de ducto. |
| Matamoros | 235 | 56,419 | 216,650 | 2 Auditorios, 2 cementerios, 10 centros comerciales, 11 centros deportivos, 1 cine, 5 instalaciones DIF, 1 terminal de autobuses, 3 plazas, 8 parques, 1 oficina de gobierno, 1 museo, 142 iglesias, 6 hoteles, 146 escuelas, 13 hospitales, 3 gaseras, 35 gasolineras y 31 industrias. |
| San Fernando | 12 | 4,237 | 16,340 | 1 Auditorio, 2 cementerios, 4 centros comerciales, 3 centros deportivos, oficinas CFE, 3 terminales de autobuses, 3 plazas, 2 oficinas de gobierno, 20 iglesias, 4 hoteles, 18 escuelas, 5 hospitales y 1 gasolinera. |
| Ciudad Victoria | 156 | 29,519 | 116,516 | 3 Cementerios, 12 centros comerciales, 3 centros deportivos, 1 terminal de autobuses, 10 oficinas de gobierno, 23 iglesias, 7 hoteles, 91 escuelas, 8 hospitales, 3 gaseras, 9 gasolineras y 1 industria. |
| González | 4 | 583 | 2,382 | 1 Escuela. |
| Cuauhtémoc, Altamira y Miramar | 59 | 5,464 | 21,587 | 1 Centro deportivo, 7 Iglesias y 15 escuelas. |
| Tampico | 40 | 16,885 | 61,019 | 1 Auditorio, Estación de bomberos, 6 centros comerciales, 7 centros deportivos, 2 plazas, 1 oficina de gobierno, 1 museo, 16 iglesias, 7 hoteles, 22 escuelas, 3 hospitales, 1 gasera y 1 gasolinera. |
| Madero | 39 | 9,092 | 34,622 | 5 Centros deportivos, 2 instalaciones DIF, 1 plaza, 11 iglesias, 6 hoteles, 21 escuelas, 1 hospital y 2 gasolineras. |
| Nota.- plazas y parques: zonas recreativas o de esparcimiento. | | | | |

De lo anterior destaca que la cabecera municipal de Matamoros es la más propensa a ser afectada por presentar un mayor número de edificaciones ubicadas en zonas definidas dentro del rango de peligro por encharcamientos. Una de las zonas de mayor peligro se localiza en la Colonia San Francisco, donde este fenómeno se hace presente debido al funcionamiento inadecuado de la red de alcantarillado, en este caso el nivel del agua alcanza una altura de aproximadamente 50 cm (Fotografía 40).

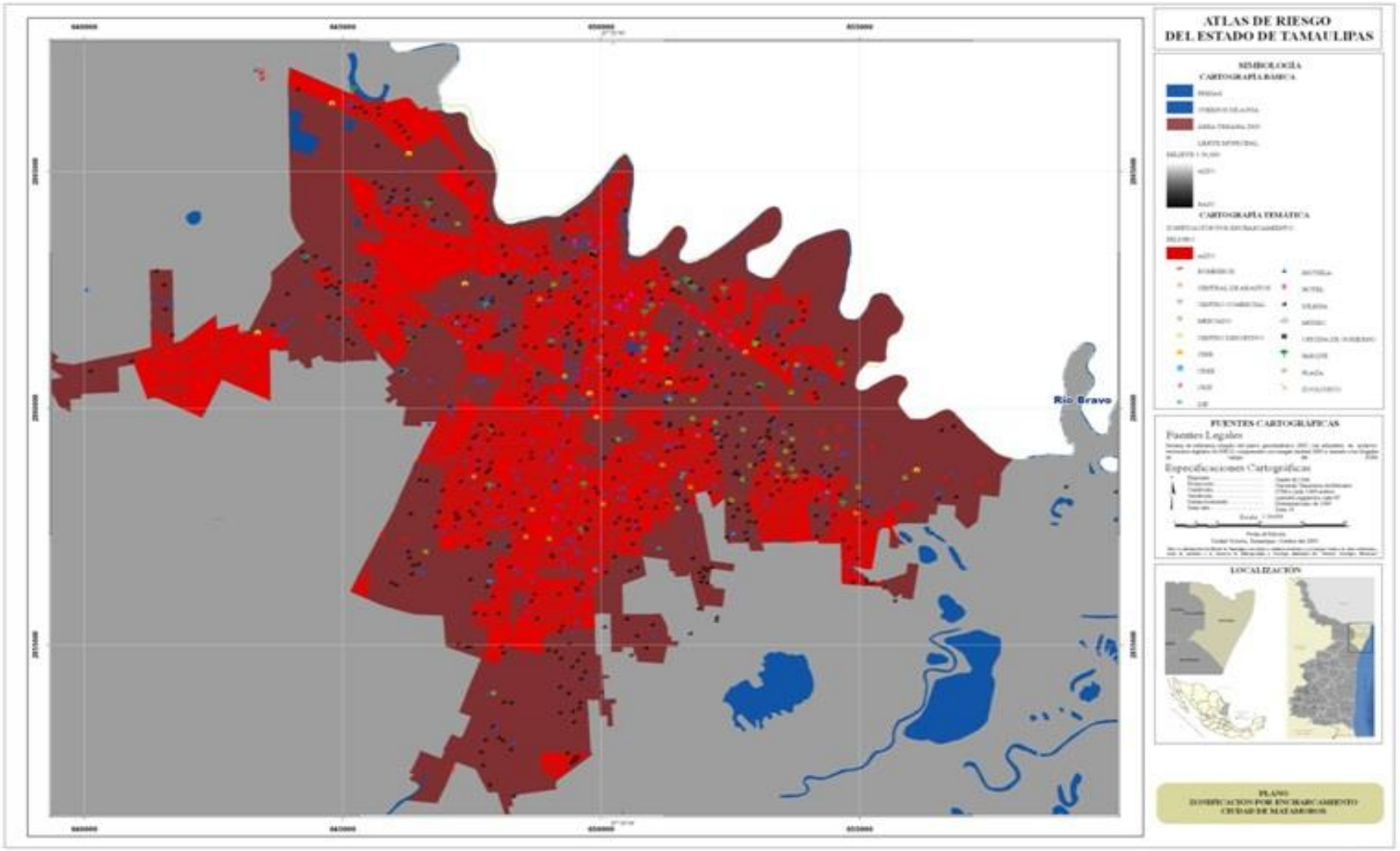
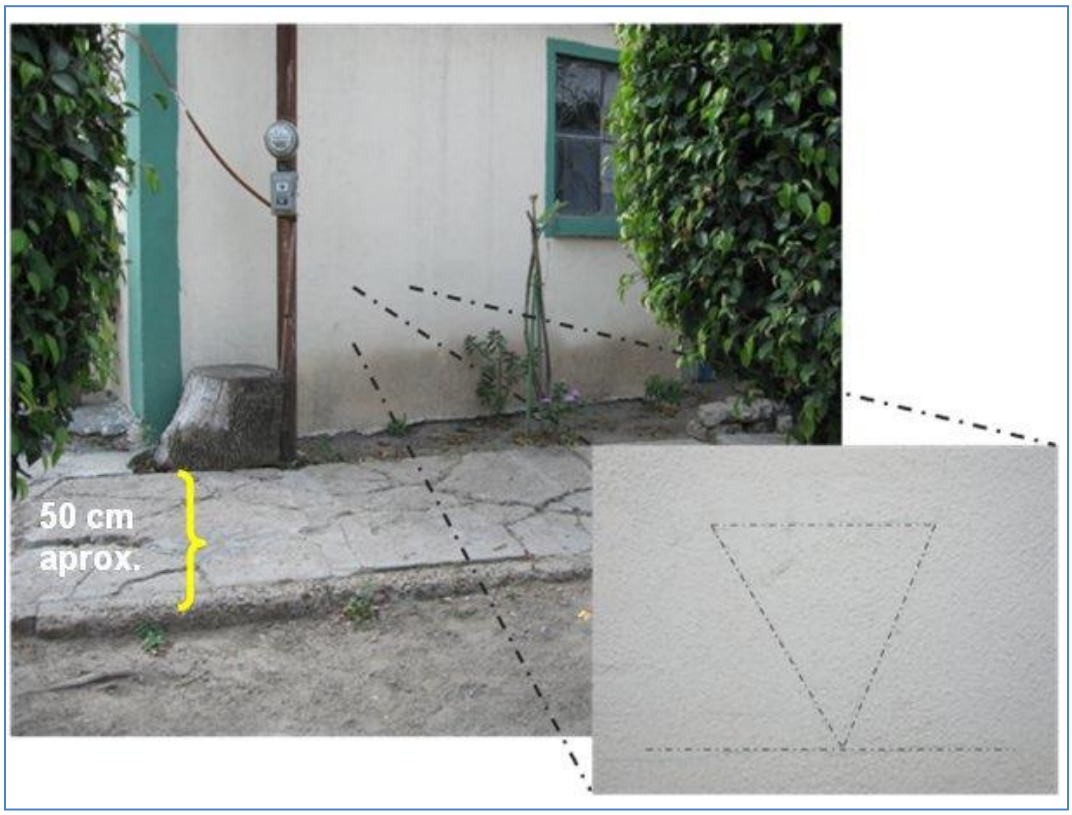



**Figura 58.** Zonas de peligro alto por encharcamientos. Matamoros, Tamaulipas.




**Fotografía 40.** Marca de encharcamiento, Colonia San Francisco, Matamoros.

En el caso de la capital del Estado se trata de 156 colonias las que se ubican en zona de peligro por encharcamientos, en estas se localizan 29,519 viviendas, albergando a una población de 115,516 habitantes. En este caso se calculó una cantidad expuesta por el fenómeno de encharcamiento de $936’108,950.00 pesos (Tabla 65).

Dentro de la infraestructura con la que cuenta Ciudad Victoria, susceptible a verse afectada se encuentran cementerios, centros comerciales, centros deportivos, terminal de autobuses, oficinas de gobierno, escuelas, hospitales, gaseras, gasolineras e industrias. A fin de conocer las particularidades de los sitios afectados, se recomienda al lector autorizado utilizar el SIG, donde pueden interactuar las capas de zonas de peligro por encharcamientos y los sitios verificados en el apartado de socio-organizativos. Cabe mencionar que el nivel de información aquí referido se encuentra disponible para las cabeceras municipales que son afectadas por este fenómeno.

### *yy) Vulnerabilidad*

Una vez establecidas y cartografiadas las zonas de peligro por encharcamientos en las cabeceras municipales del Estado, se desarrolla un análisis para determinar la vulnerabilidad de los bienes expuestos ante el fenómeno, es decir, el grado de exposición o la fragilidad del sistema, tal que las amenazas climáticas lleguen a representar daños a la economía, la vida humana y/o el ambiente del sistema bajo estudio (Universidad de Veracruz, 2006).

De acuerdo a la metodología de CENAPRED, en relación a la tipología de las viviendas, se elaboró una tabla acorde a la información disponible para el proyecto, donde se arrojan cuatro tipos de vivienda y que son descritas en el apartado de metodología general. En base a los valores previamente establecidos se determinarán las pérdidas materiales que se pudieran generar al ser afectadas las viviendas por este tipo de inundación.

Cabe señalar que este fenómeno es menos severo que el desbordamiento, es decir, en caso de ocurrencia provoca daños sólo en el menaje y no en la estructura de la edificación, por lo cual se consideró como expuesto sólo el 10% del valor del menaje para cada uno de los tipos de vivienda (Tabla 65), es decir, en el caso de tipo 1 corresponde a $1,250.00 tipo II a $ 15,050.00 tipo III a $30,000.00 y tipo IV a $45,000.00.

En la Tabla 65 se muestra un listado por Municipio que incluye el tipo, cantidad y costo por vivienda, de igual forma se desprende que, en cuanto a recursos económicos expuestos, las casas del tipo III y IV, a nivel estatal, son las viviendas más afectadas. Cabe mencionar que en este caso fueron establecidas cantidad expuesta por vivienda, tal es el caso de las cabeceras municipales de Matamoros, Cd. Victoria y Tampico, donde se asignó un costo por vivienda de $30,431.00, $31,712.00 y $ 31,137.00. En el caso del resto de las cabeceras se estableció un costo expuesto en promedio por vivienda de $28,917.00.

El ejercicio anterior tiene la finalidad de que al ocurrir una inundación asociada a encharcamientos, pueda cuantificarse la cantidad expuesta en función del número de casas afectadas. Un caso de zonificación de vulnerabilidad se muestra en la Figura 60, donde se observan variaciones de entre muy alta, media y baja.

**Tabla 65.** Distribución del tipo de vivienda y cantidad expuesta.

| ZONA URBANA | TIPO DE VIVIENDA | | | | | | | | TOTAL | CANTIDAD EXPUESTA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | COSTO | II | COSTO | III | COSTO | IV | COSTO | | |
| Nuevo Laredo | 8 | $10,000 | 78 | $1,173,900 | 1,072 | $32,160,000 | 23 | $1,035,000 | 1,181 | $34,378,900 |
| Miguel Alemán | ----- | $0 | 5 | $75,250 | 81 | $2,430,000 | ----- | $0 | 86 | $2,505,250 |
| Cd. Camargo | ----- | $0 | 6 | $90,300 | 227 | $6,810,000 | ----- | $0 | 233 | $6,900,300 |
| Rio Bravo | 104 | $130,000 | 145 | $2,182,250 | 1,255 | $37,650,000 | 16 | $720,000 | 1,520 | $40,682,250 |
| Nuevo Progreso | ----- | $0 | 3 | $45,150 | 423 | $12,690,000 | ----- | $0 | 426 | $12,735,150 |
| Reynosa | 356 | $445,000 | 804 | $12,100,200 | 32,395 | $971,850,000 | 439 | $19,755,000 | 33,994 | $1,004,150,200 |
| Matamoros | 137 | $171,250 | 686 | $10,324,300 | 53,028 | $1,590,840,000 | 2,568 | $115,560,000 | 56,419 | $1,716,895,550 |
| San Fernando | 19 | $23,750 | 151 | $2,272,550 | 3,926 | $117,780,000 | 141 | $6,345,000 | 4,237 | $126,421,300 |
| Cd. Victoria | 145 | $181,250 | 352 | $5,297,600 | 25,024 | $750,720,000 | 3,998 | $179,910,000 | 29,519 | $936,108,850 |
| González | 3 | $3,750 | 60 | $903,000 | 520 | $15,600,000 | ----- | $0 | 583 | $16,506,750 |
| Cuauhtémoc | 3 | $3,750 | 16 | $240,800 | 275 | $8,250,000 | ----- | $0 | 294 | $8,494,550 |
| Altamira | 23 | $28,750 | 139 | $2,091,950 | 757 | $22,710,000 | 30 | $1,350,000 | 949 | $26,180,700 |
| Miramar | 16 | $20,000 | 152 | $2,287,600 | 4,036 | $121,080,000 | 17 | $765,000 | 4,221 | $124,152,600 |
| Tampico | 90 | $112,500 | 134 | $2,016,700 | 15,075 | $452,250,000 | 1,586 | $71,370,000 | 16,885 | $525,749,200 |
| Madero | 171 | $213,750 | 628 | $9,451,400 | 8,004 | $240,120,000 | 289 | $13,005,000 | 9,092 | $262,790,150 |

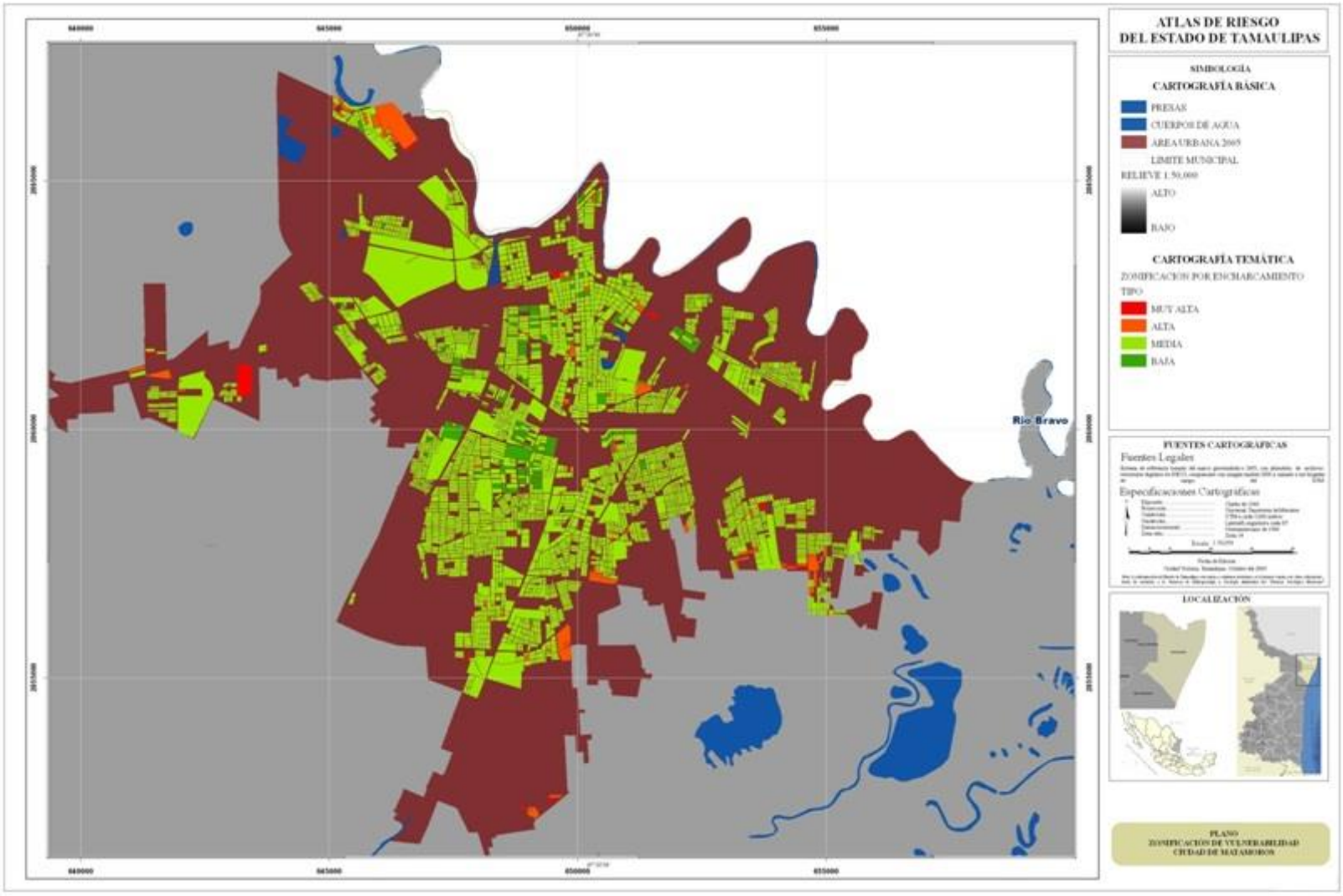



**Figura 59.** Zonificación de Vulnerabilidad. Matamoros, Tamaulipas.

***zz)Riesgo***

Para calcular el nivel de riesgo se utilizó la matriz (descrita en el apartado de metodología) donde, en función de la clasificación de peligro y vulnerabilidad se obtiene los diferentes niveles de riesgo.

De acuerdo a lo anterior se obtuvieron clasificaciones de riesgo en función de la zona urbana analizada, su tipología y número de viviendas expuestas. Continuando con el ejemplo de Matamoros se tiene que 137 viviendas del tipo I están en riesgo muy alto, 686 de tipo II en riesgo alto, 53,028 de tipo III en riesgo medio y 2,568 de tipo IV también en riesgo medio (Tabla 66).

A fin de conocer la ubicación y características de las viviendas para todas las ciudades involucradas, así como la zonificación en base a la clasificación de viviendas, se recomienda al lector consultar el Sistema de Información Geográfica Anexe IV, así como los Atlas de Riesgo por Municipio.

**Tabla 66.** Distribución del riesgo en las viviendas que son afectadas por encharcamiento.

| ZONA URBANA | TIPO DE VIVIENDA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | RIESGO | II | RIESGO | III | RIESGO | IV | RIESGO |
| Nuevo Laredo | 8 | Muy alto | 78 | Alto | 1,072 | Medio | 23 | Medio |
| Miguel Alemán | ----- | Muy alto | 5 | Alto | 81 | Medio | ----- | Medio |
| Cd. Camargo | ----- | Muy alto | 6 | Alto | 227 | Medio | ----- | Medio |
| Rio Bravo | 104 | Muy alto | 145 | Alto | 1,255 | Medio | 16 | Medio |
| Nuevo Progreso | ----- | Muy alto | 3 | Alto | 423 | Medio | ----- | Medio |
| Reynosa | 356 | Muy alto | 804 | Alto | 32,395 | Medio | 439 | Medio |
| Matamoros | 137 | Muy alto | 686 | Alto | 53,028 | Medio | 2,568 | Medio |
| San Fernando | 19 | Muy alto | 151 | Alto | 3,926 | Medio | 141 | Medio |
| Cd. Victoria | 145 | Muy alto | 352 | Alto | 25,024 | Medio | 3,998 | Medio |
| González | 3 | Muy alto | 60 | Alto | 520 | Medio | ----- | Medio |
| Cuauhtémoc | 3 | Muy alto | 16 | Alto | 275 | Medio | ----- | Medio |
| Altamira | 23 | Muy alto | 139 | Alto | 757 | Medio | 30 | Medio |
| Miramar | 16 | Muy alto | 152 | Alto | 4,036 | Medio | 17 | Medio |
| Tampico | 90 | Muy alto | 134 | Alto | 15,075 | Medio | 1,586 | Medio |
| Madero | 171 | Muy alto | 628 | Alto | 8,004 | Medio | 289 | Medio |

De acuerdo a la Tabla 66 se puede observar que en las cabeceras municipales de Reynosa, Matamoros, Cd. Victoria y Madero presentan un mayor riesgo debido a la gran cantidad de viviendas afectadas. En la Figura 61 se ilustra la distribución del riesgo en el Estado de Tamaulipas. De igual forma se observa que la mayor parte de las viviendas expuestas se clasifican como riesgo medio debido a la correlación del peligro alto con vulnerabilidad media y baja, correspondientes al tipo de vivienda III y IV. Por lo que este tipo de vivienda no es tan susceptible a una intensa afectación por el fenómeno de encharcamiento.

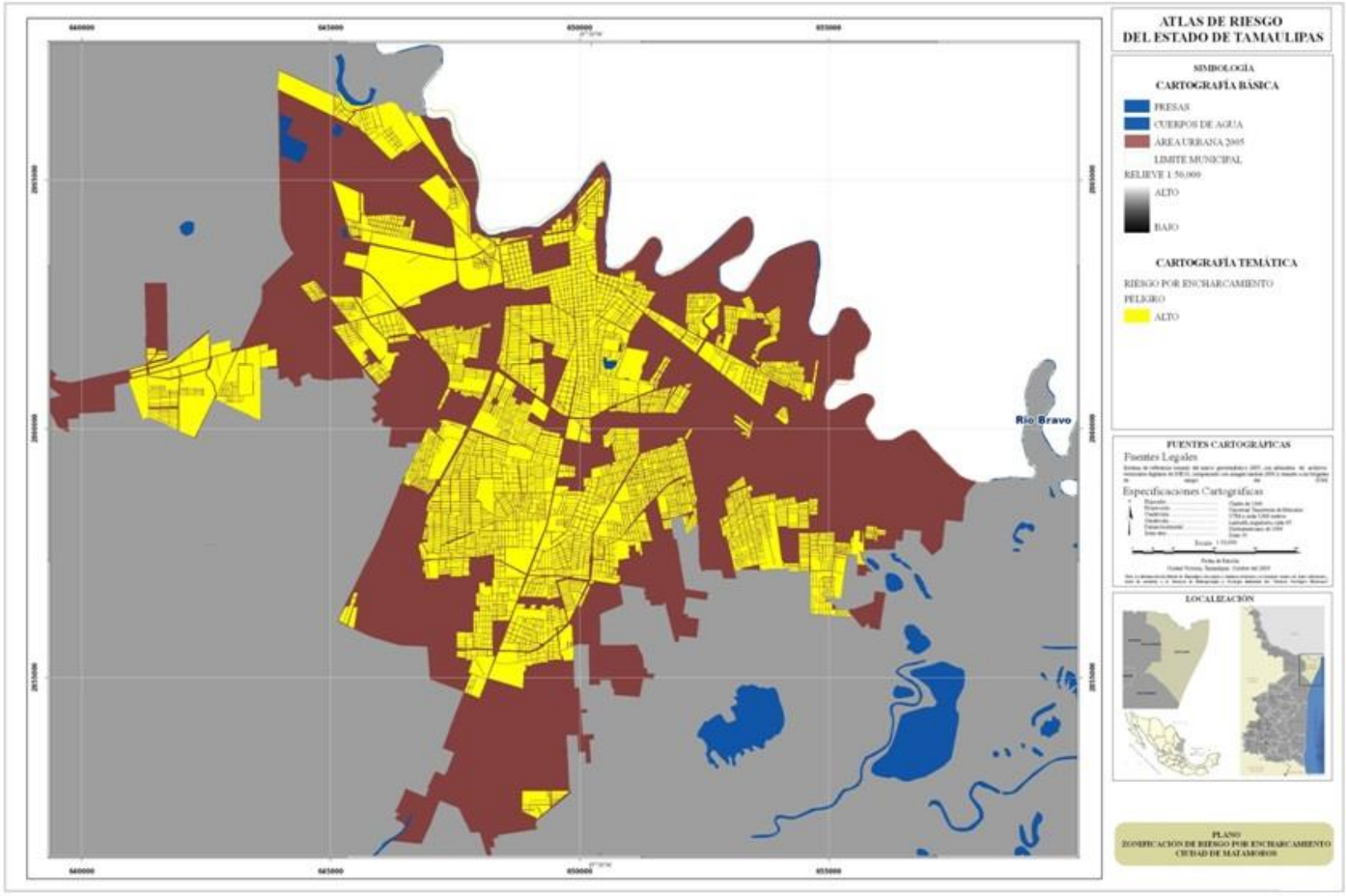



**Figura 60.** Zonificación de riesgo en la Ciudad de Matamoros.

## C. Acumulación

Se trata de un tipo de inundación relacionada al incremento de nivel de agua en cuerpos hidrológicos estacionarios, tal es el caso de presas, lagunas, etc., donde suele ser afectada parte de la infraestructura ubicada en localidades ó zonas habitacionales próximas al borde. El fenómeno está relacionado al escurrimiento y acumulación de grandes volúmenes de agua en una zona específica, lo cual generalmente ocurre en forma paulatina.

De acuerdo a la metodología expuesta en el apartado de Riesgo Hidrometeorológico, fueron identificadas y cartografiadas zonas de peligro alto por acumulación, es decir, las zonas más susceptibles a la ocurrencia de este fenómeno. Es importante citar que debido a que no se contó con la información topográfica a detalle, no fue posible hacer una distinción entre los diferentes tipos de peligro, por lo cual se están considerando las condiciones que tengan una mayor probabilidad de suceder, es decir, zonas de peligro alto.

A fin de que el lector conozca con un mayor grado de detalle las zonas con peligro por inundación (acumulación), se recomienda consultar el Sistema de Información Geográfica que se anexa al presente Atlas, así como los Atlas de Riesgo Municipales que fueron desarrollados de manera paralela al Atlas Estatal. En este caso se podrá conocer al detalle las zonas de peligro, así como la ubicación y características de las localidades propensas a verse afectadas por este fenómeno.

### *aaa) Peligro por Acumulación*

La zonificación de la zona de peligro por acumulación (Figura 62), se desarrolló tomando en cuenta varios factores, entre ellos la presencia de cuerpos estacionarios de agua superficial, sobre los cuales se trazó su zona de influencia por acumulación. Las variaciones topográficas, el número y tipo de ríos y arroyos, antecedentes históricos, así como los puntos de control tomados en campo, permitieron establecer la zona de mayor susceptibilidad a la acumulación de agua.

Debido a que la zonificación se llevó a cabo en todo el Estado de Tamaulipas, el nivel de detalle aquí mostrado no permite conocer puntualmente las zonas de afectación, por lo anterior, durante el desarrollo del apartado se muestran a detalle dos zonas delimitadas con peligro alto por acumulación, por un lado la Presa Vicente Guerrero y cuatro de sus poblaciones aledañas, así como la comunidad La Carbonera, Municipio de San Fernando. La diferencia entre ambas zonas radica en que, en el caso de la presa, las poblaciones fueron consideradas como una unidad homogénea al momento de establecer la vulnerabilidad y el riesgo, mientras que en la comunidad Las Carboneras se contó con información a nivel de manzana, lo que permitió generar información con mayor detalle.

En el caso de las márgenes de la Presa Vicente Guerrero, el fenómeno está directamente relacionado con un incremento en el volumen de agua almacenada, mismo que estará en función del volumen de escurrimientos que aporten afluentes como el Río Grande, Juan Capitán, El Sauz, San Marcos, Los Puentes, entre otras corrientes superficiales que alimentan la obra hidráulica. En este caso, por ubicarse en zona de peligro alto que cubre una superficie de 225 $Km^2$, la acumulación de agua afectaría directamente a cuatro poblados: El Reencuentro, Lajilla del Norte, La Isla y El Ébano (Figura 63), cuyas características generales se abordan más adelante, de igual forma a fin de conocer particularidades de los poblados.

Respecto a la comunidad Las Carboneras, al tratarse de una población de mayor tamaño es factible hacer el análisis por manzana, en este caso la zona de peligro está delimitada por un posible incremento en el nivel del agua de la Laguna Madre (Figura 64), el cual en su momento estaría influenciado por el aporte de agua superficial de varios de los principales ríos del Estado, caso del Río Conchos, Soto La Marina, entre otros, así como por un posible incremento en el nivel medio del mar.

En el Estado existe un número considerable de zonas delimitadas con peligro alto por inundación debido al fenómeno de acumulación, sin embargo, gran parte de estas áreas se localizan alejadas de

poblaciones y/o ciudades, por lo cual la infraestructura y habitantes expuestos en el Estado se reduce considerablemente, lo anterior se muestra al determinar la vulnerabilidad y riesgo ante este fenómeno.

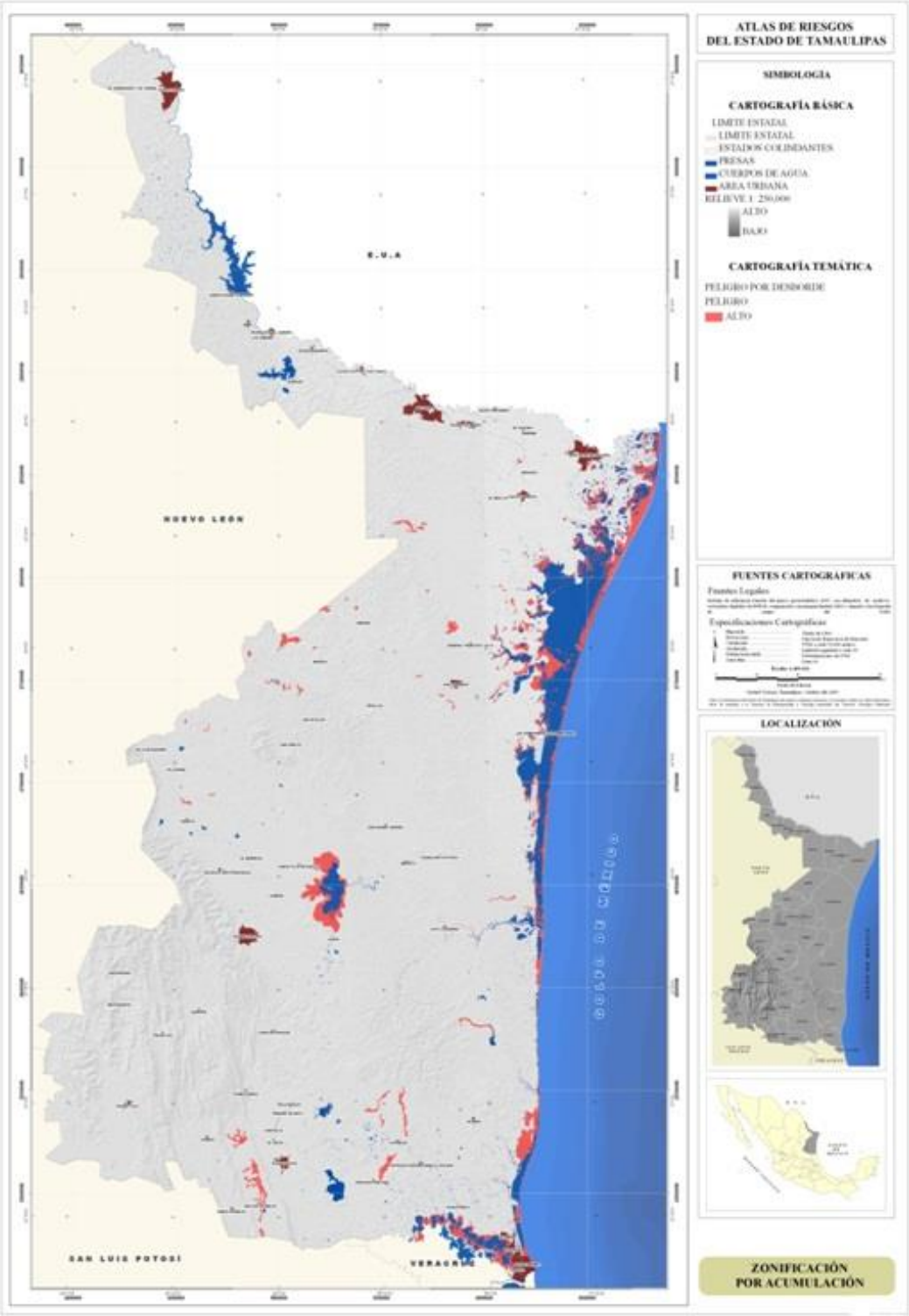



**Figura 61.** Zona de peligro alto por inundación asociada al fenómeno de acumulación.

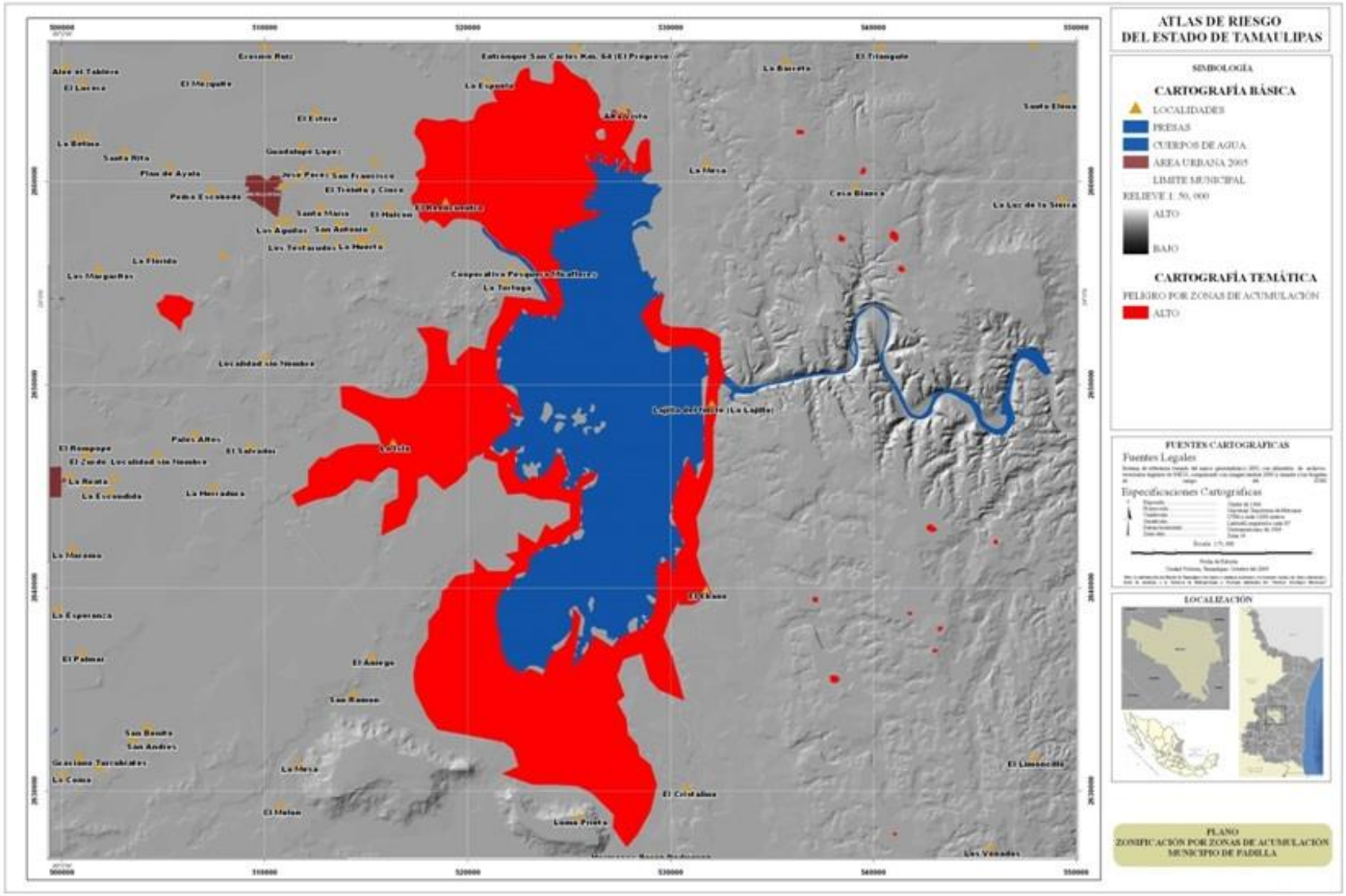



**Figura 62.** Zona de peligro por inundación del tipo acumulación en la Presa Vicente Guerrero.

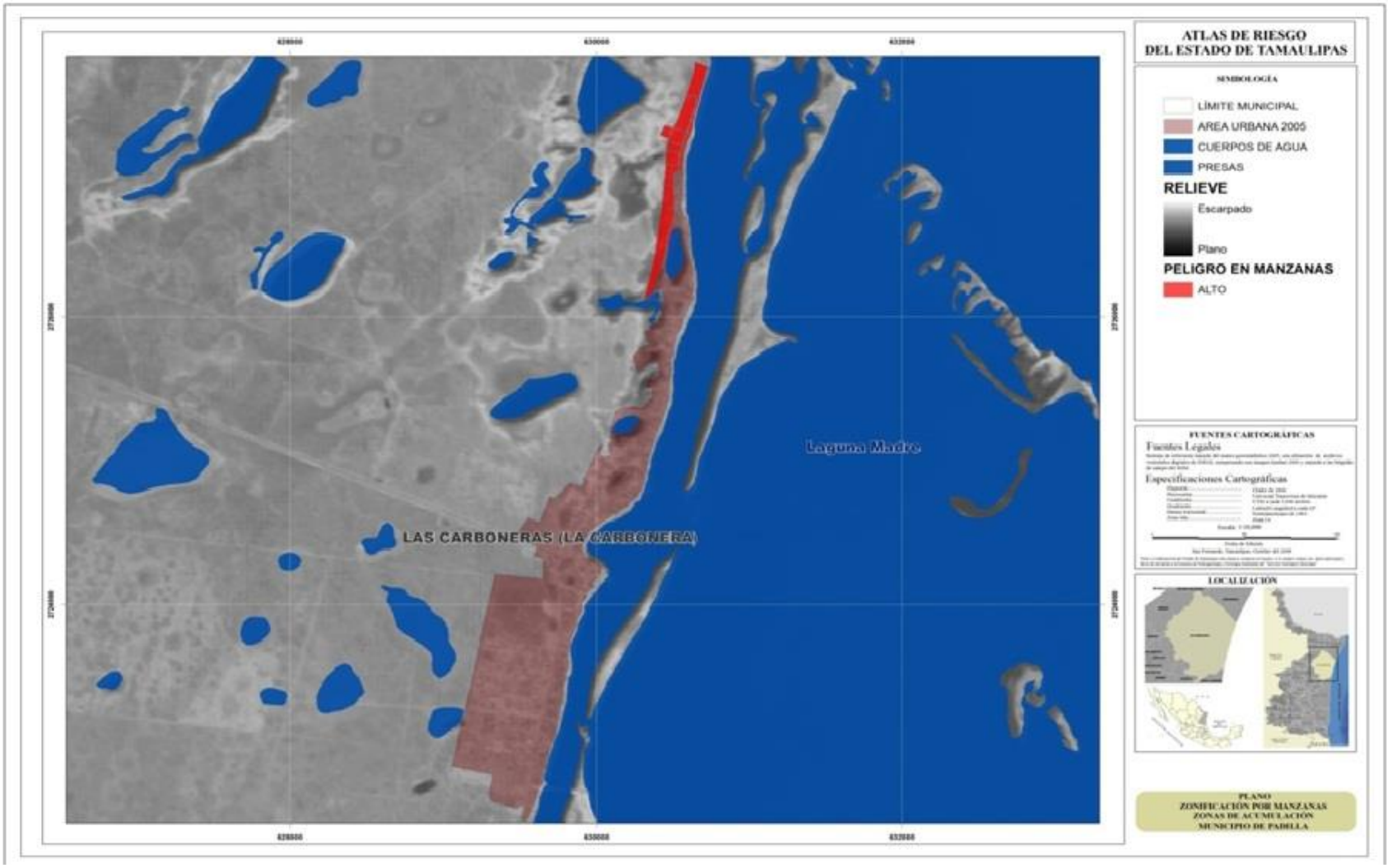



**Figura 63.** Zona de peligro por inundación del tipo acumulación en la comunidad Las Carboneras.

En relación a la afectación que causa este fenómeno en el Estado de Tamaulipas, además de la ya citada cantidad de viviendas y población expuesta, así como la cantidad en recursos (menaje) que en su momento pudiese perderse, respecto a los sitios públicos de concentración de personas, se ubican en zonas de afectación únicamente dos instalaciones religiosas, una ubicada en Matamoros, y otra en Tampico. Sus principales características pueden consultarse en el Sistema de Información Geográfico.

De igual forma las vías de comunicación (calles, caminos y carreteras) son afectadas por este fenómeno, por lo cual a partir de las zonas delimitadas como peligro alto, se identificó la cantidad en kilómetros y tipo de carreteras ubicadas dentro de la zona de peligro, posteriormente se involucró el costo de reparación por kilometro y se estableció la cantidad expuesta en vías de comunicación.

En base a la zonificación de peligro alto por acumulación, así como en la clasificación del tipo de calle o carretera, se estableció la longitud en kilómetros que se ubican dentro de la zona de peligro (86.11Km), así como la cantidad expuesta en bienes materiales, resultando 521,217.00 (quinientos vente y un mil doscientos diez y siete pesos, ver Tabla 67.

**Tabla 67.** Cantidad expuesta a inundaciones de tipo acumulación.

| Tipo de calle o carretera | Longitud en zona de peligro alto (Km) | Costo unitario | Cantidad expuesta |
|---|---|---|---|
| Calle de 1er orden | 0.22 | 21,220.00 | 4,668.40 |
| Calle de 2do orden | 0.64 | 13,793.00 | 8,827.52 |
| Calle de 3er orden | 13.98 | 4,511.00 | 63,063.78 |
| Carretera Estatal | 64.30 | 5,344.00 | 343,619.20 |
| Carretera Federal | 6.31 | 13,793.00 | 87,033.83 |
| Carretera Concesionada | 0.66 | 21,220.00 | 14,005.20 |
| | | | |
| **Total** | 86.11 | | 521,217.93 |

### *bbb) Vulnerabilidad por Acumulación*

De acuerdo a la metodología descrita en el apartado IX, la vulnerabilidad se estimó en función de la tipología de vivienda. A continuación se presentan los resultados en función del número de localidades, así como del número de manzanas afectadas, en este caso tratándose únicamente de centros urbanos categorizados como ciudades.

Dentro del área donde fue zonificado peligro alto por acumulación, la cual cubre una superficie de 2,584 $Km^2$, se localizan 133 localidades, con 1,736 viviendas que albergan una población total de 6,761 habitantes (Tabla 68).

Al momento en que una vivienda es afectada por el fenómeno de acumulación no expone la totalidad de su valor, es decir, existe la posibilidad de que se dañe una proporción de su menaje, más no la estructura de la misma. Por lo anterior, en este apartado fue considerado como expuesto sólo el 10% del costo unitario por vivienda, es decir, una vivienda con un costo unitario de 150,000.00 (ciento cincuenta mil pesos 00/100), al ser afectada por una inundación en forma de acumulación expondrá únicamente un valor de 15,050.00 (quince mil cincuenta pesos 00/100).

De lo anterior se desprende que en el Estado de Tamaulipas, de las 133 localidades en zona de peligro alto por acumulación, al ser afectadas la totalidad de sus viviendas se tendría una cantidad total expuesta de 23,506,650 (veinte y tres millones quinientos seis mil seiscientos cincuenta pesos 00/100).

Dado que la ocurrencia de un fenómeno que afecte a todas las poblaciones al mismo tiempo es escasamente probable, para cuestiones prácticas se sugiere que al momento de ocurrir una inundación por acumulación, inicialmente deberá identificarse el tipo y número de viviendas afectadas, en función de lo anterior involucrar el costo unitario expuesto por vivienda, de esta forma se tendrá la cantidad total expuesta para cada caso en particular (Tabla 68).

**Tabla 68.** Cantidades expuestas en función del tipo y número de viviendas en localidades.

| Nivel de Peligro | Número de localidades | Población total | Tipo de vivienda | Cantidad total de viviendas | Costo unitario por vivienda | Costo unitario expuesto por vivienda | Cantidad total expuesta |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alto | 107 | 3198 | Tipo 1 | 845 | 12,500.00 | 1,250.00 | 1,056,250.00 |
| Alto | 15 | 2065 | Tipo 2 | 508 | 150,500.00 | 15,050.00 | 7,645,400.00 |
| Alto | 5 | 696 | Tipo 3 | 162 | 300,000.00 | 30,000.00 | 4,860,000.00 |
| Alto | 6 | 802 | Tipo 4 | 221 | 450,000.00 | 45,000.00 | 9,945,000.00 |
| | | | | | | | |
| ***Total*** | *133* | *6761* | | *1736* | | | *23,506,650.00* |

Son varias las ciudades que cuentan con una o varias manzanas en zona de peligro alto por acumulación, tal es el caso de Tampico, Altamira, Matamoros, Reynosa, Nuevo Progreso, Carboneras, Miramar y Ciudad Madero. En este caso, a diferencia de las poblaciones, se contó con información a detalle (nivel manzana), con la finalidad de generar una mayor certidumbre al cálculo de las cantidades y habitantes expuestos en las zonas delimitadas como peligro alto.

Se trata de 84 manzanas delimitadas en zona de peligro alto por acumulación, en estas se localizan 953 viviendas, sin embargo, expuestas al fenómeno se identificaron sólo 498 casas habitación, en las cuales radican 1910 habitantes. Cabe mencionar que en este caso también se está considerando únicamente la pérdida del 10% del valor de la vivienda, lo anterior en base a la tipología previamente establecida y definida.

Partiendo de que se tienen 498 viviendas expuestas, al involucrar el 10% de su valor en función de su tipo (Tabla 69), se tiene una cantidad total expuesta de $7′823,800.00 (siete millones ochocientos veinte y tres mil ochocientos pesos 00/100), sin embargo esta cantidad representa la afectación en un evento de toda el área zonificada como peligro alto, lo cual tiene una probabilidad escasa de ocurrencia.

Al involucrar las cantidades y habitantes totales expuestos a las inundaciones producto de acumulación, se tiene una cantidad total de $31′330,450.00 (treinta y un millones trescientos treinta mil cuatrocientos cincuenta pesos 00/100). En el caso del número de habitantes se trata de 8,671 localizados en zona de peligro alto, sin embargo, el riesgo por pérdida de vidas humanas se reduce considerablemente ya que son escasamente vulnerables a este tipo de fenómenos que tienden a causar únicamente daños materiales.

**Tabla 69.** Cantidades expuestas en función del tipo y número de manzanas.

| Nivel de Peligro | Número de manzanas | Población expuesta | Tipo de vivienda | Cantidad total de viviendas | Viviendas expuestas | Costo unitario por vivienda | Costo unitario expuesto por vivienda | Cantidad total expuesta |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alto | 21 | 464 | Tipo 1 | 172 | 130 | 12,500.00 | 1,250.00 | 162,500.00 |
| Alto | 26 | 830 | Tipo 2 | 264 | 226 | 150,500.00 | 15,050.00 | 3,401,300.00 |
| Alto | 37 | 616 | Tipo 3 | 517 | 142 | 300,000.00 | 30,000.00 | 4,260,000.00 |
| | | | | | | | | |
| ***Total*** | *84* | *1910* | | *953* | *498* | | | *7,823,800.00* |

Cabe mencionar que debido al número de localidades y manzanas no fue posible citarlas en este documento, por lo cual se invita al lector a consultar el SIG, donde además de conocer las particularidades de cada población, podrá interactuar con otros niveles de información. De igual forma se podrá encontrar un nivel de detalle mayor en los Atlas de Riesgo Municipal que se elaboraron de manera paralela al Atlas Estatal.

### *ccc) Riesgo por Acumulación*

Como ya se ha abordado en apartados anteriores, el riesgo se determinó en función de la clasificación de peligro y de vulnerabilidad. En este caso se establece el tipo de riesgo tomando en cuenta a las poblaciones en peligro, de manera independiente se estableció la clasificación de riesgo en función de las manzanas ubicadas en zonas de afectación.

Respecto a las localidades se definieron cuatro tipos de riesgo, dentro de la clasificación de riesgo muy alto se encuentra cubriendo 107 localidades, con una población total de 3198 habitantes distribuidos en 845 viviendas (Tabla 70). De igual forma la clasificación de riesgo alto cubre a 15 localidades donde habitan 2065 habitantes, los cuales se distribuyen en 508 viviendas.

Cabe mencionar que esta información es puntual, es decir, representa a poblaciones enteras, por lo cual, a diferencia del tipo de peligro, no es factible elaborar un mapa de zonificación en función del tipo de riesgo.

**Tabla 70.** Clasificación de riesgo para poblaciones ubicadas en zona de peligro.

| Nivel de Peligro | Número de localidades | Población total | Cantidad total de viviendas | Tipo de vivienda | Vulnerabilidad | Riesgo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alto | 107 | 3198 | 845 | Tipo 1 | Muy alta | Muy alto |
| Alto | 15 | 2065 | 508 | Tipo 2 | Alta | Alto |
| Alto | 5 | 696 | 162 | Tipo 3 | Media | Medio |
| Alto | 6 | 802 | 221 | Tipo 4 | Baja | Medio |
| ***Total*** | *133* | *6761* | *1736* | | | |

Respeto a las manzanas ubicadas en zona de alto peligro por inundación (acumulación), 21 se encuentran dentro de la zonificación de riesgo muy alto, cubriendo 130 viviendas y una población expuesta de 464 habitantes. De igual forma el área que abarca la zonificación de riesgo alto cubre 26 manzanas distribuidas en varias ciudades del Estado, estas a su vez incluyen 226 casas, con una población expuesta de 830 habitantes (Tabla 71).

A fin de consultar la zonificación de riesgo a nivel de manzana se sugiere consultar el SIG, así como los Atlas de Riesgo que fueron elaborados a nivel municipal.

**Tabla 71.** Clasificación de riesgo para manzanas ubicadas en zona de peligro.

| Nivel de Peligro | Número de manzanas | Población expuesta | Viviendas expuestas | Tipo de vivienda | Vulnerabilidad | Riesgo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alto | 21 | 464 | 130 | Tipo 1 | Muy alta | Muy alto |
| Alto | 26 | 830 | 226 | Tipo 2 | Alta | Alto |
| Alto | 37 | 616 | 142 | Tipo 3 | Media | Medio |
| ***Total*** | *84* | *1910* | *498* | | | |

## 3. Climatología

De manera general en el Estado de Tamaulipas, el clima tiene un comportamiento en función de diversas zonas geográficas, destaca la altura de las principales sierras, la zona del Golfo de México y la zona de planicie. En referencia a la línea de costa, su influencia se observa en verano mediante la presencia de vientos húmedos que ingresan al continente y generan precipitaciones cuantiosas, de igual forma en los meses invernales ingresan al Estado masas de aire polar, provocando precipitaciones y altas concentraciones de humedad. Por otro lado la presencia de cadenas montañosas de la Sierra Madre Oriental tienden a formar barreras paralelas a la costa, lo cual favorece a la humedad e impide la entrada de vientos húmedos a las zonas de planicie, donde prevalecen climas más secos.

Con la finalidad de conocer valores de precipitaciones totales anuales y mensuales, se utilizaron datos de una serie de estaciones climatológicas tomadas de Comisión Nacional del Agua, en su Registro de Precipitación Pluvial para el Estado de Tamaulipas, las cuales están distribuidas, en varias poblaciones del Estado.

### *A. Precipitación Total Acumulada*

En función de las 177 estaciones climatológicas analizadas, se obtuvo como resultado la distribución de precipitaciones totales acumuladas (Figura 65), la cual representa valores que van de 250 a 1847 mm. De manera general la distribución de las precipitaciones está en función de características orográficas y de línea de costa, en este caso en la zona centro-oriente del Estado, en los alrededores de la desembocadura del Río Soto La Marina, prevalecen valores totales anuales de entre 600 y 1100 mm, de igual forma en la frontera noreste, a lo largo de la línea de costa hacia el sur, hasta las comunidades San Fernando y Burgos, se registran valores entre 600 y 700 mm. Desde la Sierra San Carlos (al oriente de la Sierra Madre Oriental) hasta las inmediaciones de Ciudad Victoria, se tiene registro de valores que oscilan entre 700 y 850 mm, asimismo al noroeste del Estado los valores varían entre 550 a 600 mm, en el caso de la línea fronteriza, sobre las márgenes del Río Bravo, se registran valores de precipitación total acumulada entre 550 y 750 mm.

Continuando con valores totales acumulados de precipitación, desde la comunidad Llera de Canales a Laguna de Altamira, sobre las márgenes del Río Guayalejo, se tiene un registro de entre 750 y 1050 mm. De igual forma al oeste de Ciudad Mante, así como en los alrededores de las ciudades Tampico y Madero, se registran los valores acumulados máximos entre 1109 y 1021 mm, así mismo, en la mayor parte de la Sierra Madre Oriental se registra una precipitación un total anual de 1,429 mm, por último, en la zona de llanuras y planicies, que cubren gran parte de la superficie del Estado predominan valores totales acumulados entre 500 y 600 mm.

En referencia a las precipitaciones del año más lluvioso, el valor máximo en el Estado de 1847mm, se registra en la Estación 28136 localizada en la cabecera municipal de Gómez Farías. Referente a precipitaciones del año más seco el valor mínimo se registra en la Estación 28091 en el Municipio de Tula, al sureste del Estado, en la zona donde se ubican las comunidades de Bustamante, Miquihuana y Jaumave, se registran los valores mínimos de precipitación que oscilan entre 250 y 600 mm.

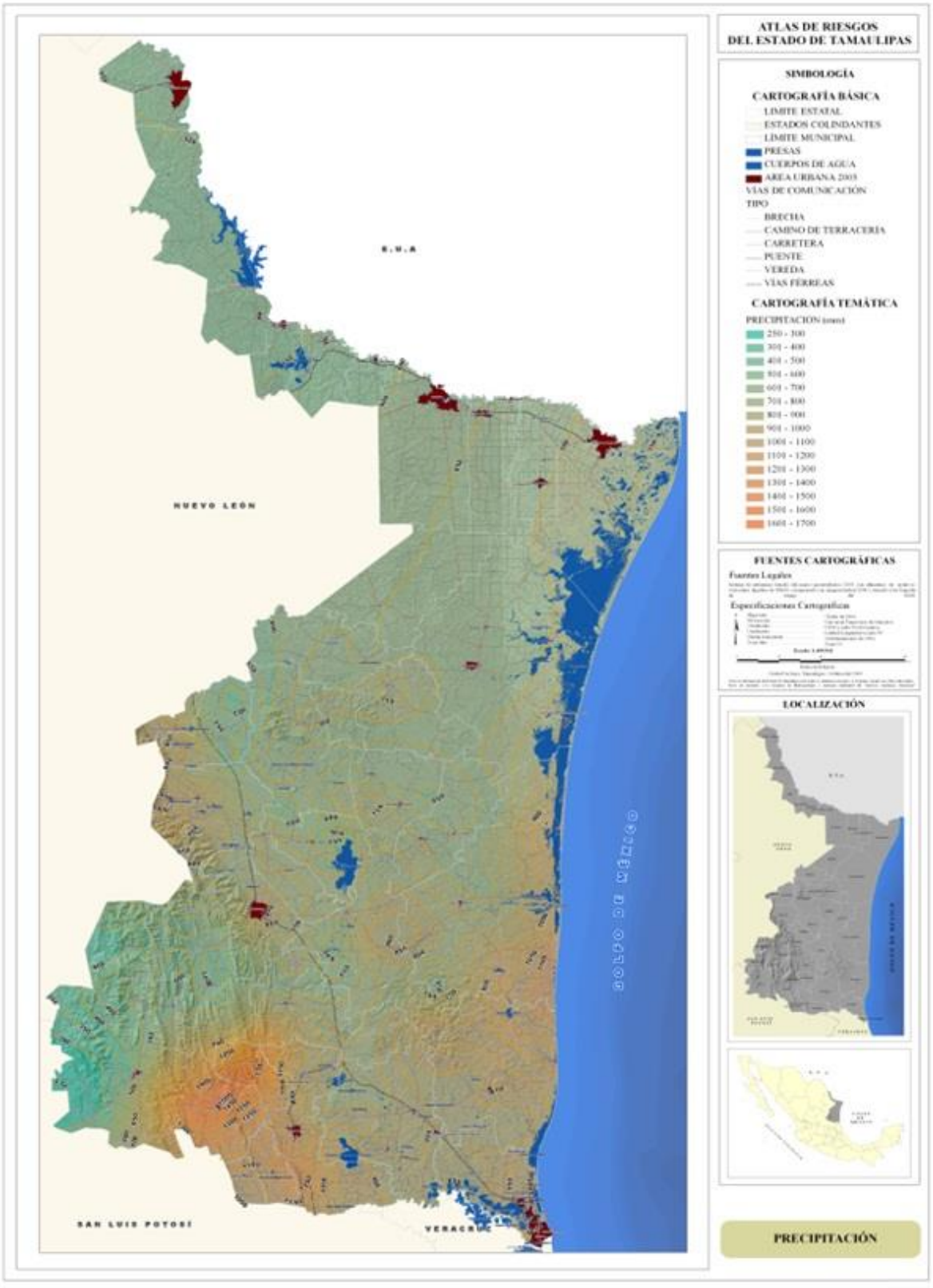


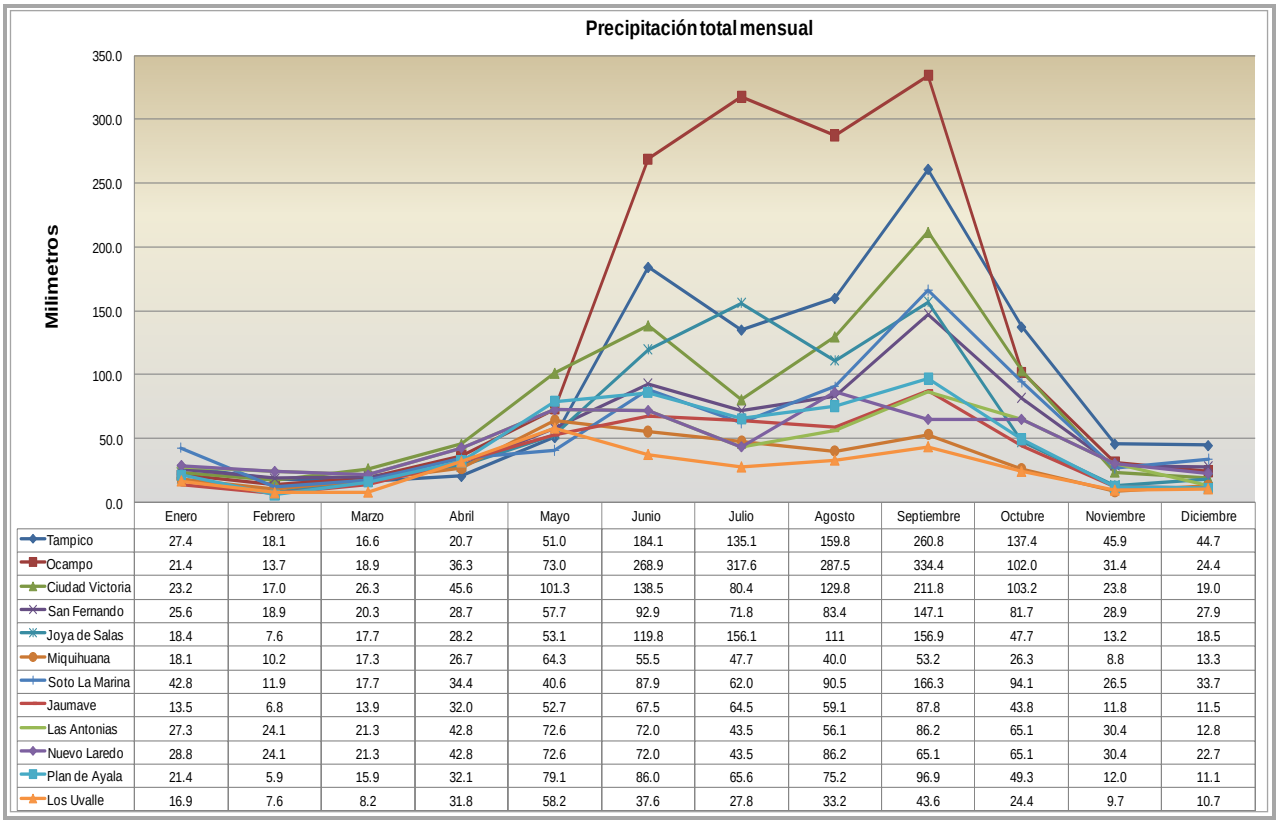

**Figura 64.** Precipitación media anual.

## *B. Precipitación Total Mensual*

Respecto a la Precipitación Total Mensual, en el Estado de Tamaulipas el comportamiento de las estaciones climatológicas marca una tendencia generalizada, es decir, dentro de los meses de enero a abril las precipitaciones totales mensuales son menores a 50 mm. A partir del mes de mayo y hasta el mes de septiembre se incrementan las precipitaciones en la mayor parte del territorio estatal, siendo las estaciones Ocampo y Tampico, ubicadas al sur del Estado, las que registran una mayor cantidad de lluvia acumulada mensual (Figura 66). De manera generalizada en el mes de octubre disminuyen las precipitaciones y son los meses de noviembre y diciembre las que registran valores menores a 50 mm.

Los resultados anteriores permiten exponer que en el Estado de Tamaulipas, a reserva de lluvias atípicas, se tiene claramente definido el comportamiento de las precipitaciones pluviales, es decir, los meses de inicio y finales de año son carentes de grandes precipitaciones, sin embargo, la temporada de lluvias está claramente definido por precipitaciones intensas en los meses de junio a septiembre (Figura 66).

En el caso de otras variables climáticas, como lluvias torrenciales en 24 horas, granizadas, tormentas, entre otros, su análisis se llevó a cabo tomando en cuenta datos de estaciones climatológicas distribuidas en todo el Estado. La descripción del análisis, su periodo de influencia, así como la ubicación de las estaciones, se cita en el apartado de metodología correspondiente a este capítulo.




| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tampico | 27.4 | 18.1 | 16.6 | 20.7 | 51.0 | 184.1 | 135.1 | 159.8 | 260.8 | 137.4 | 45.9 | 44.7 |
| Ocampo | 21.4 | 13.7 | 18.9 | 36.3 | 73.0 | 268.9 | 317.6 | 287.5 | 334.4 | 102.0 | 31.4 | 24.4 |
| Ciudad Victoria | 23.2 | 17.0 | 26.3 | 45.6 | 101.3 | 138.5 | 80.4 | 129.8 | 211.8 | 103.2 | 23.8 | 19.0 |
| San Fernando | 25.6 | 18.9 | 20.3 | 28.7 | 57.7 | 92.9 | 71.8 | 83.4 | 147.1 | 81.7 | 28.9 | 27.9 |
| Joya de Salas | 18.4 | 7.6 | 17.7 | 28.2 | 53.1 | 119.8 | 156.1 | 111 | 156.9 | 47.7 | 13.2 | 18.5 |
| Miquihuana | 18.1 | 10.2 | 17.3 | 26.7 | 64.3 | 55.5 | 47.7 | 40.0 | 53.2 | 26.3 | 8.8 | 13.3 |
| Soto La Marina | 42.8 | 11.9 | 17.7 | 34.4 | 40.6 | 87.9 | 62.0 | 90.5 | 166.3 | 94.1 | 26.5 | 33.7 |
| Jaumave | 13.5 | 6.8 | 13.9 | 32.0 | 52.7 | 67.5 | 64.5 | 59.1 | 87.8 | 43.8 | 11.8 | 11.5 |
| Las Antonias | 27.3 | 24.1 | 21.3 | 42.8 | 72.6 | 72.0 | 43.5 | 56.1 | 86.2 | 65.1 | 30.4 | 12.8 |
| Nuevo Laredo | 28.8 | 24.1 | 21.3 | 42.8 | 72.6 | 72.0 | 43.5 | 86.2 | 65.1 | 65.1 | 30.4 | 22.7 |
| Plan de Ayala | 21.4 | 5.9 | 15.9 | 32.1 | 79.1 | 86.0 | 65.6 | 75.2 | 96.9 | 49.3 | 12.0 | 11.1 |
| Los Uvalle | 16.9 | 7.6 | 8.2 | 31.8 | 58.2 | 37.6 | 27.8 | 33.2 | 43.6 | 24.4 | 9.7 | 10.7 |

**Figura 65.** Precipitación total mensual.

### *C. Lluvias Torrenciales en 24 horas*

En el Estado de Tamaulipas es común la presencia de lluvias torrenciales, principalmente en la porción centro-sur (Figura 67). En cuanto al volumen acumulado al día se observan tres tendencias principales: valores entre 0 y 200, 200 y 300, así como entre 300 y 400 mm, en el primer caso se distribuyen en forma importante en el extremo norte del Estado, cubriendo Municipios como Reynosa y Valle Hermoso, de igual forma a todos los Municipios ubicados en la franja noroeste, desde Gustavo Díaz Ordaz hasta Nuevo Laredo. Estos valores se registran en buena parte del centro del Estado, tal es el caso de los Municipios Padilla, Güémez, zona oriental del Municipio Hidalgo, noroeste de Victoria, centro y norte de Casas, zona occidental de Jiménez, entre otros. La misma tendencia se registra en el extremo suroeste del Estado, en los Municipios Miquihuana, Bustamante, así como la zona centro-occidente de Tula y norte de Palmillas.

Referente a las zonas en el Estado donde comúnmente se registran lluvias torrenciales con un volumen acumulado en 24 horas de entre 200 y 300 mm, destaca la zona centro norte, específicamente en el extremo sur de los Municipios Río Bravo y Valle Hermoso, extremo suroeste de Matamoros, norte y sur de San Fernando, así como prácticamente todo el Municipio de Méndez. En la zona central del Estado se registran tales valores acumulados diarios en una zona que cubre el extremo norte del Municipio Villagrán, así como la parte central y norte de los Municipios San Carlos y San Nicolás, además del extremo occidental del Municipio Cruillas. En la zona sur del Estado es común observar la presencia de lluvias torrenciales, las cuales ocurren principalmente en la zona central del Municipio de Jaumave, sureste de Palmillas, oriente de González, sur de Victoria y Soto La Marina, así como prácticamente la totalidad de los Municipios Ocampo, Gómez Farías, El Mante, Nuevo Morelos.

Es importante identificar las zonas donde se registran altos volúmenes de precipitación en periodos cortos de tiempo, tal es el caso de volúmenes entre 300 y 400 mm, generados por lluvias torrenciales en menos de 24 horas, ya que se vuelven susceptibles a ser afectadas por inundaciones, tal es el caso del extremo sur del Municipio Soto La Marina, norte de Aldama, extremo oriente de González, noreste de Ocampo, así como gran parte del Municipio Gómez Farías (Figura 68). Cabe mencionar que gran parte de las zonas con volúmenes altos de precipitación están asociados a cadenas montañosas, tal es el caso de la Sierra de Tamaulipas, así como parte de la Sierra Madre Occidental.

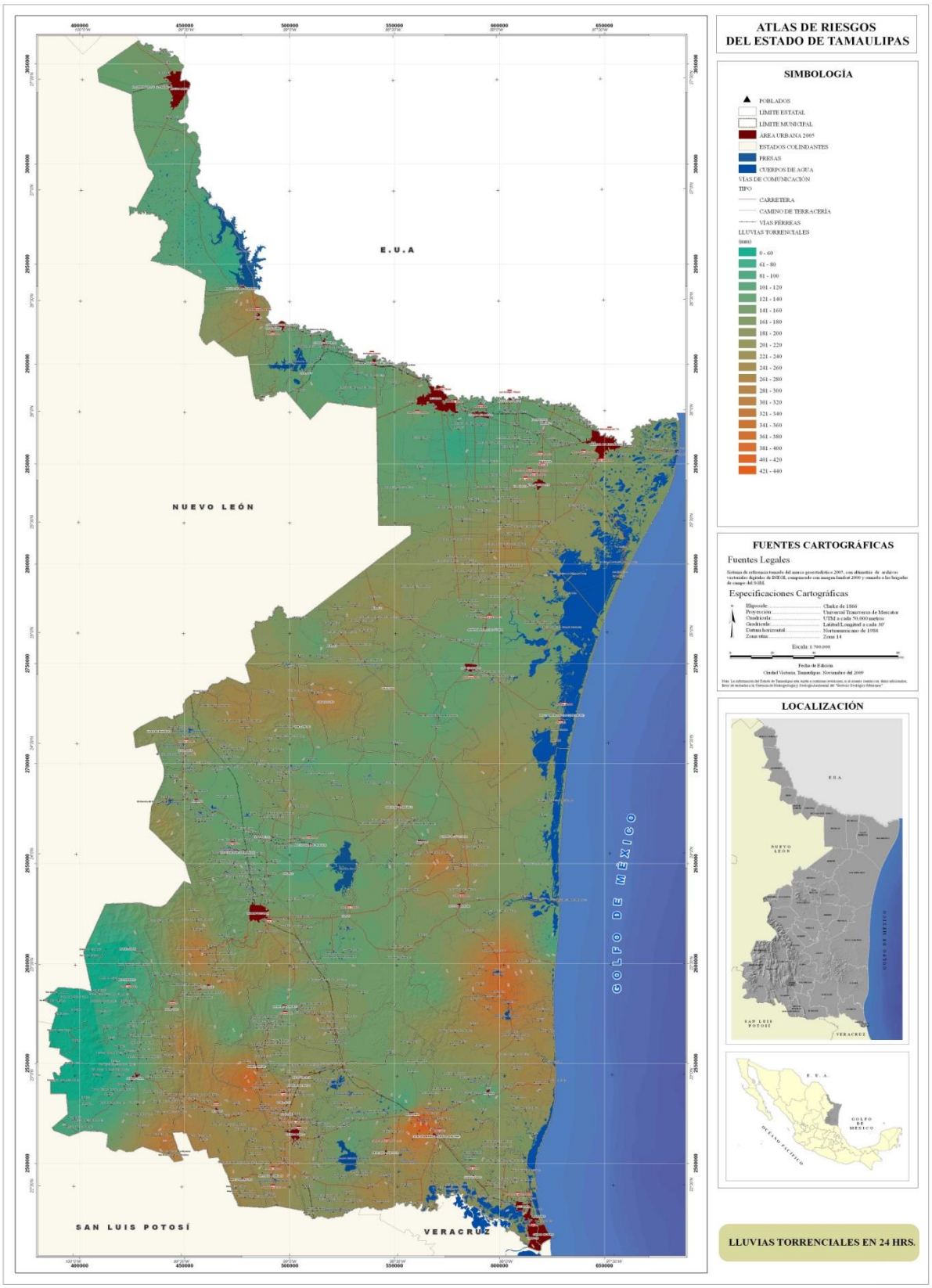



**Figura 66.** Lluvias torrenciales en 24 horas.

### *D. Tormentas*

De acuerdo al periodo de análisis de las estaciones climatológicas (1979-2007), en el Estado se tiene registro de zonas donde ocurren de entre dos y sesenta tormentas por año (Figura 68). Las zonas con una menor presencia de tormentas al año (2 a 4) se observan en el extremo norte del Estado, cubriendo prácticamente toda la superficie de los Municipios de Reynosa, Río Bravo y Valle Hermoso, noreste y noroeste de los Municipios de Camargo y Gustavo Díaz. Ordaz, así como en gran parte de los Municipios de San Carlos, San Nicolás, Cruillas y Villagrán, ubicados en la zona central del Estado. Mientras que al sur, escasas tormentas al año se registran en los Municipios Tula, y Bustamante.

Cabe mencionar que las zonas anteriormente citadas coinciden de manera general con regiones donde se tiene registro de menores volúmenes de precipitación en 24 horas, por lo tanto existe una fuerte tendencia a ser los lugares donde llueve menos en todo el Estado.

Entre 5 y 28 tormentas por año se registran en varias regiones del Estado (Figura 68), desde los Municipios del extremo noroeste, en gran parte de la zona costera, y zonas serranas. En este rango de tormentas al año se encuentran los principales centros de población en el Estado, tal es el caso de las ciudades Victoria, Ciudad Madero, Tampico, zona oriente de Matamoros, entre otras. En general las regiones con este número promedio de tormentas al año, que cubre la mayor superficial estatal, se relaciona con volúmenes de entre 200 y 300 mm al día, producto de lluvias torrenciales, por lo cual se trata de regiones con precipitaciones medias, es decir, entre valores mínimos y máximos.

Los sitios donde se tiene un registro promedio de mayor número de tormentas al año (entre 30 y 60) tienden a ser puntuales, es decir, se concentran en regiones que representan los mayores volúmenes de precipitación en el Estado, que a su vez coinciden que los mayores volúmenes registrados en 24 horas producto de lluvias torrenciales, tal es el caso del extremo noreste del Municipio Gómez Farías, extremo noroeste del Municipio Xicoténcatl, así como la zona occidental del Municipio Hidalgo. Cabe mencionar que estas zonas no están relacionadas con grandes centros de población, únicamente se ubican rancherías y comunidades pequeñas.

La estación meteorológica con el mayor número de eventos registrados es la 28136 localizada en la cabecera municipal de Gómez Farías, esta registra un total de 1841 tormentas en un periodo de 28 años (1979-2007), 1982 es el año con mas eventos registrados, el promedio anual es de alrededor de 60 tormentas.

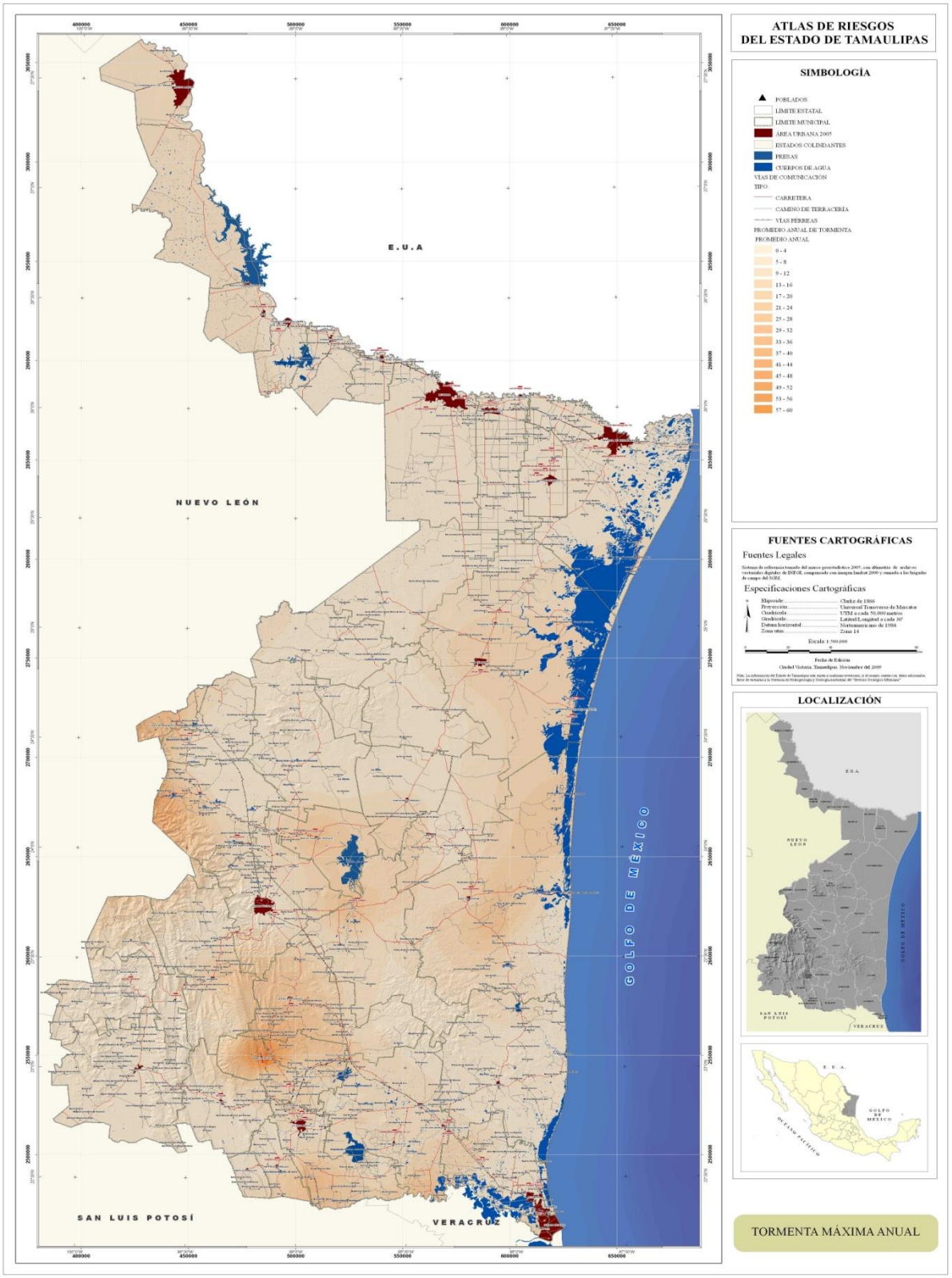



**Figura 67.** Promedio de tormentas al año.

### *E. Granizadas*

Para el periodo de tiempo que comprende la presente descripción climatológica (28 años), se tiene registro de varias regiones del Estado de Tamaulipas con presencia de granizo, cuya distribución se observa en la Figura 69. Al igual que el comportamiento de tormentas, o de precipitaciones totales y anuales, el numero de eventos mínimos (0-4) se registra en el extremo norte y noroeste del Estado, de igual forma en gran parte de la zona costera, así como en varios Municipios de la zona central del Estado. Valores considerados medios, representados por entre 5 y 11 eventos de granizo en 28 años, se distribuyen en gran parte del Estado, cubriendo Municipios como Güémez, Hidalgo, Padilla, Jiménez, Mainero, Tula, Ocampo, Gómez Farías, entre otros.

El número de eventos máximos de granizo registrados en el periodo de análisis varía de 12 a 23, estos se relacionan a zonas de mayores precipitaciones pluviales, ubicadas en zonas específicas del Estado, tal es el caso del extremo noreste del Municipio de Ocampo, zona central y noroeste de Gómez Farías, extremo noroeste del Municipio de González, así como la zona norte de Aldama y sur de Soto La Marina. Cabe mencionar que en estas zonas no se encuentran grandes centros de poblaciones.

El comportamiento de las granizadas tiende a ser errático, es decir, no guarda un patrón definido, de manera general suceden en la época donde las precipitaciones son de tipo tormenta, en época de verano. En relación a su frecuencia, existen zonas donde las granizadas ocurren uno o dos días por año, sin embargo en pequeñas zonas de la Sierra Madre Oriental, en climas templados, puede incrementar su incidencia de entre 2 y 4 días al año, donde en ocasiones no son registradas por estaciones climatológicas cercanas.

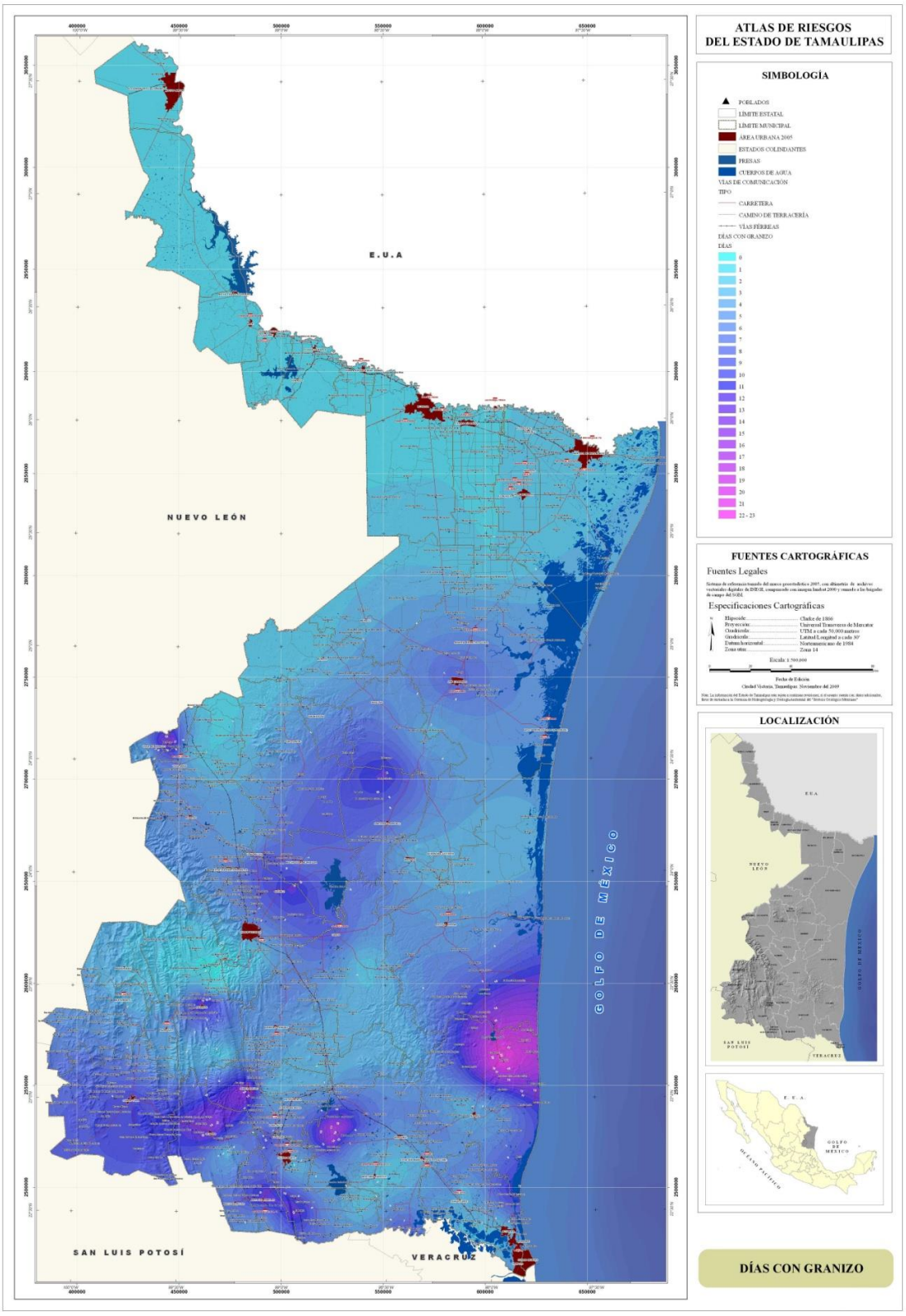



**Figura 68.** Número de días con granizo en 28 años.

## F. Temperaturas Mínimas Extremas

De acuerdo al periodo de análisis establecido previamente, en el Estado las temperaturas mínimas extremas varían de 2.5 a -13.5 ºC, cuya distribución se observa en la Figura 70. Valores entre 2.5 y -5 se registran en gran parte de la línea costera, de igual forma en las zonas centro y sur del Estado, asociados principalmente a la zona de planicies, donde se ubican los principales centros de población. Valores entre -5 y -9 ºC, están asociados a zonas serranas, como las sierras de Tamaulipas y San Carlos, así como en parte de la Sierra Madre Occidental, regiones que por sus condiciones orográficas se ubican centros de población pequeños y rancherías. Valores mínimos extremos entre -9 y -14 ºC, se registran en zonas puntuales del Estado, tal es el caso del extremo occidental de los Municipios Miquihuana, Bustamante, Tula, la zona centro y norte del Municipio Nuevo Laredo, además de la región centro-sur de los Municipios Miguel Alemán y Camargo, así como prácticamente toda la superficie del Municipio Gustavo Díaz Ordaz, este último es donde se ha presento la temperatura de -14 ºC la cual ha sido la más baja para el Estado y se registro el día 25 de Diciembre de 1983 en la estación meteorológica S.J. -200 Presa Díaz Ordaz (28172) ubicada cerca de la cabecera municipal de dicho Municipio, cabe mencionar que al realizar el análisis de las estaciones se encontró que la mayoría de estas presentan temperaturas por debajo de los 0 ºC en la misma fecha.

## G. Temperaturas Máximas Extremas

Para el Estado de Tamaulipas se tiene un registro histórico de valores de temperatura máximos extremos entre 39 y 55 ºC. Temperaturas entre 39 y 45ºC se observan claramente en el extremo noreste del Estado, en los Municipios Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros (Figura 71), encontrándose asociados a presencia de zonas serranas, tal es el caso de las sierras Tamaulipas, San Carlos y parte de la Sierra Madre Occidental, además de zonas de valle donde se ubican ciudades como Tampico, Ciudad Madero, Ciudad Victoria, Reynosa, entre otras. Valores entre 46 y 51 ºC cubren la mayor parte de la superficie estatal, de manera particular se registran predominando en una franja que va desde el extremo sur del Estado (Municipio El Mante), cruzando por Municipios ubicados al centro (Casas, Güémez, Padilla, Jiménez, entre otros), hasta llegar a los Municipios ubicados al extremo noroeste (Méndez, Camargo, Mier, Guerrero, entre otros).

Cabe mencionar que valores máximos extremos entre 52 y 55 ºC se han registrado en la zona central del Municipio González, ubicado al sur del Estado, el valor más alto de 55 ºC se registro el día 31 de Mayo de 1984 en la estación meteorológica Magiscatzin (SMN) (28057), ubicada en la localidad del mismo nombre, sin embargo, debido a que se trata de valores registrados por una sola estación climatológica, se incrementa la posibilidad de errores al momento de tomar las lecturas.

## H. Temperatura Media Anual

La temperatura media anual en el Estado de Tamaulipas varía de 16 a 27.5 ºC. Valores inferiores se localizan al suroeste del Estado, en los Municipios Miquihuana y Bustamante, asociados a la presencia de parte de la Sierra Madre Occidental. Con excepción de la zona norte del Municipio de Mier y sur de Guerrero, donde se registran valores máximos (27.5ºC) como temperatura media anual, en el resto de la superficie estatal predominan valores entre 22 y 25ºC (Figura 2).

De forma específica y con base a los registros históricos de estaciones climatológicas, se obtuvo que desde la frontera noreste hasta la comunidad Los Ébanos, a lo largo de la línea de costa, predomina una temperatura media anual de entre 22 y 23.6 ºC. De igual forma en la zona centro oriente del Estado, desde la desembocadura del Río Soto La Marina, hasta las cercanías de la comunidad Las Norias, al sur de San Fernando, se tiene registro de valores medios anuales entre 21.8 y 24.7ºC.

Al noroeste del Estado, en una franja orientada norte-sur, la temperatura media anual que predomina varía de 22.8 a 23.9 ºC, por otro lado, a lo largo de la línea fronteriza del Río Bravo, desde su límite con el Estado de Nuevo León, predomina una temperatura media anual de entre 22.7 y 24.2 ºC.

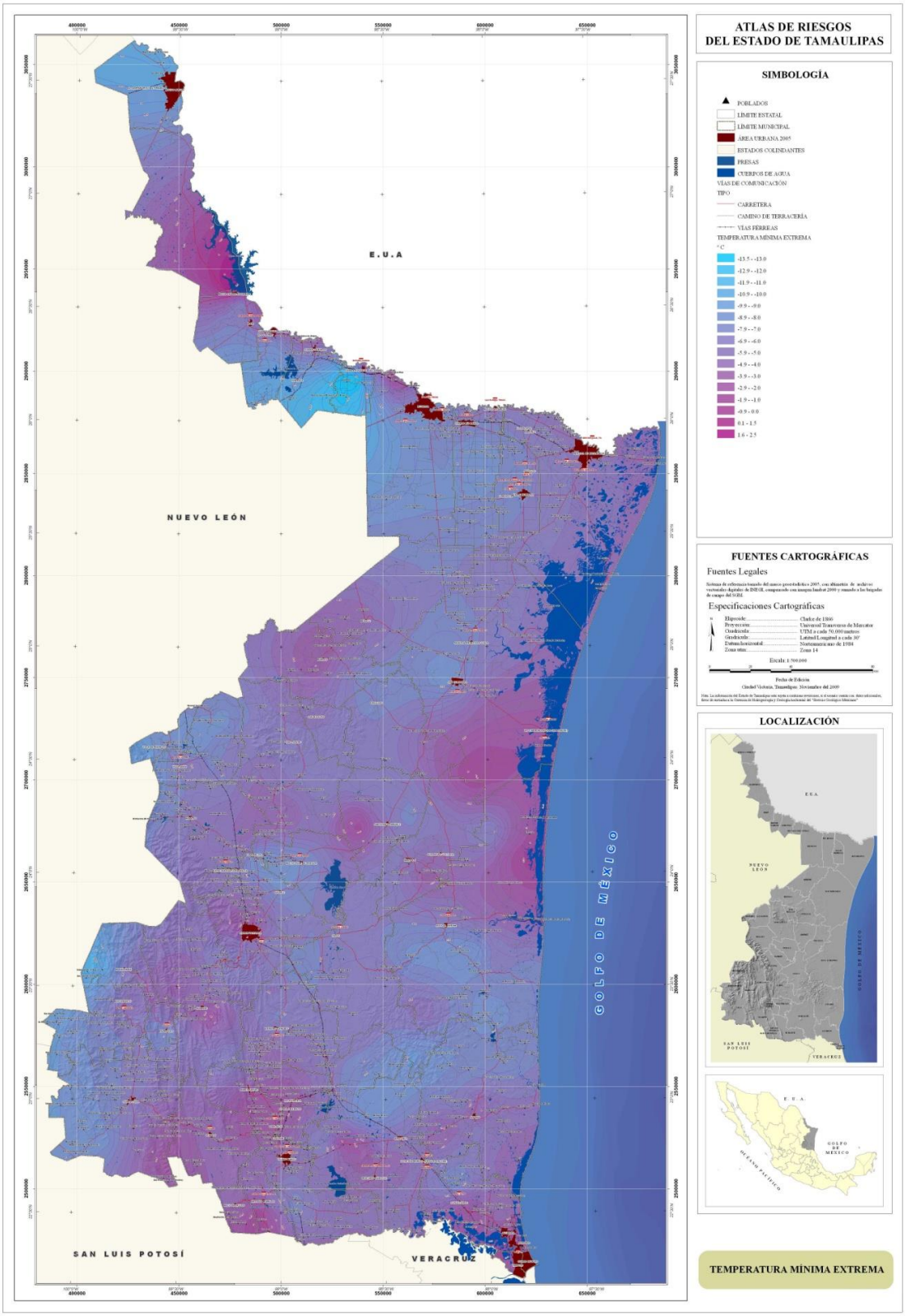



**Figura 69.** Distribución de Temperaturas Mínimas Extremas.

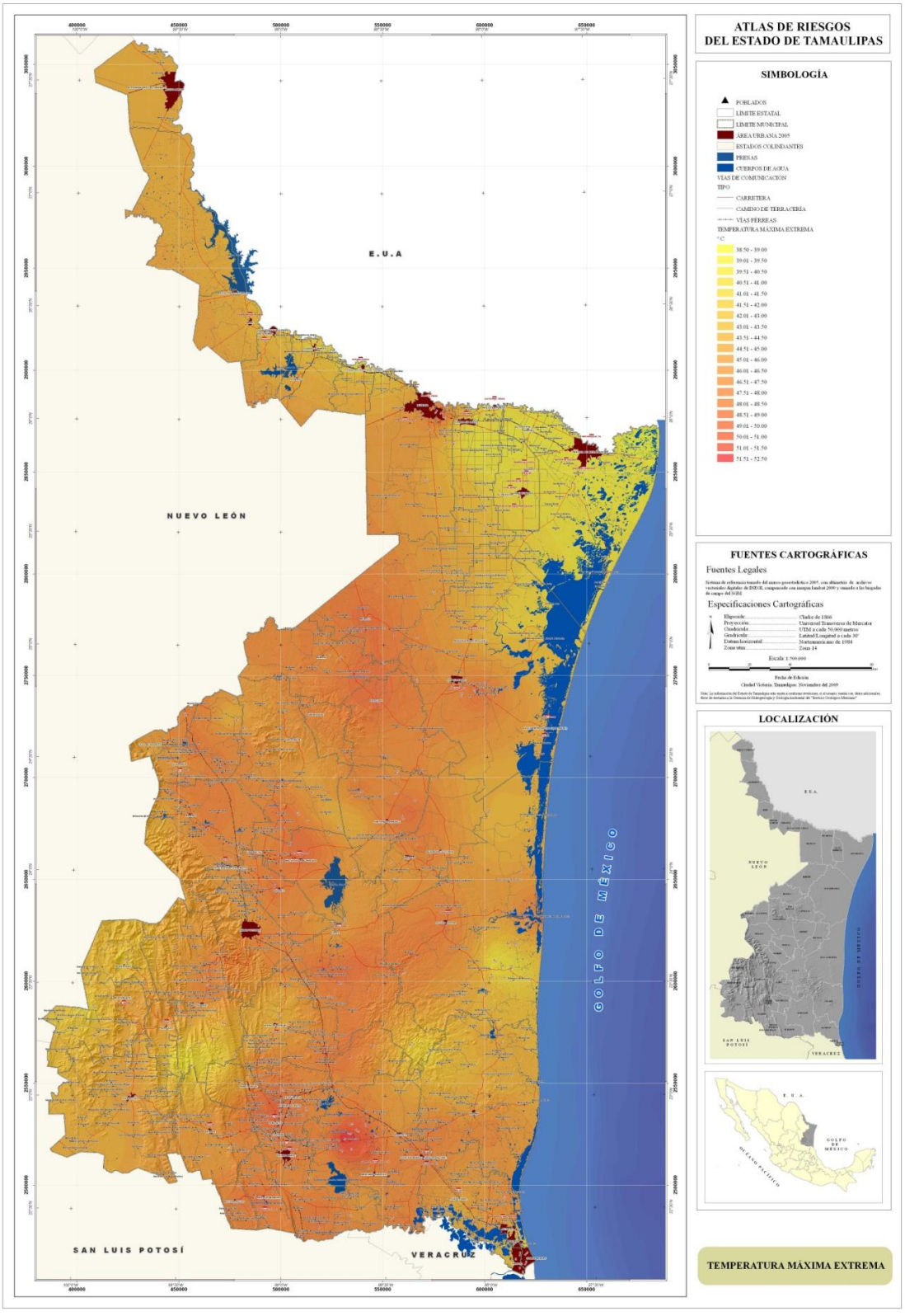



**Figura 70.** Distribución de Temperatura Máxima Extrema.

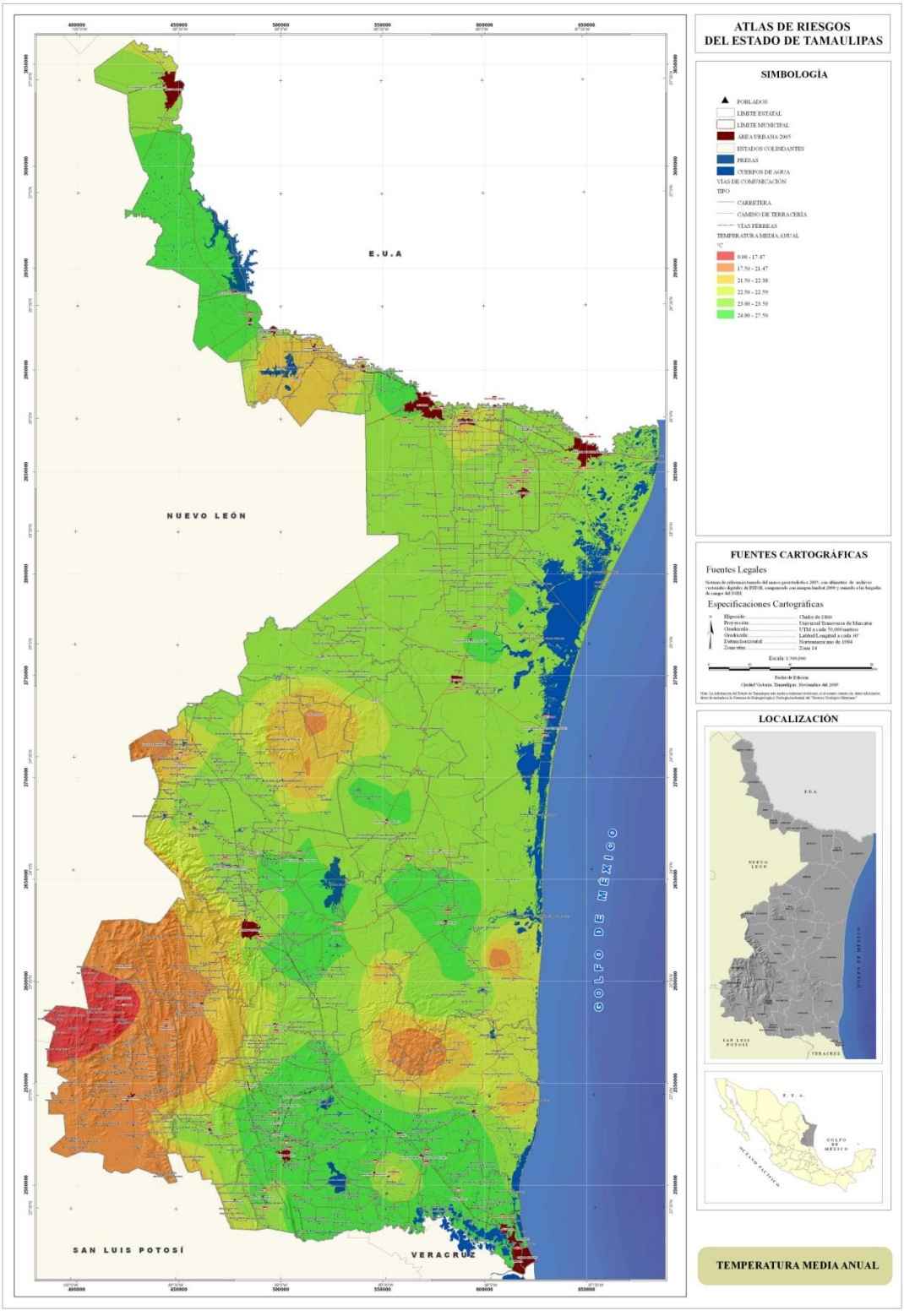



**Figura 71.** Temperaturas Media Anual.

## *I. Heladas y Nevadas*

Dado que las estaciones climatológicas analizadas no cuentan con registros de heladas y nevadas, a continuación y en base a recopilación bibliográfica se hace una descripción breve de tales fenómenos, de igual forma se citan eventos que hayan afectado al Estado de Tamaulipas.

De acuerdo a CENAPRED (2001), ocurre una helada cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0ºC o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas, presentándose generalmente en las madrugadas o cuando está amaneciendo. La diferencia con una nevada radica en que al ocurrir una helada no se registra precipitación, mientras que en una nevada se registra precipitación, la cual ocurre cuando el vapor de agua contenido en aire asciende hasta alcanzar temperaturas cercanas a las de congelación, formando conglomerados de cristales de hielo.

Es común que durante los meses fríos del año (noviembre-febrero), en el norte y parte del centro de la República Mexicana, se presenten temperaturas menores a 0ºC, lo anterior debido a que comúnmente ingresa aire polar continental proveniente de Estados Unidos, ya que históricamente las heladas más intensas están asociadas al desplazamiento de grandes masas polares que desde finales del otoño se desplazan sobre el país de norte a sur.

En México los fenómenos naturales asociados a bajas temperaturas dejen sentir lentamente su presencia destructiva, principalmente afectando al sector agrícola, así como a comunidades rurales y ciudades, donde sus efectos los padecen principalmente la población infantil y senil que habitan en casas construidas con materiales frágiles, así como indigentes. Cabe mencionar que el grado se severidad de una helada está en función de la disminución de la temperatura y del grado de vulnerabilidad de los seres vivos.

CENAPRED (2001), expone que de acuerdo a la estadística sobre heladas y descensos de temperatura más importantes que han afectado a la República Mexicana durante el periodo 1989-2001, en Ciudad Victoria, Tamaulipas, se registró una helada con grado de severidad alta en enero de 1990, dentro de sus efectos se registra la pérdida de 861 ha de cultivos diversos, además de la pérdida de la mayor parte de los pastizales de la región, con daños cuantificados en 300 mil millones de pesos.

De acuerdo al Sistema de Información Integral de Tamaulipas (SIITAM), varias estaciones climatológicas del Estado, cuentan con un registro del número de días totales con heladas para varios periodos de análisis, desde 38 años (1960 a 1998), a 14 años (1983-1997). De lo anterior se desprende que existen zonas con menor incidencia de heladas, tal es el caso de Tampico, con 4 heladas en 38 años, caso contrario la estación ubicada en Joya de  Salas, la cual ha registrado 305 días con heladas durante el mismo periodo (Figura 73).

De lo anterior se desprende que de entre las zonas más susceptibles a ser afectadas por el descenso de temperaturas en forma de heladas, se encuentra la región sureste, en las inmediaciones de las comunidades Los Uvalle, Jaumave, Miquihuana y Joya de Salas, de igual forma en la región centro nor-occidental, donde se localiza la comunidad San Fernando. Cabe mencionar que en el caso de nevadas no se cuenta con registro de afectaciones, de igual forma no se cuenta con datos estadísticos que pudiesen representar una tendencia.

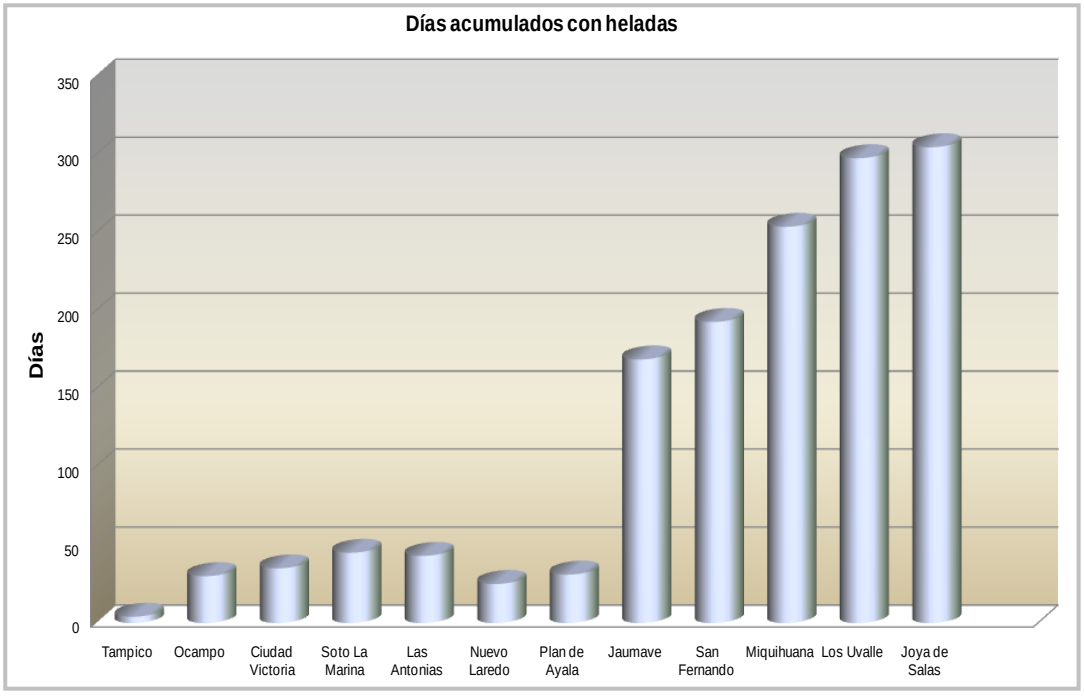



**Figura 72.** Número de días acumulados con heladas.

## 4. Ciclones Tropicales

Para minimizar el efecto del fenómeno, en el Estado de Tamaulipas se cuenta con el Sistema de Alerta Temprana contra Eventos Meteorológicos Extremos con el fin de minimizar los daños a la población y a sus bienes. Este sistema esta conformado con un equipamiento de monitoreo continuo y sistemático del estado del mar y de un esquema de procesamiento y análisis de información que permitirá predecir escenarios de riesgo y ser una valiosa herramienta para la toma de decisiones que minimicen los riesgos a la población y daño a sus bienes.

Con el paso del tiempo los Ciclones Tropicales han sido nombrados tomando en cuenta varios criterios, desde el santo del día en que causaban la mayor afectación, posteriormente se fue utilizado el nombre de una mujer, después fue utilizado un alfabeto fonético (sistema para radiocomunicaciones aeronáutica). A partir de 1979 la Organización Meteorológica Mundial y el Servicio Meteorológico de Estados Unidos incorporaron nombres de mujeres y hombres debido a que en la comunicación escrita y oral es más corto, más rápido y causa menos errores. Por lo que, cada año, se realiza una lista para la temporada de huracanes con un nombre por cada letra del alfabeto (las letras Q, U, X, Y, Z no se incluyen debido a que los nombres no son tan comunes). Estas listas se reutilizan cada 6 años, en el caso de que el huracán fue muy destructivo, el nombre se retira conservándose en un registro histórico, reemplazándolo por otro que inicia con la misma letra que haya sido menos destructivo.

Un ciclón tropical es una gran masa de aire cálido y húmedo con fuertes vientos que giran en forma de espiral alrededor de una zona de baja presión. Se originan en el mar entre las latitudes 5° a 15°, tanto en el hemisferio norte como en el sur, en la época en que la temperatura del agua es mayor o igual a 26 °C (Rosengaus, 2002). Cuando éstos se ubican en el hemisferio norte, giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj y en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur, debido al efecto de la fuerza de Coriolis.

La energía de los ciclones tropicales proviene esencialmente del calor y la humedad que transfiere el océano al aire en los niveles bajos de la atmósfera. Mientras el centro del ciclón permanece sobre aguas cálidas (temperaturas mayores a los 26 °C), el suministro de energía se incrementa. A mayor cantidad de aire húmedo se dirige hacia el centro de la tormenta para remplazar al aire caliente que asciende rápidamente en forma de nubes, mayor calor es liberado a la atmósfera por condensación del vapor de agua y la circulación del viento continúa incrementándose.

Los ciclones tropicales tienen un área semicircular con la presión más baja en el centro, transportan gran cantidad de humedad y frecuentemente se trasladan con velocidades comprendidas entre 10 a 40 Km/h y su trayectoria describe una forma de parábola. A medida que los vientos de un huracán incrementan su velocidad se convierte en huracán, el cual se divide en semicírculos, cada semicírculo presenta un efecto diferente dentro del fenómeno, por lo anterior resulta importante identificar la margen derecha, ya que es una zona donde se incrementa el peligro ya que sus vientos tienden a formar remolinos. Por otro lado el semi-circulo delantero genera una mayor cantidad de precipitación.

Es importante mencionar que el lado derecho del huracán se define de acuerdo con la dirección de la trayectoria del meteoro; por ejemplo: sí el huracán se mueve hacia el noroeste, el lado derecho inicia del sureste el noroeste, en el sentido anti-horario (Figura 74).

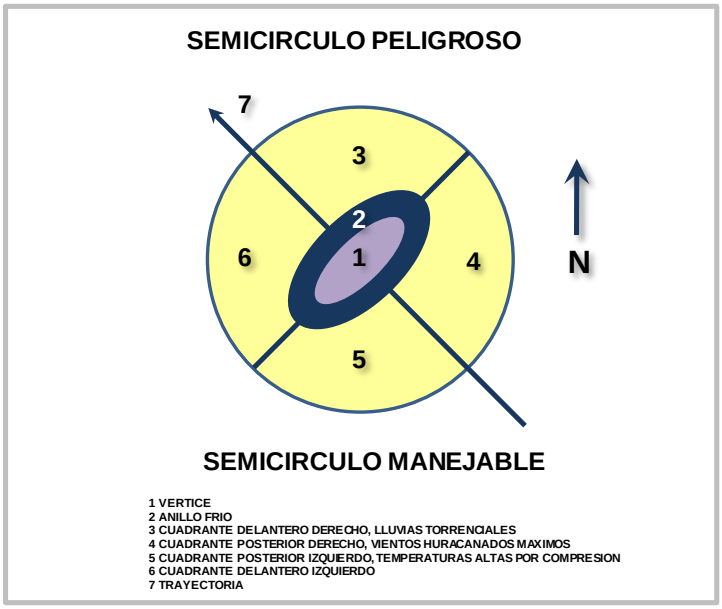



**Figura 73.** Partes de un huracán y su comportamiento.

## *A. Clasificación De Los Ciclones Tropicales*

Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su zona central, de igual forma en función de la velocidad de su Viento Máximo Sostenido (VMS), la cual se trata de la velocidad máxima del viento en un promedio de un minuto a una altura de 10 m sobre la superficie. Cabe mencionar que este tipo de vientos se presentan precisamente sobre el borde derecho y es la velocidad que normalmente se reportan en los boletines meteorológicos. En referencia a la clasificación de ciclones tropicales se denomina depresión tropical cuando la presión varía de 1,008 a 1,005 mb, o en su caso se cuenta con un viento máximo sostenido menor que 63 Km/h; tormenta tropical cuando la presión varía de 1,004 a 985 mb, ó en su caso un VMS entre 63 y 118 Km/h. Se forma un huracán en el momento que la presión es menor que 984 mb o velocidad del VMS mayor que 119 Km/h. En la Tabla 72 se consigna la clasificación de ciclones tropicales según Saffir-Simpson y algunos de sus efectos.

## *B. Efectos De Los Ciclones Tropicales*

La exposición por los efectos destructivos de los ciclones tropicales difiere entre tierra firme y superficie marina. Sobre los océanos se afectan a plataformas petroleras, barcos y tráfico aéreo; y en tierra se ven amenazados los sectores productivos, centros poblacionales, vías de comunicación, así como la población que se ubica en la trayectoria del fenómeno.

La energía de un ciclón es mayor a medida que se incrementa la diferencia de presiones entre su centro y la presión habitual de su periferia (1013 mb al nivel del mar). En las zonas costeras, las acciones destructivas de un ciclón tropical que toca tierra son: marea de tormenta, lluvias intensas, oleaje y vientos ciclónicos. En el caso de los huracanes pueden ocasionar una precipitación de hasta 500 mm en una franja alrededor de su trayectoria, de igual forma la precipitación se maximiza en zonas de viento de “mar a tierra”, sobre todo cuando se interponen rasgos orográficos como cerros o sierras (Rosengaus, 2005).

**Tabla 72.** Clasificación Saffir-Simpson.

| CATEGORÍA | PRESIÓN CENTRAL (mb) | VIENTOS (Km/h) | MAREA DE TORMENTA (m) | CARACTERÍSTICAS DE LOS POSIBLES DAÑOS MATERIALES E INUNDACIONES |
|---|---|---|---|---|
| Perturbación tropical | 1008.1 - 1010 | ----- | ----- | Ligera circulación de vientos. |
| Depresión tropical | 1004 - 1008 | < 62 | ----- | Localmente destructivo. |
| Tormenta tropical | 985.1 - 1004 | 62.1 - 118 | 1.1 | Tiene efectos destructivos. |
| Huracán categoría I | 980.1 - 985 | 118.1 - 154 | 1.5 | 1.-Potencial mínimo.<br>2.-Ningún daño efectivo a los edificios<br>3.-Daños principalmente a casas rodantes no ancladas, arbustos, follajes y árboles.<br>4.-Ciertos daños a señales pobremente construidas.<br>5.-Algunas inundaciones de carreteras costeras en sus zonas más bajas y daños leves en los muelles. |
| Huracán categoría II | 965.1 - 980 | 154.1 - 178 | 2 - 2.5 | 1.-Potencial moderado.<br>2.-Daños considerables a arbustos y a follaje de árboles, inclusive, algunos de ellos son derribados.<br>3.-Daño extenso a señales pobremente construidas.<br>4.-Ciertos daños en los techos de casas, puertas y ventanas.<br>5.-Daño grave a casas rodantes.<br>6.-Carreteras costeras inundadas de 2 - 4 h antes de la entrada del centro del huracán.<br>7.-Daño considerable a muelles, inundación de marinas.<br>8.-Las pequeñas embarcaciones en fondeaderos sin protección rompen amarras. |
| Huracán categoría III | 945.1 - 965 | 178.1 - 210 | 2.5 - 4 | 1.-Potencial extensivo.<br>2.-Follaje arrancado de los árboles; árboles altos derribados.<br>3.-Destrucción de prácticamente todas las señales pobremente construidas.<br>4.-Ciertos daños en los techos de casas, puertas y ventanas.<br>5.-Algunos daños estructurales en pequeñas residencias.<br>6.-Destrucción de casas rodantes.<br>7.-Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas; los escombros flotantes y el embate de las olas dañan a las estructuras mayores cercanas a la costa. |
| Huracán categoría IV | 920.1 - 945 | 210.1 - 250 | 4 - 5.5 | 1.-Potencial extremo.<br>2.-Arbustos y árboles derribados, todas las señales destruidas. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 3.-Daños severos.<br>4.-Daño extenso a los techos de casas, puertas y ventanas.<br>5.-Falla total de techos en residencias pequeñas.<br>6.-Destrucción completa de casas rodantes.<br>7.-Terrenos de planicie a 3 m sobre el nivel del mar pueden inundarse hasta 10 Km tierra adentro de la costa.<br>8.-Grave daño a la planta baja de estructuras cercanas a la costa por inundación, embate de las olas y escombros flotantes.<br>9.-Erosión importante de las playas. |
| Huracán categoría V | < 920 | > 250 | > 5.5 | 1.-Potencial catastrófico.<br>2.-Derribamiento de arbustos y árboles, caída total de señales.<br>3.-Daños muy severo y extenso en ventanas y puertas.<br>4.-Falla total de techos en muchas residencias y edificios industriales.<br>5.-Vidrios hechos añicos de manera extensiva en ventanas y puertas.<br>6.-Algunas edificaciones con falla total.<br>7.-Pequeñas edificaciones derribadas o volcadas.<br>8.-Destrucción completa de casas móviles.<br>9.-Daños graves en plantas bajas de todas las estructuras situadas a menos de 4.6 m por encima del nivel del mar y a una distancia de hasta 460 m de la costa. |

Cabe mencionar que la velocidad de los vientos en un ciclón tropical tiende a decaer en unas pocas horas cuando éste se aparta de su fuente principal de alimentación, que son las aguas cálidas del océano (CENAPRED, 2003). En el caso de la velocidad del viento en los momentos más intensos del huracán puede alcanzar hasta 300 Km/h (Rosengaus, 2005).

### *C. Ciclones Tropicales en Tamaulipas*

De acuerdo a la Administración Nacional Atmosférica y Oceánica (NOAA), en el Estado de Tamaulipas se han registrado 63 ciclones tropicales durante un periodo de 151 años (1854-2005), de estos 54 han impactado de manera directa en el Estado y 9 de forma indirecta. De estos 21 corresponde a tormentas tropicales, continuando con 18 huracanes de categoría 1, hasta tres huracanes de categoría 5 (Figura 75).

Como se observa en la Figura 76, las tormentas tropicales y huracanes de categoría 1 representan el fenómeno con un mayor número de eventos en 151 años de registro, seguido de huracanes de categoría dos, cuatro, tres y cinco, respectivamente.

En relación a los meses de mayor incidencia de ciclones tropicales, estos ocurren entre junio y octubre, meses que coinciden con el periodo oficial de huracanes en México. Los meses de agosto y septiembre son los de mayor recurrencia, mientras que junio, julio y octubre se comportan de una manera similar, es decir, con un menor número de eventos.

La recurrencia de huracanes en Tamaulipas con base en su impacto directo al Estado y afectación a una distancia menor de 50 km de la costa y límite estatal, es en promedio de tres años con un máximo de siete y ocho años, tal y como se presenta entre 1867-1874, 1895-1902, 1958-1966 y 1988-1995 (Figura 76).

En algunos registros se presenta más de un evento de diferente categoría, como son en los años de 1880 (2), 1909 (3), 1910 (2), 1933 (4), 1934 (2), 1936 (4), 1955 (2), 1967 (2), 1970 (2), 1971 (2), 2000 (2) y 2005 (2). Dicha ocurrencia se presentó regularmente cada 20 años y en ocasiones cada año como sucede entre los años de 1909, 1910, 1933, 1934, 1970 y 1971.

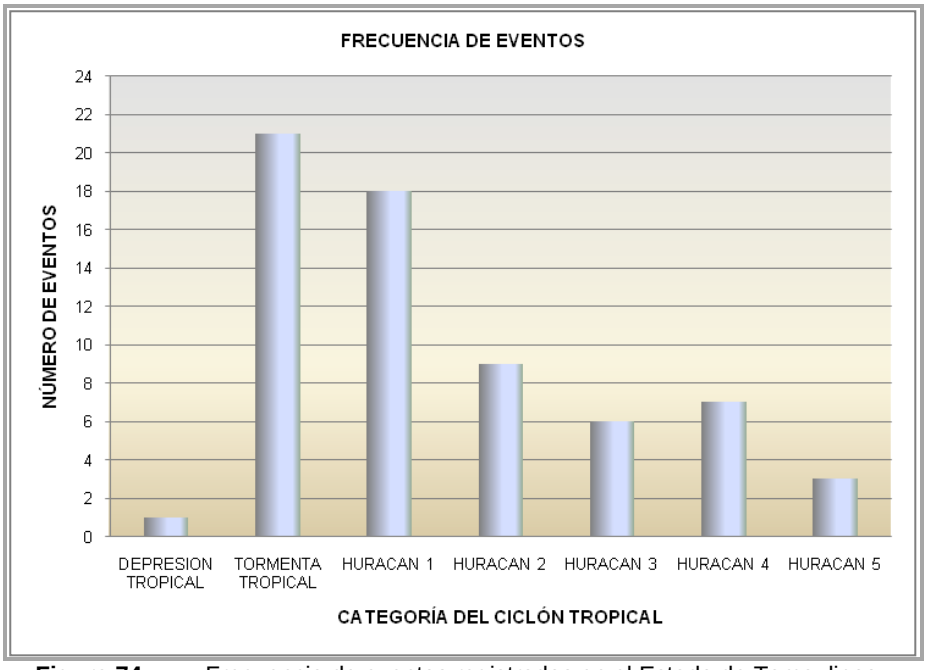



**Figura 74.** Frecuencia de eventos registrados en el Estado de Tamaulipas.

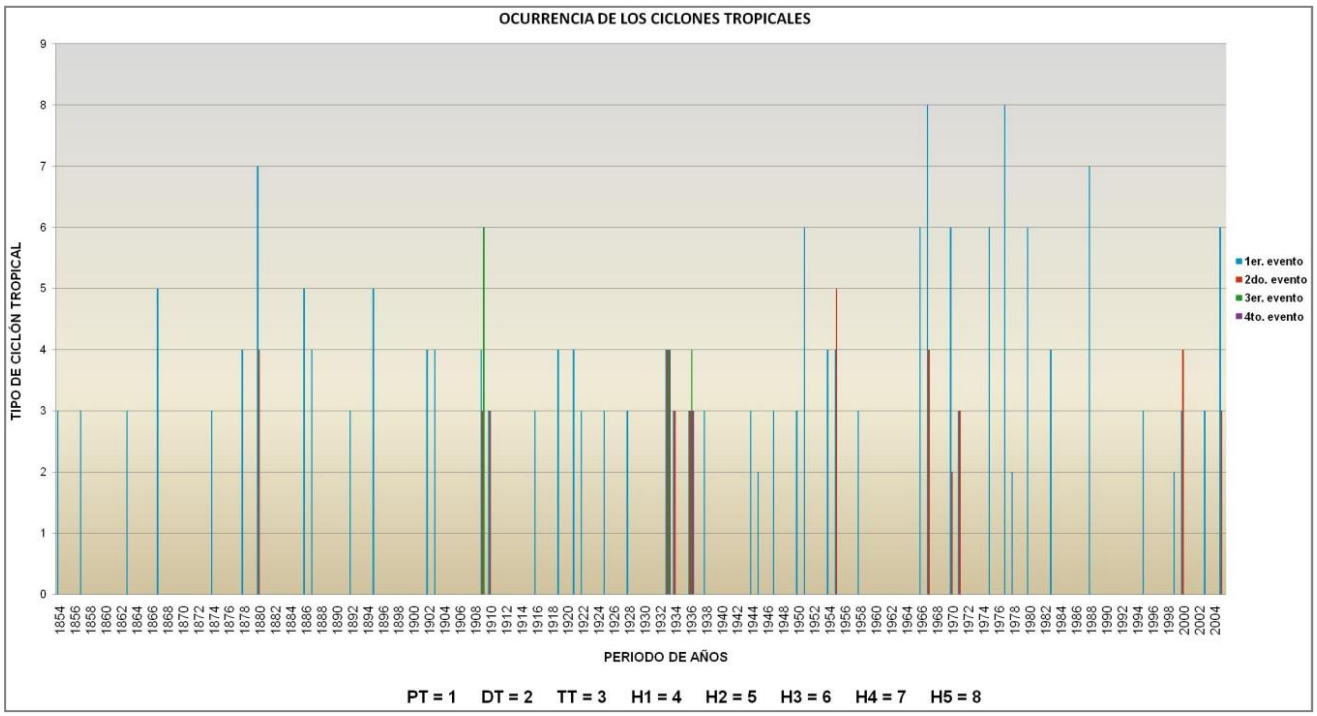



**Figura 75.** Ocurrencia de ciclones tropicales en el Estado de Tamaulipas.

Perturbación Tropical (PT=1), Depresión Tropical (DT=2), Tormenta Tropical (TT=3), Huracán Cat. 1 (H1=4), Huracán Cat. 2 (H2=5), Huracán Cat. 3 (H3=6), Huracán Cat.4 (H4=7), Huracán Cat. 5 (H5=8).

En referencia a la velocidad del viento, así como a la frecuencia de ciclones tropicales para el citado periodo 1854-2005, en la Figura 77 se muestra una gráfica no acumulativa que expone, con una variación de colores, el número de ciclones tropicales por año, caso de 1933, donde se registró la presencia de tres eventos, mismo que registraron velocidades máximas sostenidas de 112, 136 y 176 Km/h.

Tal como se cita con anterioridad, en el Estado de Tamaulipas el mayor número de ciclones tropicales registrados corresponde a tormentas tropicales, las cuales se han presentado en 28 ocasiones. En el periodo de 1854 a 1922, este meteoro se presentaba con una frecuencia entre 6 a 9 años en promedio, desde 1925 hasta 2005 se presenta de 2 a 6 años en promedio. Otro fenómeno recurrente es el huracán categoría 1, pues se ha registrado en 15 ocasiones, este se ha presentado con una ocurrencia más irregular con periodos entre 12 a 18 años pero en promedio obtiene un resultado de 8 años aproximadamente.

El huracán Anita de categoría cinco, corresponde al huracán de mayor categoría y magnitud que ha afectado al Estado. Se forma el 1 de septiembre de 1977, el 2 de septiembre alcanzó su categoría máxima (vientos de 241.35 Km/h) al sureste del Estado, en particular en los Municipios Soto La Marina. El fenómeno provocó daños en las comunidades Soto La Marina, Abasolo y La Pesca, así como en zonas agrícolas y vías de comunicación (La Vanguardia Española, 1977). El fenómeno tomó dirección noreste-suroeste afectando, como categoría 4, a los Municipios Casas, Llera, Xicoténcatl y Gómez Farías, posteriormente disminuyó su categoría a 1, resultando con afectaciones menores parte de los Municipios Tula, Ocampo, Palmillas y Jaumave.

**Tabla 73.** Tormentas tropicales y Huracanes categoría 1 con mayor número de eventos en el Estado de Tamaulipas.

| MÁXIMA CATEGORÍA | NOMBRE DEL CICLÓN TROPICAL | VMS* (Km-h$^{-1}$) | FECHA |
|---|---|---|---|
| Tormenta tropical | S/N | 80.45 | 29 y 30 de Septiembre de 1857 |
| | S/N | 80.45 - 64.36 | 18 y 19 de Septiembre de 1863 |
| | S/N | 64.36 - 80.45 | 2 - 5 de Septiembre de 1874 |
| | S/N | 56.32 - 80.45 | 25 - 27 de Septiembre de 1892 |
| | S/N | 56.32 | 9 y 10 de Agosto de 1909 |
| | S/N | 56.32 - 64.36 | 30 de Agosto de 1910 |
| | S/N | 56.32 - 80.45 | 4 - 6 de Agosto de 1916 |
| | S/N | 56.32 - 72.41 | 15 y 16 de Junio de 1922 |
| | S/N | 64.36 - 56.32 | 6 y 7 de Septiembre de 1925 |
| | S/N | 64.36 - 72.41 | 6 - 8 de Septiembre de 1928 |
| | S/N | 56.32 | 20 - 22 de Junio de 1936 |
| | S/N | 56.32 | 9 - 12 de Agosto de 1936 |
| | S/N | 56.32 - 64.36 | 10 - 13 de Septiembre de 1936 |
| | S/N | 80.45 - 56.32 | 21 y 23 de Agosto de 1944 |
| | S/N | 56.32 - 64.36 | 31 de Julio al 2 de Agosto de 1947 |
| | How | 80.45 - 56.32 | 2 - 4 de Octubre de 1950 |
| | Alma | 48.27 - 64.36 | 14 - 16 de Junio de 1958 |
| | Amelia | 48.27 - 64.36 | 30 y 31 de Julio de 1978 |
| | Gabrielle | 56.32 - 80.45 | 10 - 11 de Agosto de 1995 |
| | Beryl | 56.32 - 72.40 | 14 y 15 de Agosto de 2000 |
| | Gert | 56.32 - 64.36 | 24 - 25 de Julio de 2005 |
| Huracán categoría I | S/N | 112.63 | 25 Y 26 de Junio de 1854 |
| | S/N | 112.63 | 17 y 18 de Agosto de 1878 |
| | S/N | 112.63 - 104.59 | 26 de Junio de 1902 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | S/N | 112.63 | 14 - 16 de Agosto de 1903 |
| | S/N | 112.63 | 6 y 7 de Septiembre de 1921 |
| | S/N | 104.59 | 4 de Agosto de 1933 |
| | S/N | 104.59 | 25 de Julio de 1934 |
| | S/N | 104.59 - 112.63 | 27 - 28 de Agosto de 1934 |
| | S/N | 104.59 - 112.63 | 17 - 19 de Agosto de 1936 |
| | S/N | 120.67 - 112.63 | 27 y 28 de Agosto de 1938 |
| | Alice | 104.59 - 112.63 | 25 de Junio de 1954 |
| | Gladys | 120.67 | 5 de Septiembre de 1955 |
| | Fern | 104.59 | 3 y 4 de Octubre de 1967 |
| | Fern | 104.59 - 128.72 | 9 y 10 de Septiembre de 1971 |
| | Barry | 104.59 | 28 de Agosto de 1983 |
| | Keith | 104.59 - 120.67 | 5 de Octubre de 2000 |
| | Claudette | 104.59 - 112.63 | 15 de Julio de 2003 |
| | Erika | ND | 16 de Agosto de 2003 |

** Viento máximo sostenido.*

Otro huracán de categoría cinco se formó el 1 de agosto de 1980, llamado Allen, inicia como onda tropical en la costa de África, para el 9 de agosto alcanzó categoría 5 a una distancia de 108 Km del Estado de Tamaulipas, con vientos de 225 Km/h, con dirección sureste-noroeste. El fenómeno desciende su categoría a 4 y posteriormente 3, afectando a la Ciudad de Matamoros, donde se desalojaron 25,000 personas, provocando pérdidas por 100 millones de pesos (Bitrán, 2001).

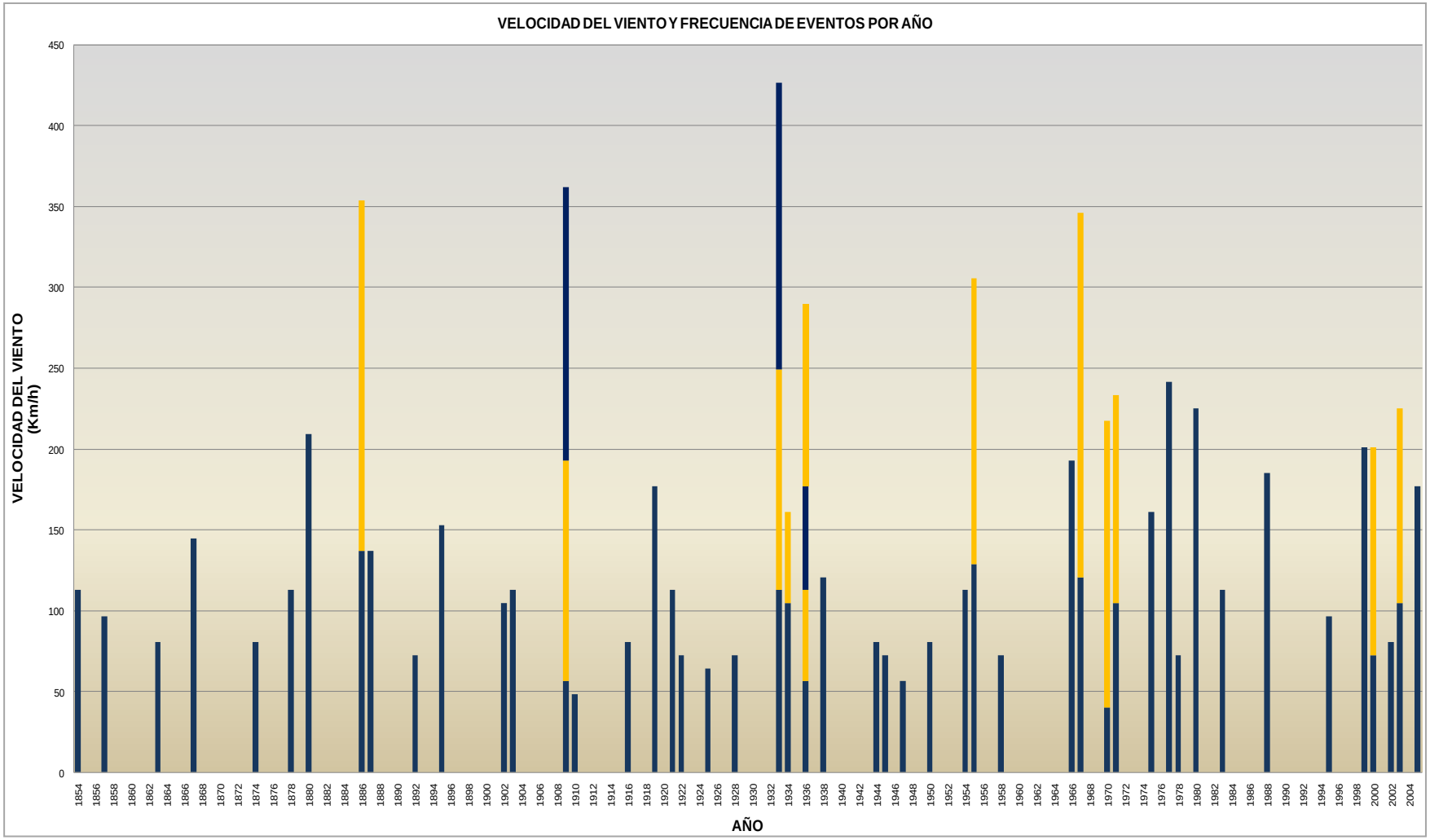



**Figura 76.** Frecuencia anual de ciclones tropicales en el Estado de Tamaulipas.

**Tabla 74.** Ciclones tropicales de alta categoría con menor número de eventos.

| MÁXIMA CATEGORÍA | NOMBRE DEL CICLÓN TROPICAL | VMS (Km/h) | FECHA |
|---|---|---|---|
| Huracán Categoría V | Beulah | 225.26 | 20 de Septiembre de 1967 |
| | Anita | 225.26 | 2 de Septiembre de 1977 |
| | Allen | 223.305 – 225.26 | 9 de Agosto de 1980 |

De acuerdo al registro histórico otros ciclones tropicales de menor categoría han afectado de manera considerable al Estado de Tamaulipas, tanto en daños a viviendas, agricultura, vías de comunicación, pérdidas humanas, además de originar otros fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones. Estos fenómenos se mencionan en la siguiente tabla (Tabla 75).

**Tabla 75.** Ciclones tropicales más significativos en el Estado de Tamaulipas.

| NOMBRE | CATEGORÍA | VIENTO MÁXIMO SOSTENIDO | PRESIÓN | MUNICIPIOS AFECTADOS |
|---|---|---|---|---|
| GLADYS, 1955 | Tormenta tropical | 80.45 | ND | Tampico y Madero |
| HILDA, 1955 | Huracán categoría 2 | 136.76 | ND | |
| JANET, 1955 | S/D | ND | ND | |
| INÉZ, 1966 | Huracán categoría 3 | 176.99 | 962 | Aldama (desbordamiento del Río Pánuco) |
| BARRY, 1983[4] | Huracán categoría 1 | 104.59 | 993 | Afectación al poblado Media Luna (Mpio. Matamoros) |
| GILBERT, 1988 | Huracán categoría 4 | 185.04 | 950 | Soto La Marina (La Pesca) |
| GERT, 1993[2] | S/D | ND | ND | Se inundaron 22 Municipios, 17 colonias en Tampico y 11 colonias en Altamira. |
| DOLLY, 1996[4] | Tormenta tropical | ND | ND | ND |
| CHARLEY, 1998[2] | Tormenta tropical | ND | ND | Nuevo Laredo (Desbordamiento del Río Bravo) |
| BERYL, 2000[3] | Tormenta tropical | 72.40 | 1007 | Afectación al poblado El Carrizo (Mpio. Soto La Marina) |
| KEITH, 2000[1] | Huracán categoría 1 | 120.67 | 983 | Tampico, Xicoténcatl, Gómez Farías, Ocampo, El Mante, Llera, González, Jaumave, Tula, Abasolo, Aldama, Güémez, Mainero, Palmillas, San Fernando, Soto la Marina, Victoria, Altamira y Madero |
| ERIKA, 2003 | Tormenta tropical | 96.54 | 988 | Burgos y San Carlos |
| EMILY, 2005 | Huracán categoría 3 | 176.99 | 944 | San Fernando |

*Fuente: Base de datos de la NOAA.*
*(1) Diario de debates, Órgano Oficial de la cámara de diputados del congreso de los Estados unidos mexicanos, México, D.F., 12 de octubre de 2000.*
*(2) Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México, CENAPRED, 1ra. Edición, 2001.*
*(3) Bitrán Bitrán Daniel, Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2000 (Serie impacto socioeconómico de los desastres en México), CENAPRED, 1ra. Edición, Noviembre 2001.*
*(4) Breña Puyol Agustín Felipe, Precipitación y Recursos hidráulicos en México, Universidad Autónoma Metropolitana, 2004.*

De entre los ciclones tropicales referidos en la tabla anterior, destacan Keith y Gert, ya que en su momento afectaron a 19 y 22 Municipios, respectivamente. En la Figura 78, se ilustra la trayectoria de los eventos que han causado una mayor afectación al Estado, destacando la zona sur y centro norte con una mayor frecuencia de eventos considerados dañinos a los diferentes sectores de la sociedad. De acuerdo al registro histórico citado, los Municipios que han resultado con mayor grado de afectación son Burgos, Cruillas, Guerrero, Matamoros, Méndez, Nuevo Laredo, Reynosa, Río Bravo, San Carlos, San Fernando, San Nicolás, Soto La Marina y Valle Hermoso. Por otra parte, en la porción Sur: Aldama, Altamira, Gómez Farías, González, Jaumave, Llera, Madero, Ocampo, Tampico y Tula.

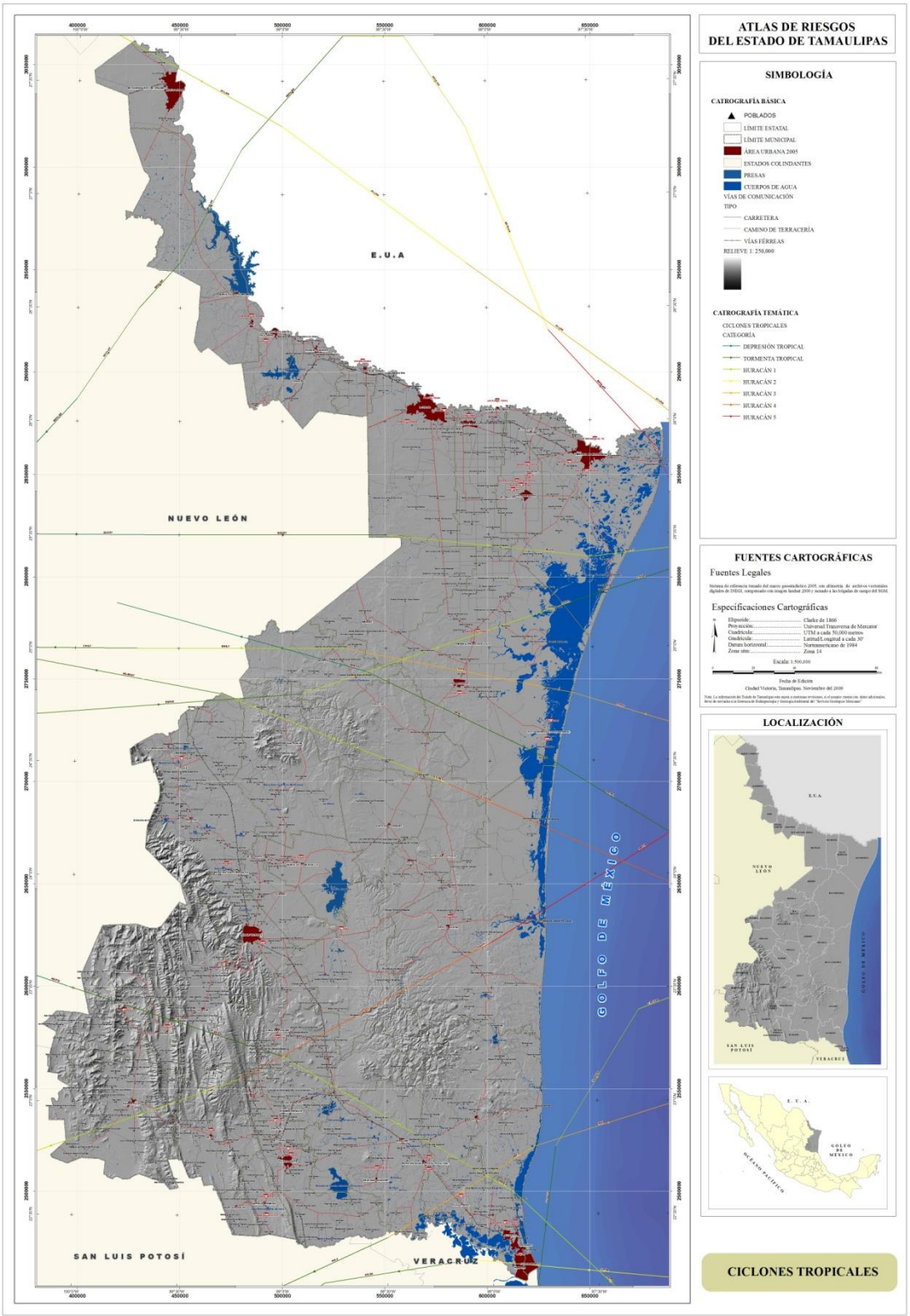



**Figura 77.** Distribución de los ciclones tropicales más significativos en el Estado de Tamaulipas.

# 5. Erosión

## *A. Introducción*

La erosión es la manifestación de un fenómeno relacionado al efecto de una multitud de procesos que dan lugar a la pérdida del recurso suelo. De manera general se clasifica en erosión hídrica, eólica y antrópica, producidas por acción del agua, del viento y el hombre, respectivamente, las dos primeras se generan en condiciones naturales, mientras que la erosión antrópica está asociada a prácticas y hábitos del ser humano, hasta el punto en que las pérdidas no pueden ser compensadas por la tasa natural de formación del suelo; dando como resultado un grave problema ambiental, en casos extremos, puede llegar a desencadenar el fenómeno conocido como desertificación, que no es más que la pérdida o degradación del suelo bajo ambientes áridos, semiáridos y seco-subhúmedo. Lo anterior trae como consecuencia cambios en el régimen de climas, registrándose incremento de temperaturas y disminución de precipitación, ocasionando una disminución del nivel de agua en los mantos acuíferos dada la reducción de la recarga natural de los mismos, de igual manera se genera una disminución en el nivel de almacenamiento de las presas, acarreando un descenso en la disponibilidad del agua utilizada en diversos sectores de la sociedad.

Lo anterior es resultado de la conjunción de dos elementos que participan en la erosión: uno pasivo que es el suelo, y uno activo que es el agua, el viento, el hombre o su participación alterna; la vegetación por su parte actúa como regulador de las relaciones entre ambos elementos, ya que la cobertura vegetal actúa como la capa protectora del suelo ante los elementos mencionados, así como de agente de cohesión y soporte del suelo por medio de las raíces, otorgándole estructura al mismo, no permitiendo el arrastre de partículas.

Por otra parte, desde el punto de vista geológico y de formación de paisaje, la erosión es entendida como parte del proceso de morfogénesis a través del cual se alteran y moldean las formas terrestres. Desde este punto de vista, la configuración que hoy se tiene de la superficie de la tierra se debe a los procesos continuos que durante largos periodos de tiempo han moldeado la superficie de la tierra. Estos procesos geomorfológicos están relacionados con factores internos como la litología, estructural, tectónica, volcanismo, topografía, entre otros, así como externos; tal es el caso de la temperatura y precipitación pluvia, además, como ya se había citado, por la acción del hombre.

Dentro de las acciones del hombre que conllevan a que se genere el fenómeno de la erosión está la agricultura no controlada, es decir, la nula rotación de cultivos, la tala inmoderada de árboles, el sobrepastoreo y en menor proporción el sellado de la superficie terrestre con asfalto o concreto. Dentro de las principales consecuencias que tiene el fenómeno de la erosión es el arrastre de partículas y posterior afectación a las vías de comunicación, azolvamiento de causes y canales de flujo de agua, además de la pérdida ó empobrecimiento del suelo, lo cual conlleva a tener una cubierta no fértil para usos agrícolas y de pastoreo.

En el Estado de Tamaulipas existen condiciones diferentes en cuanto al comportamiento del suelo y su relación con la erosión, por un lado en el extremo suroeste del Estado, en la Provincia Sierra Madre Occidental, predominan condiciones edáficas pobres, poca profundidad de los suelos, lo cual de acuerdo a INEGI (1983), genera un grado de erosión moderada.

De igual forma la capacidad de uso pecuario en esa zona es moderada, ya que al incrementarse a uso pecuario intenso, aumentará la probabilidad de erosionar el terreno. En la zona correspondiente a la Llanura Costera del Golfo se tiene una fuerte presencia de suelos con alto contenido en gravas, al igual que suelos aluviales que descansan sobre materiales arcillosos, generando capas superficiales oscuras y con abundante materia orgánica, dando como resultado suelos fértiles y poco susceptibles a erosionarse. Es común observar que en las zonas de llanuras y lomeríos destaca la presencia de suelos derivados de

rocas calcáreas, poco profundos, de fertilidad moderada y susceptibles a erosionarse principalmente por efecto de sobre pastoreo y/o tala inmoderada de zonas boscosas.

Por lo anterior es importante comentar que en el Estado existen una serie de condiciones particulares que de manera directa intervienen y marcan diferentes grados y tipos de erosión, por lo que a continuación se da una explicación del trabajo y análisis desarrollado para el presente Atlas.

## *B. Peligro Por Erosión*

El resultado del análisis de los factores da como resultado el mapa de peligro por erosión (Figura 79), el cual nos indica que el peligro medio se presenta en un 37.86% de la superficie del Estado, cubriendo un área de 30,356 $Km^2$, siendo el de mayor cobertura, seguido del peligro bajo con 29.21%, que abarca 23,420 $Km^2$, el peligro alto se presenta en un 22.66% en una superficie con 18,171.47 $Km^2$, la zona de peligro muy alto representa el 7.67% de la superficie estatal, con 6,150.65 $Km^2$.y el 2.59% restante corresponde a una extensión de 2,075 $Km^2$ ocupados por cuerpos de agua.

De los 80,174 $Km^2$ que cubre la superficie del Estado de Tamaulipas, los cuerpos de agua y las regiones expuestas a peligro bajo por erosión ocupan el 31.8%, para el peligro medio corresponde al 37.86% (Figura 79), lo cual indica que el 70% del Estado presenta una susceptibilidad moderada a la pérdida de suelo, suscitada principalmente en zonas de planicie con escasa cubierta vegetal, asociadas con actividades agropecuarias y al uso de suelo, caso particular las ubicadas al norte del Estado, desde San Fernando y Méndez, hasta Nuevo Laredo, de igual manera cubre una serie de valles localizados entre las sierras San Carlos y Sierra Madre Oriental, donde se localizan los Municipios Villagrán, Hidalgo, San Carlos, Padilla, Güémez, Victoria, Casas y Llera. En la zona centro oriental del Estado los peligros bajo y medio cubre a los Municipios de Jiménez, Abasolo y Soto La Marina, mientras que en la región centro y sur de la entidad cubren principalmente en los Municipios de El Mante, González, Aldama, Altamira y Xicoténcatl.

Es importante mencionar que la ubicación de la clasificación de peligro bajo y medio se concentra principalmente en zonas donde se desarrolla la agricultura, con presencia de vegetación nativa y zonas de pastizales, donde se registran pendientes menores al 5%, lo cual es un factor que impide un transporte considerable de material edáfico por acción del agua, por otro lado la presencia de valles intermontanos representan en la actualidad zonas de depósitos de sedimentos producto de la erosión en zonas topográficamente altas.

De acuerdo a la Figura 80 dentro de los polígonos de peligro bajo y medio por erosión se encuentran 5,728 localidades, conformadas por 49,452 habitantes, (INEGI, 2005).

Un ejemplo de zona considerada como peligro medio por erosión es la ubicada en la localidad San Francisco, Municipio de San Fernando, donde la Fotografía 41, muestra una zona de cultivo ubicada en una planicie, donde las pendientes son suaves (menor a 5%). En este caso el fenómeno de erosión no causa alteraciones a la infraestructura carretera y urbana.

En referencia a zonas de peligro bajo por erosión, se cita el caso de la Fotografía 42, tomada en la localidad El Aniego, Municipio de Camargo, se tiene la presencia de vegetación nativa, pendientes menores a 5%, lo cual impide la escorrentía y arrastre de las partículas del suelo de forma significativa, además de una fuerte presencia de cobertura vegetal que impide el arrastre de partículas.

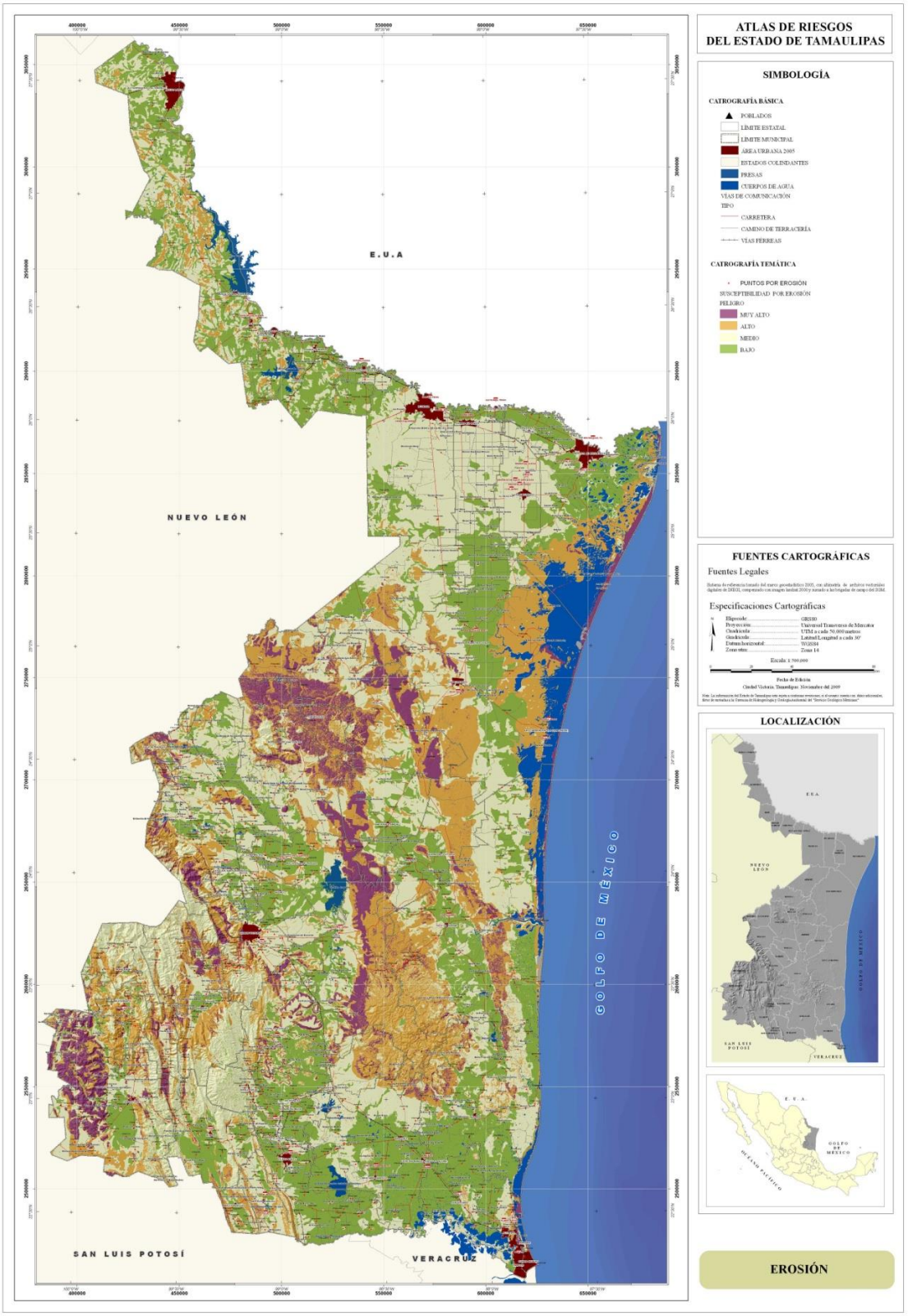

E.U.A
NUEVO LEÓN
GOLFO DE MÉXICO
SAN LUIS POTOSÍ
VERACRUZ
ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS
SIMBOLOGÍA
CATROGRAFÍA BÁSICA
POBLADOS
LIMITE ESTATAL
LIMITE MUNICIPAL
ÁREA URBANA 2005
ESTADOS COLINDANTES
PRESAS
CUERPOS DE AGUA
VÍAS DE COMUNICACIÓN
TIPO
CARRETERA
CAMINO DE TERRACERÍA
VÍAS FÉRREAS
CATROGRAFÍA TEMÁTICA
PUNTOS POR EROSIÓN
SUSCEPTIBILIDAD POR EROSIÓN
PELIGRO
MUY ALTO
ALTO
MEDIO
BAJO
FUENTES CARTOGRÁFICAS
Fuentes Legales
Especificaciones Cartográficas
Escala 1:700,000
Fecha de Edición
Ciudad Victoria, Tamaulipas. Noviembre del 2009
LOCALIZACIÓN
EROSIÓN

**Figura 78.** Mapa de peligro por erosión.

**Fotografía 41.** Zona de peligro medio por erosión, en la comunidad San Francisco. Municipio de San Fernando.

**Fotografía 42.** Zona de peligro bajo por erosión, en la comunidad El Aniego, Municipio de Camargo.

Referente al peligro alto por erosión, éste se encuentra distribuido en 22.66% del territorio estatal (Figura 80) cubre dos franjas orientadas prácticamente norte-sur, una inicia en el Río Bravo, en

Matamoros, avanza por la línea costera de la Laguna Madre, recorre los Municipios San Fernando y Soto

La Marina (Fotografías 43 y 44). Una segunda franja inicia al suroeste de San Fernando, continúa por el Municipio de Abasolo, terminando al noroeste del Municipio Soto La Marina. En este caso es común la erosión antropogénica asociada a actividades de recreación, donde el peligro se incrementa debido al efecto de las olas del mar y la salinización de los suelos.

**Fotografía 43.** Peligro alto por erosión, asociado a actividad antropogénica, eólica y marina en la comunidad Carbonera Norte, Municipio de San Fernando.

**Fotografía 44.** Peligro alto por erosión, asociado a actividad antropogénica, eólica y marina en la comunidad La Pesca, Municipio de Soto La Marina.

En este caso el peligro alto por erosión se caracteriza por presencia de pendientes mayores al 5%, escaza cubierta vegetal, lo cual sumado a la precipitación provoca un grado considerable de erosión, tal es el caso de los alrededores de la comunidad Lázaro Cárdenas, en el Municipio de Tula (Fotografía . 45). En la comunidad El Mulato, ubicada en el Municipio de Burgos, se observan las características antes mencionadas, a las cuales se suma el efecto de la acción del hombre (antrópico), al desarrollar infraestructura urbana y actividades propias de las comunidades, las cuales tienden a desgastar la cubierta que protege al suelo generando el fenómeno de erosión (Fotografía 46).

**Fotografía 45.** Peligro alto por erosión.

**Fotografía 46.** Peligro alto por erosión.

Cabe mencionar que existe una gran cantidad polígonos clasificados en el rango de peligro alto por erosión, éstos son de escasas dimensiones que se encuentran dispersos en prácticamente todo el Estado, algunos relacionados con importantes centros de población, tal es el caso de Ciudad Victoria, Altamira, Tampico, Madero, Nuevo Laredo, Matamoros, entre otros de menores dimensiones. Cabe mencionar que a la escala que se presenta la figura de erosión no se distinguen, por lo cual, a fin de particularizar se recomienda al lector consultar los Atlas Municipales desarrollados en el marco del presente Atlas de Riesgos del Estado de Tamaulipas.

La expansión y el desarrollo de pequeños centros de población, así como ciudades importantes, ha provocado que debido a la sustitución de la cubierta vegetal que protege al suelo por la construcción de casas habitación, calles y caminos, así como la instalación de zonas industriales, ha provocado que un sin número de localidades queden asignadas a un peligro medio por erosión. En este caso el arrastre de partículas producto de la erosión tiende a disminuir la capacidad de los canales de desagüe, por lo que se incrementa el grado de azolve en los mismos, lo cual es un factor importante para propiciar inundaciones.

Referente al peligro muy alto por erosión, éste representa el 7.67% de la superficie estatal, encontrándose principalmente en la zona costera de Matamoros, así como en las sierras San Carlos y Sierra Madre Oriental, presentándose en parte de los Municipios Victoria, Jaumave, Palmillas, Bustamante y Tula (Fotografía 47), así como en una franja con dirección preferente norte-sur, que inicia al sur del Municipio Méndez, pasando por la región oriental de Burgos y oriente de Cruillas. Una segunda franja de riesgo alto se presenta desde el sur de San Carlos y occidente de Jiménez, pasando por el oriente de Padilla, y zonas norte y sur del Municipio de Casas.

En este caso las actividades antrópicas son promotoras del peligro muy alto por erosión, tal es el caso de la explotación no controlada de bancos de materiales, la tala inmoderada de bosques, entre otros. Además de lo anterior, las pendientes superiores a 16% y en algunos casos superiores al 45%, la poca profundidad del suelo, con espesores que llegan a ser de entre 10 y 20 cm, así como el tipo de vegetación, son factores que se mezclan para definir una zona de peligro muy alto por erosión (Fotografía 48).

**Fotografía 47.** Peligro muy alto por erosión. Comunidad Los Duraznos, Municipio Tula.

**Fotografía 48.** Peligro muy alto por erosión. Comunidad El Caracol, Municipio Bustamante.

En el Estado de Tamaulipas la ganadería es una actividad económica preponderante, cuando ésta es llevada a cabo en forma adecuada, es decir, con un número de animales razonable en una superficie determinada, se está optimizando el manejo del recurso pastizal (entiéndase como todo tipo de vegetación que sirve de alimento al ganado), por lo tanto fenómeno de erosión es mínimo. Sin embargo, cuando el número de animales es mayor de los que pueda alimentar una superficie establecida, se cae

en condiciones de sobrepastoreo, lo cual implica una disminución en la cubierta vegetal, compactación, perdida de estructura del suelo, aunado al factor precipitación, da como resultado una zona de alto peligro por erosión, las cuales se encuentran fuera de los centros de población.

## *C.- Vulnerabilidad por Erosión*

Aunque la erosión es un fenómeno que interviene en toda la superficie terrestre, los efectos y susceptibilidad son mayores en las regiones consideradas como Peligro alto y muy alto debido a las características inherentes de cada lugar, cabe recordar, que la erosión es un proceso que se desarrolla de manera general en periodos muy largos de tiempo, por lo que los sedimentos y material solido que pudiera generarse en estos tiempos no representan una afectación directa a la población, sin embargo, estos sedimentos con el paso del tiempo causa problemas de azolvamiento en presas, canales y cualquier medio de captación de agua que se encuentre expuesta a los procesos erosivos, causando una afectación en el desarrollo pleno de las actividades humanas.

Se estima dentro las zonas comprendidas por peligro muy alto, 382,506 Km de vías de comunicación y 906 viviendas, en la región determinada como peligro alto se tienen 1,736.465 Km de vías de comunicación y 4057 viviendas, que sólo de manera muy particular y por la combinación de ciertos factores como la pendiente, tipo de roca, condiciones de inestabilidad en las regiones montañosas aunado al grado de erosión se podría presentar una afectación a cierta fracción de la infraestructura mencionada (Ver apartado de riesgo geológico del presente Atlas).

A demás de la generación de inestabilidad en laderas, la erosión también contribuye de manera negativa en la economía de la población dedicada a las actividades agropecuarias, debido a que si no se llevan las acciones adecuadas de manejo y uso de suelo y en combinación a los agentes erosivos, los nutrientes de la capa edáfica se ven disminuidos, y en casos extremos se pierden por completo, provocando una disminución en la cubierta vegetal y el aumento de áreas propensas a la erosión.

Los nutrientes y características edáficas, aunado a las condiciones climáticas como temperatura y precipitación, son parte fundamental para el óptimo crecimiento de la cubierta vegetal y en especial, para los cultivos, en el presente Atlas, se muestran los distintos mapas de precipitación y temperatura que dan un panorama de las condiciones climáticas del Estado, así como el índice de severidad por sequía meteorológica (Figura 82) que en ciertas regiones existen coincidencias de la sequia meteorológica muy severa y las regiones identificadas con grado muy alto y grado alto de peligro por erosión, lo cual indica áreas que por sus condiciones naturales presentan una mayor susceptibilidad a la pérdida del recurso suelo y cubierta vegetal.

A continuación se presentan algunos ejemplos de las anomalías en el desarrollo de los cultivos, detectados en la región norte y suroeste del Estado, producto de la sinergia de características edáficas, climatológicas y erosivas que se suscitan en cada lugar.

Para la zona norte, en la región comprendida por los Municipios fronterizos de Reynosa, Rio Bravo, Valle Hermoso y Matamoros se identificaron zonas agrícolas con heterogeneidad en el crecimiento de sus cultivos (Fotografía 49), es decir, el cultivo tiene distintos tamaños y en algunos casos no logró crecer, dejando el suelo desnudo; el sistema de riego que presenta la región es a base de canales que conducen el agua proveniente de las presas Falcón y Marte R. Gómez, la primera ubicada en el Municipio de Guerrero y territorio norteamericano, la segunda localizada en la jurisdicción de Miguel Alemán y Camargo, por lo que las zonas agrícolas de la parte norte del Estado no dependen totalmente del temporal, sino que ven cubierta su necesidad del recurso hídrico en el tiempo programado por los agricultores, en cierta medida. De igual manera en el Municipio de Tula se encontró anomalías en el crecimiento de los cultivos (Fotografía 50), sólo que en este caso no existe un sistema de riego, el cultivo se sostiene del temporal, cabe señalar que esta región presenta un grado muy severo de sequía meteorológica, por lo que es un factor que se une con la erosión para interferir con el buen crecimiento de los cultivos de la región.

Como se mencionó en líneas anteriores, el hecho de presentar anomalías en el crecimiento de los cultivos no es propio de un sólo factor, sino la combinación de varios, en el presente tema de vulnerabilidad por erosión del Estado de Tamaulipas se indico que la erosión en si no es causa de grandes afectaciones a infraestructuras y de situaciones que pongan en riesgo la integridad de las personas, sino es un fenómeno que debido al largo periodo de tiempo que tarda en desarrollarse (en la gran mayoría de los casos) es algo que pasa casi o totalmente desapercibido para la población, sin tomar en cuenta que la erosión es una de las diversas causas que generan bajos rendimientos en las cosechas, ocasiona el azolvamiento de presas y canales, es un factor importante en cuestión de inestabilidad de laderas, contribuye a la desertificación, reduce la cubierta vegetal restando protección y humedad al suelo, lo que propicia las condiciones adecuadas para una ignición de materiales como hojarasca, zacate, o cualquier otro combustible (Fotografía 51) que pueda encontrarse en el sitio, generando así, el siniestro denominado incendio.

**Fotografía 49.** Campos de cultivo de la zona fronteriza del Estado.

**Fotografía 50.** Campos de cultivo ubicados en el Municipio de Tula.

**Fotografía 51.** Medio idóneo para el inicio de un incendio. Municipio de Bustamante.

## 6. Incendios Forestales

De acuerdo al Programa Estratégico Forestal del Estado de Tamaulipas, 2006-2025, los ecosistemas sufren los efectos de factores que propician su degradación y deforestación, siendo los principales: los cambios de uso de suelo, talas clandestinas, plagas y enfermedades, avance de la mancha urbana, incendios forestales, entre otros; éstos últimos causan una afectación anual de 16.125 $Km^2$ de superficie (promedio de las temporadas del 2003 al 2008), con una incidencia de 26 incendios cada año, que causan un deterioro a las zonas áridas (arbustos y matorrales) de un 80% del total del territorio estatal ocupado por este ecosistema.

***B.- Ocurrencia de Incendio en el Estado de Tamaulipas***

Con respecto a la ocurrencia de incendios forestales identificados en el Estado de Tamaulipas, se cuenta con una base de datos proporcionada por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), con la información compilada desde el año 1999 hasta el 2008; contando con un registro total de 355 incendios forestales (Tabla 76), observándose que éste fenómeno se presentó con mayor recurrencia durante los años 1998, 2006, 1999 con 91, 44 y 41 incendios respectivamente, mientras que en los años 2004, 2001 y 2007 con 11, 14 y 15 incendios.

**Tabla 76.** Incendios Forestales en el Estado de Tamaulipas.

| AÑO | TOTAL DE INCENDIOS FORESTALES PERIODO (1998-2008) |
|---|---|
| 1998 | 91 |
| 1999 | 41 |
| 2000 | 30 |
| 2001 | 14 |
| 2002 | 25 |
| 2003 | 23 |
| 2004 | 11 |
| 2005 | 27 |
| 2006 | 44 |
| 2007 | 15 |
| 2008 | 34 |
| **TOTAL** | **355** |

**Fuente: CONAFOR**

En relación a la ubicación del registro de incendios forestales, únicamente se cuenta con datos georeferenciados a partir del año 2001, por lo cual en la Figura 81, se ubican únicamente los incendios correspondientes al periodo 2001-2008. Cabe mencionar que antes que se implementara la metodología para la ubicación de puntos de calor (año 2001), la información recabada se concentraba sólo en la ubicación municipal, predio, causa, $Km^2$ afectados, fecha de inicio y extinción, así como indicadores de eficiencia (detección, llegada y duración).

En la Figura 23 se distribuye la ocurrencia de incendios con respecto al año de registro, se observa que gran parte de localiza al sur–suroeste del Estado, mientras que en escasa proporción ocurren al centro y sureste del Tamaulipas.

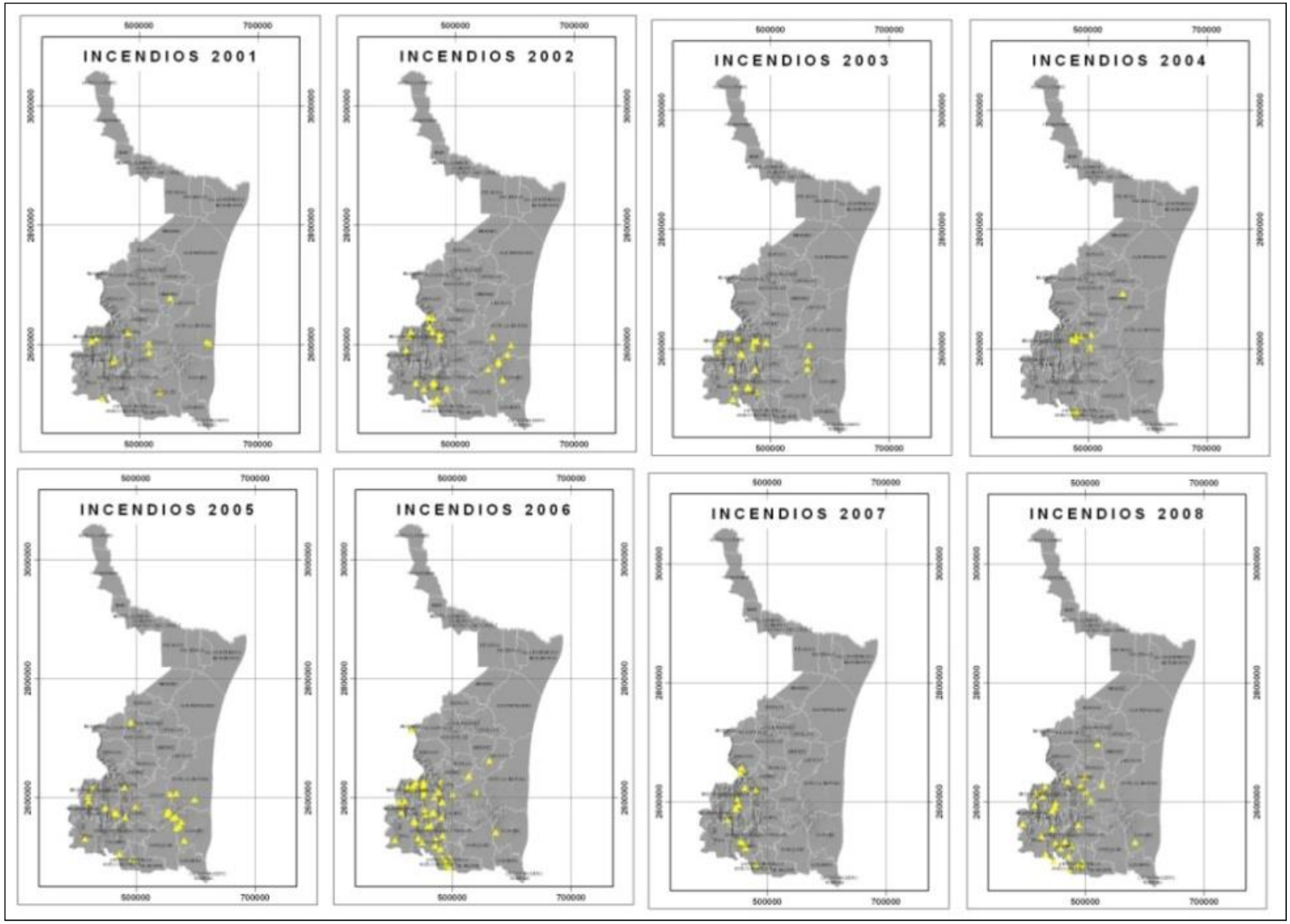



**Figura 79.** Distribución anual de incendios forestales durante el periodo 2001-2008 (CONAFOR).

De acuerdo a la ocurrencia de incendios forestales y a su distribución municipal, un número considerable de eventos se concentra en pocos Municipios, tal es el caso Jaumave con 60 incendios, seguido por Ocampo, con 44 eventos, en Tula se tiene registro de 33, en Soto La Marina han ocurrido 28 incendios, finalmente en los Municipios Miquihuana y Casas se tiene registro de 26, el resto de los Municipios del sur y suroeste del Estado tienen registro de un número menor de eventos (Tabla 77).

De acuerdo al Programa Estratégico Forestal del Estado de Tamaulipas (2006-2025), relación a la totalidad de eventos para el periodo considerado (1998-2008), se cuenta con un registro de 355 incendios, mismos que han afectado una superficie forestal de 349.97 $Km^2$ (Tabla 78). En relación a los meses de mayor frecuencia de ocurrencia destacan marzo, abril y mayo, siendo el mes de marzo el que mayor número de eventos presenta, por otro lado los incendios con mayor duración tienden a registrarse en el mes de abril.

Año con año los incendios forestales devastan hectáreas de bosques, pastizales, terrenos de cultivo, etc., para el caso particular del Estado de Tamaulipas, en la Tabla 79, se observa una relación de las hectáreas dañadas año con año para el periodo analizado, así como el mes del año en que se registró la perdida. Destaca que el año con mayor pérdidas fue 1998, con 178.26 $Km^2$, distribuidas en el periodo de febrero a junio, mientras que el año con menor afectaciones fue 2007, con 1.13 $Km^2$, afectadas en el periodo de marzo a junio. Cabe mencionar que durante 1998 la presencia del fenómeno "El Niño" trajo consigo condiciones climáticas propicias para la generación de incendios forestales de gran magnitud, ya que derivado de la presencia de fuertes vientos justo en la época de estiaje y ausencia total de lluvias, éstos ocasionaron daños sin precedentes en el Estado, registrándose 91 incendios.

**Tabla 77.** Distribución de incendios por Municipio.

| MUNICIPIO | REGISTRO DE INCENDIOS POR MUNICIPIO | | | | | | | | | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | |
| Abasolo | 1 | | | | | | | | 1 | | | **2** |
| Aldama | 3 | 1 | | | 2 | | | 4 | 1 | | 1 | **12** |
| Antiguo Morelos | 2 | 5 | | | | | | 1 | 5 | | 3 | **16** |
| Bustamante | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | 3 | | 3 | **10** |
| Casas | 11 | 1 | 1 | 1 | | 2 | | 5 | 2 | | 3 | **26** |
| Gómez Farías | 1 | | 2 | | | | | | 1 | | | **4** |
| Güémez | 7 | | 1 | | 2 | | 1 | | | 1 | 2 | **14** |
| González | | 1 | | 1 | | | | | | | | **2** |
| Hidalgo | 3 | | | | | | | | | 1 | | **4** |
| Jaumave | 7 | 11 | 7 | 2 | 2 | 8 | 1 | 2 | 14 | 3 | 3 | **60** |
| Jiménez | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | **3** |
| Llera | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | | 2 | 3 | 3 | | 2 | **18** |
| Mainero | 1 | | | | | | | | 1 | | | **2** |
| Mante | 2 | 1 | | | | | | | | | | **3** |
| Miquihuana | 8 | 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 1 | | 2 | **26** |
| Nuevo Morelos | 4 | 5 | 1 | | 1 | | 3 | | | 1 | 1 | **16** |
| Ocampo | 4 | 8 | 6 | | 7 | 3 | | 1 | 5 | 5 | 5 | **44** |
| Padilla | 1 | | | | | | | | | | 1 | **2** |
| Palmillas | 3 | | | | | | | 2 | | 2 | | **7** |
| San Carlos | 1 | | 1 | | | | | 1 | | | | **3** |
| San Nicolás | | | | | | | | | | | 1 | **1** |
| Soto la Marina | 15 | 3 | | 2 | 4 | 1 | | 3 | | | | **28** |
| Tula | 12 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 | | 1 | 4 | 1 | 4 | **33** |
| Ciudad Victoria | | 1 | | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | **18** |
| **TOTAL** | **91** | **41** | **30** | **14** | **25** | **23** | **11** | **27** | **44** | **15** | **34** | **355** |

**Fuente: CONAFOR**

**Tabla 78.** Distribución mensual con mayor incidencia de incendios forestales.

| MES | TOTAL |
|---|---|
| Enero | 17 |
| Febrero | 35 |
| Marzo | 74 |
| Abril | 113 |
| Mayo | 79 |
| Junio | 22 |
| Julio | 10 |
| Agosto | 5 |
| Septiembre | 0 |
| Octubre | 0 |
| Noviembre | 0 |
| Diciembre | 0 |
| **TOTAL** | **355** |

**Fuente: CONAFOR**

**Tabla 79.** Distribución de superficie afectada por incendios forestales mensual durante el periodo 1998-2008.

| MESES | PERIODO | | | | | | | | | | | TOTAL (En $Km^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | |
| Enero | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 15 | 103 | 2 | 0 | 22 | **1.50** |
| Febrero | 614 | 30 | 16 | 22 | 0 | 35 | 101 | 0 | 230 | 0 | 54 | **11.02** |
| Marzo | 948 | 2 | 186 | 103 | 47 | 399 | 2 | 293 | 746 | 63 | 499 | **32.88** |
| Abril | 3711 | 2082 | 774 | 382 | 409 | 351 | 2 | 642 | 3356 | 42 | 563 | **123.14** |
| Mayo | 10113 | 2083 | 300 | 15 | 906 | 1396 | 0 | 23 | 55 | 1 | 38 | **149.30** |
| Junio | 2440 | 35 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 115 | 1 | 7 | 0 | **26.05** |
| Julio | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 181 | 0 | 6 | 0 | 0 | **1.93** |
| Agosto | 0 | 4 | 7 | 0 | 70 | 0 | 332 | 0 | 0 | 0 | 2 | **4.15** |
| Septiembre | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Octubre | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Noviembre | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Diciembre | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **Total** | **178.26** | **42.36** | **12.97** | **5.29** | **14.32** | **21.81** | **6.33** | **11.76** | **43.96** | **1.13** | **11.78** | **349.97** |

**Fuente: CONAFOR**

## *C.- Causas de los Incendios Forestales en el periodo 2003-2008*

Es necesario identificar los factores que están permitiendo la ocurrencia de incendios forestales, de modo que sea posible determinar las causas de los mismos, así autoridad correspondiente adecuará las acciones necesarias para la prevención. De acuerdo a la información estadística recabada y mostrada en la Tabla 80, de entre los factores causantes de un número mayor de incendios en el periodo discutido

se encuentran las actividades agropecuarias (154), seguido de descargas eléctricas (rayos) con 83 incendios, fogatas (67), mientras que el resto de las causas se divide en actividades forestales, limpieza de vías de comunicación, fumadores, fogatas, cazadores furtivos, problemáticas sociales, entre otras.

**Tabla 80.** Porcentajes y causas incendios forestales para el periodo 1998-2008.

| ACTIVIDAD | AÑOS | | | | | | | | | | | TOTAL | PORCENTAJE (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | | |
| Actividades Agropecuarias | 42 | 26 | 11 | 3 | 14 | 8 | 7 | 13 | 11 | 5 | 14 | **154** | **43.38** |
| Actividades Forestales | | | | | 1 | 0 | | | | | | **1** | **0.28** |
| Otras Actividades | 3 | | | | | 0 | | | 1 | | 1 | **5** | **1.41** |
| Limpia de Derechos de Vías | 2 | 2 | | | | 1 | | | 2 | | | **7** | **1.97** |
| Fumadores | 7 | | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 3 | **25** | **7.04** |
| Fogatas | 25 | | | 4 | 4 | 2 | 1 | 8 | 10 | 2 | 11 | **67** | **18.87** |
| Quema de Basura | | | | 1 | | | | | | | 1 | **2** | **0.56** |
| Rencillas | | 1 | | | | | | | | | | **1** | **0.28** |
| Cazadores Furtivos | 1 | 2 | | | | | | 1 | | | | **4** | **1.13** |
| Descargas Eléctricas | 10 | 8 | 16 | 3 | 4 | 11 | | 4 | 16 | 7 | 4 | **83** | **23.38** |
| No Determinadas | 1 | 2 | | 2 | 1 | | | | | | | **6** | **1.69** |
| **Total** | **91** | **41** | **30** | **14** | **25** | **23** | **11** | **27** | **44** | **15** | **34** | **355** | **100.00** |

**Fuente: CONAFOR**

De acuerdo a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), en el Programa Estratégico Forestal del Estado de Tamaulipas (2006-2025), se tienen identificadas cinco zonas críticas asociadas a una mayor incidencia de incendios forestales (Tabla 81).

**Tabla 81.** Niveles de Incendio y Características de las Zonas Críticas asociadas a Incendios Forestales.

| NIVEL DE INCENDIO | TIPO DE INCENDIO | DIMENSIÓN | VELOCIDAD DE PROPAGACION | ALTURA DE LA LLAMA | CONDICIONES ATMOSFERICAS | COMBUSTIBLE | PENDIENTE | TIEMPO DE RESPUESTA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I** | Superficial.- afecta principalmente pastizales y vegetación herbácea, regeneración natural o reforestación, en la superficie del suelo hasta 1.5m de altura. | Incendio menor a 0.05Km$^2$ en los lugares próximos a los poblados con alta presión de la opinión pública ó hasta 0.5Km$^2$ en los lugares remotos. | El avance del frente del incendio es de hasta 2 metros por minuto ó a 0.12Km/hr. | Hasta 0.3 metros | De 0 a 5 Km/hr., en una sola dirección. Humedad mayor a 31%. Temperatura Menor a 26°C | Finos menores de 5mm de diámetro. No más de 10 ton por hectárea. Continuidad horizontal | 0 a 10% | Llegada no mayor a 2 horas por tierra |
| **II** | Superficial y Subterráneo.- afecta pastizales, hierbas, regeneración natural ó reforestación, raíces y humus. | Incendio mayor a 0.5Km$^2$ en los lugares próximos a los poblados con alta presión de la opinión pública ó de 0.51 a 5 Km$^2$ en los lugares remotos | El avance del frente del incendio es de 3 a 10mts por minuto ó de 0.18 a 60 Km/hr. | De 0.31 a 0.8 metros | Hasta 18 Km/hr en diferentes direcciones. Humedad Menor al 30%. Temperatura de 27° a 30°C | Menores de 75mm de diámetro. No más de 60 ton, por hectárea. Continuidad horizontal y vertical | 0 a 20% | Llegada no mayor a 4 horas por tierra |
| **III** | Superficial, Subterráneo y de Copa.- simultáneos: afecta copas de los árboles, pastizales, hierbas, regeneración natural o reforestación, raíces y humus. | Incendio mayor a 0.5 Km$^2$ en los lugares próximos a los poblados con alta presión de la opinión pública ó mayor 750 Km$^2$ en los lugares remotos | El alcance del frente del incendio es mayor de 10 metros por minuto ó 60 Km/hr. | Mayor a 0.81 metros | Mayor a 18 Km/hr en dirección variable y con presencia de rachas. Humedad menor al 25%. Temperatura mayor de 30°C | Finos, medianos y gruesos 5 a 75 mm de diámetro. Más de 61 ton por hectárea. Continuidad horizontal y vertical | De 0% a más de 30% | Llegada mayor a 5 horas por tierra |
| **IV** | Superficial, Subterráneo y de Copa.- simultáneos: afecta copas de los árboles, pastizales, hierbas, regeneración natural o reforestación, raíces y humus. | Incendio mayor a 1 Km$^2$ en los lugares próximos a los poblados con alta presión de la opinión pública ó mayor 5 Km$^2$ en los lugares remotos. | El avance del frente del incendio de mayor a 50 metros por minuto ó 0.90 Km/hr. | Mayor a 1.2 metros | Mayor de 18 Km/hr en dirección variable y con presencia de rachas. Humedad menor de 15%. Temperatura mayor a 40°C | Finos, medianos y gruesos de 75 a 90mm de diámetro. Más de 61 ton por hectárea. Continuidad horizontal y vertical. | De 0% a más de 40% | Llegada mayor a 10 horas por tierra |
| **V** | Superficial, Subterráneo y de Copa.- simultáneos: afecta copas de los árboles, pastizales, hierbas, regeneración natural o reforestación, raíces y humus. | Incendio mayor a 2.5 Km$^2$ en los lugares próximos a los poblados con alta presión de la opinión pública ó mayor 10 Km$^2$ en los lugares remotos | El avance del frente del incendio de 10 a 30 metros por minuto ó 80 Km/hr | Mayor a 2 metros | Mayor de 20 Km/hr en dirección variable y presencia de rachas. Humedad menor al 10%. Temperatura mayor a 50°C | Finos, medianos y gruesos 90 a 97mm de diámetro. Más de 70 ton por hectárea. Continuidad horizontal y vertical | Mayor a 45% | Llegada mayor a 15 horas por tierra |

**Fuente: CONAFOR**

Cada una de las zonas críticas definidas corresponde a uno de los niveles de incendio, por lo cual al momento de considerar cada una de las variables cuantificadas para las diferentes zonas, así como el registro de incendios reportados desde el año 1998 y hasta el 2008, se observa que los Municipios asociados a la zona crítica I son un total de cinco, siete Municipios para las zona II y II, mientras que en las zonas IV y V incluye el área de 6 y 2 Municipios respectivamente (Tabla 82).

En el caso de los Municipios que se encuentran en la zona crítica I, las principales fuentes de incendios están asociadas a descargas eléctricas, fogatas, actividades agropecuarias, limpieza de derecho de vía, mientras que las causas asociadas a la zona crítica V están relacionadas sólo a la presencia de descargas eléctricas y actividades agropecuarias. La causa principal de incendios en las zonas II, III y IV se expone en la Tabla 24, donde adicionalmente se cita el Municipio afectado, el número total y particular de eventos asociado a cada causa, así como la superficie afectada.

De lo anterior se desprende que la zona más vulnerable a los incendios es la zona I, que cubre a los Municipios Jaumave, Miquihuana, Tula, Bustamante y Palmillas, la cual tiene un registro de 65 incendios y una superficie afectada de 61.54 $Km^2$. La zona crítica IV es la segunda zona más vulnerable, incluye a los Municipios Ocampo, Antiguo-Nuevo Morelos, Mante, Gómez Farías y Xicoténcatl), con un total de 34 incendios y una área afectada de 6.79 Km2. Disminuyendo su vulnerabilidad se encuentran las zonas III, II y V, con un total de 29, 24 y 2 incendios forestales registrados, una superficie de afectación de 9.89 18.91 y 0.52 Km2 respectivamente.

Con base en las categorías de los mapas de uso de suelo y vegetación (INEGI, 1996), proporcionados por la Dirección de Ordenamiento Ecológico del INE, se identificó la vegetación alta susceptibilidad a incendiarse y se establecieron diferentes zonas en función de su grado de vulnerabilidad. Con la finalidad de establecer la susceptibilidad de ciertas especies vegetales a la propagación y efecto de los incendios forestales, se hizo un análisis de la cubierta vegetal del Estado, estableciendo que la especie de grado vulnerable **muy alto** corresponde a variedades de bosques (bosques de pino, entre otros), cuya distribución es representativa a nivel estatal (Tabla 83 y Figura 81) cubre aproximadamente 2,586 $Km^2$. Especies de grado vulnerable **alto** la ocupan ciertas especies como bosques de encino, entre otras, ocupando una superficie de 10,541 $Km^2$.

Referente a los diversos tipos de matorrales se consideran de grado vulnerable **medio**, cubren una superficie de 15,297 $Km^2$. En el caso de las especies tipo chaparral, tienen un grado de vulnerabilidad **baja** a la propagación y afectación de incendios forestales, repres7entando una superficie de 27,975 $Km^2$. Las zonas con vulnerabilidad **nula** ocupa una superficie de 23, 72 $Km^2$, y están asociadas a la presencia de cuerpos de agua, zona de manglares, tulares, zonas urbanas, húmedas, de riego, entre otras. A fin de consultar con mayor detalle los datos presentados, se recomienda consultar la Tabla 83. (CONABIO).

**Tabla 82.** Distribución municipal de zonas critica asociadas a incendios forestales.

| ZONA CRÍTICA | MUNICIPIOS | CAUSA | DISTRIBUCIÓN | NÚMERO DE INCENDIOS | SUPERFICIE AFECTADA ($Km^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| I | Jaumave | Descargas Eléctricas | 34 | 65 | 61.54 |
| | | Fogatas de Paseantes | 22 | | |
| | Miquihuana | Actividades Agropecuarias | 5 | | |
| | Tula | Fumadores | 2 | | |
| | Bustamante | Otras actividades | 1 | | |
| | Palmillas | Limpia de Derechos de Vía | 1 | | |
| II | Aldama | | | 24 | 18.91 |
| | Soto La Marina | | | | |
| | Casas | Actividades agropecuarias | 19 | | |
| | Abasolo | Fogatas de Paseantes | 2 | | |
| | Jiménez | Descargas Eléctricas | 2 | | |
| | Padilla | Fumadores | 1 | | |
| | González | | | | |
| III | Padilla | | | 29 | 8.98 |
| | Victoria | Actividades Agropecuarias | 12 | | |
| | Llera | Fumadores | 8 | | |
| | Güémez | Fogatas de Paseantes | 4 | | |
| | Hidalgo | Descargas Eléctricas | 4 | | |
| | Villagrán | Quema de Basureros | 1 | | |
| | Mainero | | | | |
| IV | Ocampo | Actividades Agropecuarias | 21 | 34 | 6.79 |
| | | Fogatas de Paseantes | 4 | | |
| | Antiguo Morelos | Fumadores | 4 | | |
| | Nuevo Morelos | Limpia de Derechos de Vía | 2 | | |
| | Mante | Otras actividades | 1 | | |
| | Gómez Farías | Descargas Eléctricas | 1 | | |
| | Xicoténcatl | Cazadores Furtivos | 1 | | |
| V | San Carlos | Descargas Eléctricas | 1 | 2 | .52 |
| | San Nicolás | Actividades Agropecuarias | 1 | | |
| | | **Total** | **154** | **154** | **96.75** |

**Fuente: CONAFOR**

En el caso de la zona donde predomina la vegetación con vulnerabilidad muy alta a los incendios forestales, destacan los Municipios Hidalgo, Victoria, Miquihuana, Jaumave, Bustamante, Palmillas, Tula y Gómez Farías. En el caso de vulnerabilidad media comprende a los Municipios Antiguo y Nuevo Morelos, Xicoténcatl, Llera, Casas Aldama y Soto la Marina. En el caso las clasificaciones baja y nula, estas predominan en los Municipios ubicados en la parte central y norte del Estado. A fin de observar con mayor detalle la distribución de zonas de vegetación, se recomienda al lector consultar la Figura 82.

**Tabla 83.** Vulnerabilidad a incendios forestales en función de diferentes tipos vegetación característicos de Tamaulipas. (CONABIO).

| TIPO | CLAVE | GRADO | AREA ($Km^2$) | TOTAL ($Km^2$) |
|---|---|---|---|---|
| Bosque Cultivado | BC | Muy Alto | 0.41 | **2,586.59** |
| Bosque de Ayarin | E-BS/Vsa | | 0.15 | |
| Bosque encino-pino | E-BQP | | 1392.36 | |
| Bosque de galería | BG | | 2.22 | |
| Bosque de pino | BP | | 442.43 | |
| Bosque de pino-encino | BPQ/Vsa | | 665.82 | |
| Bosque de tascate | BJ | | 83.2 | |
| Bosque de encino | BQ/Vsa | Alto | 3134.36 | **10,541.89** |
| Bosque de mesófilo de montaña | BM | | 215.61 | |
| Selva alta subperennifolia | E-SAQ/VSh | | 0.27 | |
| Selva baja caducífolia | SBC/Vsa | | 6002.8 | |
| Selva baja espinosa | SBK | | 955.08 | |
| Selva baja subcaducifolia | SBS | | 92.4 | |
| Selva baja subperennifolia | SBQ/VSA | | 10.21 | |
| Selva mediana subcaducifolia | SMS/Vsa | | 93.06 | |
| Selva mediana subperennifolia | SMQ | | 38.1 | |
| Matorral desértico rosetofilo | MDR/MR | Medio | 1673.3 | **15,297.92** |
| Matorral submontano | MSM/Vsa | | 8155.73 | |
| Mezquital | MK | | 4631.71 | |
| Pastizal inducido | PI | | 837.18 | |
| Chaparral | ML/Vsa | Bajo | 46.1 | **27,975.65** |
| Matorral crasicaule | MC/MB | | 50.55 | |
| Matorral desértico microfilo | MDM/MB | | 910.76 | |
| Matorral espinoso tamaulipeco | MET/MB | | 9367.03 | |
| Palmar | VP | | 45.97 | |
| Pastizal Cultivado | PC | | 15235.01 | |
| Pastizal halófilo | PH | | 221.09 | |
| Pastizal natural | PN | | 1.33 | |
| Vegetación de dunas costeras | VU | | 174.69 | |
| Vegetación de galería | VG | | 47.04 | |
| Vegetación halófila | E-VH | | 1876.08 | |
| Cuerpo de agua | H2O | Nulo | 3346.03 | **23,772.64** |
| Manglar | VM | | 37.86 | |
| Tular | VT | | 113.81 | |
| Zona Urbana | ZU | | 680.26 | |
| Humedad | HA | | 8.43 | |
| No aplicable | DV | | 263.87 | |
| Riego | RA | | 7067.77 | |
| Riego suspendido | [R] | | 6.33 | |
| Temporal | TA | | 12248.28 | |
| **$Km^2$ TOTALES** | | | **80,174.69** | |

**Fuente: CONAFOR**

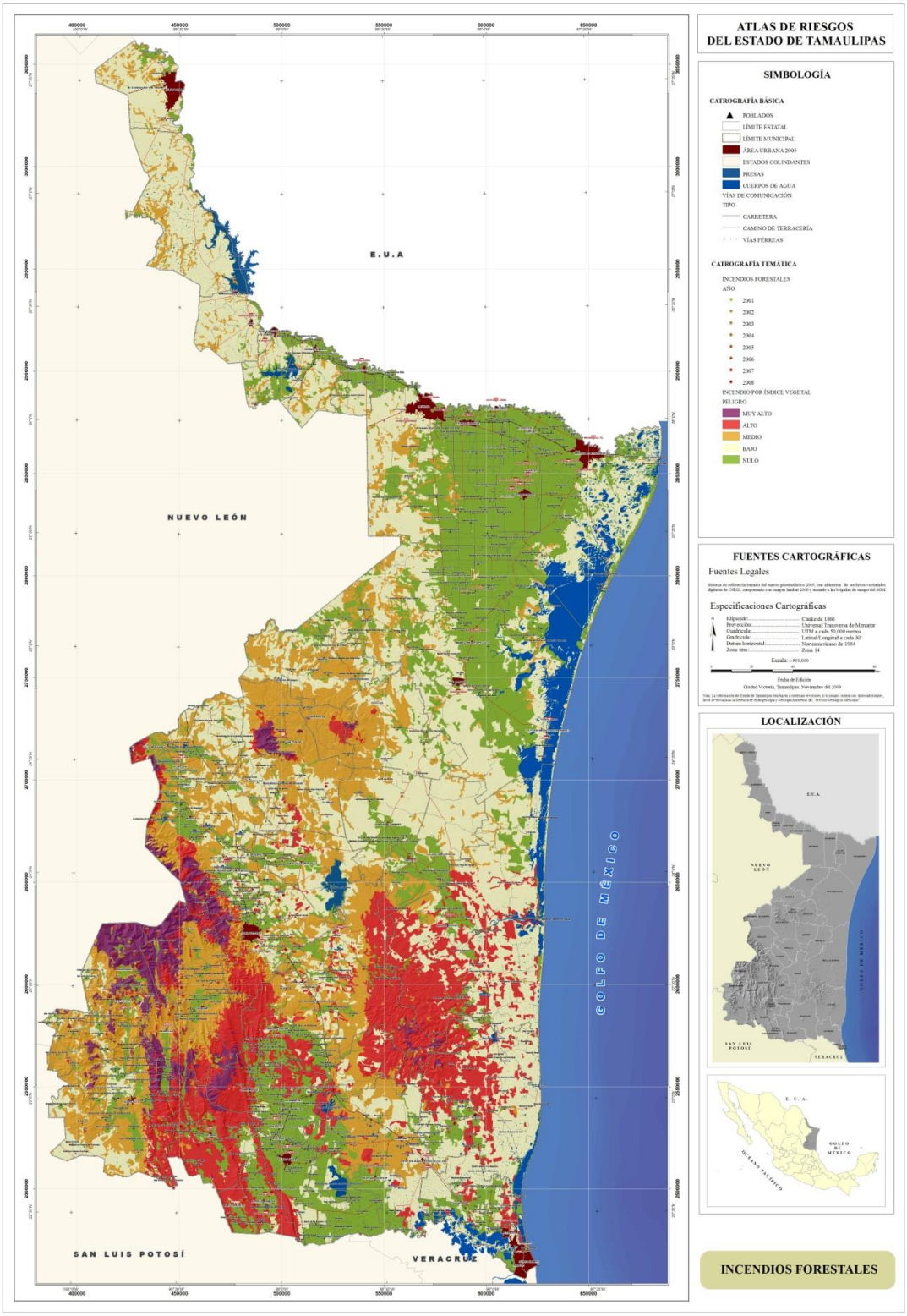



**Figura 80.** Zonificación a partir del índice de vegetación con alta susceptibilidad a incendiarse.

### *D.- Puntos de calor*

Los daños provocados por los incendios forestales en el año de 1998 tuvieron grandes repercusiones en las zonas naturales del Estado de Tamaulipas, en respuesta a ésta problemática la Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO), realizó el estudio denominado "Los incendios en México, un análisis de su amenaza a la biodiversidad" y a partir del año 2002, se implementó el programa denominado "*PROGRAMA DE DETECCIÓN DE PUNTOS DE CALOR MEDIANTE TECNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA*" que tiene como fundamento teórico, el análisis cuantitativo que se emplea para la identificación de zonas potenciales emisoras de calor que pueden generar algún tipo de incendio, por ello, la CONABIO reclasificó ciertas variables que puedan establecer parámetros que indiquen un posible incendio forestal, como los puntos de calor en los tipos de índice vegetal incendiario con nocturnas de 25°C, y diurnas de 42°C a 100°C.

Para la identificación de zonas por emisión de calor en la entidad, se realizó un análisis estadístico para el período 2002-2009 obteniéndose un total de 715 focos de calor con temperaturas que fluctúan entre 42.05ºC y 99.55º C, localizadas en la porción centro sur del Estado. Del total de puntos de calor registrados, sólo 154 de éstos, se asociaron con incendios forestales. Los puntos de calor relacionados a incendios se observan en la Tabla 84, donde se distribuyen en base al año en que ocurrieron, así como al número total de Municipios afectados.

**Tabla 84.** Periodos de incidencia y Concentración de Puntos de Calor (2002-2009).

| AÑO | TEMPERATURAS (°C) | TOTAL DE PUNTOS DE CALOR | TOTAL DE INCENDIOS | TOTAL DE MUNICIPIOS AFECTADOS | MUNICIPIOS MAYORMENTE AFECTADOS |
|---|---|---|---|---|---|
| 2002 | 51.35 - 81.41 | 2 | | 2 | Llera y Soto La Marina |
| 2003 | 42.65 - 80.55 | 75 | 23 | 11 | Victoria, Tula, Jaumave, Casas, Bustamante, Soto La Marina, González y Aldama |
| 2004 | 42.15 - 73.45 | 23 | 11 | 6 | Victoria, Tula, Bustamante, Casas, Aldama y Jaumave |
| 2005 | 43.05 - 95.55 | 67 | 27 | 14 | Victoria, Tula, Soto La Marina, San Carlos, Ocampo, Miquihuana, Llera, Jaumave, Casas, Bustamante, Antiguo Morelos, Aldama, González y Burgos |
| 2006 | 42.95 - 67.25 | 127 | 44 | 16 | Soto La Marina, Aldama, Jaumave, González, Llera, Victoria, Tula, Ocampo, Miquihuana, Mainero, Abasolo, Casas, Bustamante y Gómez Farías |
| 2007 | 42.35 - 62.05 | 27 | 15 | 30 | Aldama, Jaumave, González, Tula, Ocampo, Miquihuana, Bustamante, Gómez Farías, Abasolo y Casas |
| 2008 | 42.15 - 99.55 | 194 | 34 | 19 | Victoria, González, Aldama, Tula, Soto La Marina, Ocampo, Casas, Llera y Abasolo |
| 2009 | 42.05 - 99.25 | 200 | | 21 | González, Llera, Gómez Farías, Aldama, Soto La Marina, Ocampo, Jaumave, Tula y Antiguo Morelos |

## 7. Sequías

La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un período de tiempo es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia de agua es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas (CENAPRED, 2009).

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios de las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera, generados por modificaciones en el albedo superficial, la existencia de una espesa capa de polvo en la atmósfera, cambios en la temperatura

de la superficie de los océanos y mares e incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono, ocasionan variaciones espacio-temporales de las precipitaciones (CENAPRED: 2009).

El análisis de los efectos de la sequía se lleva a cabo a partir de diferentes enfoques: agrícola, hidrológica, meteorológica, biológica, ambiental, urbana o social; cada enfoque o campo de estudio, proporciona una distinta definición y caracterización (Hernández et. al., 2000).

México, por su localización geográfica, es vulnerable a la acción desastrosa de las sequías (Castorena, et. al., 1980). En los últimos años, la sequía ha adquirido una gran relevancia por los daños que ocasiona, los cuales con frecuencia superan la magnitud a los que producen otros fenómenos hidrometeorológicos, y se torna más amenazador por el calentamiento atmosférico asociado al cambio global (Salati y Nobre, 1991).

En el Atlas de Riesgo del Estado de Tamaulipas se analiza la sequía desde el punto de vista meteorológico, y se define como una función del déficit de precipitación con respecto a la precipitación media anual o estacional de largo periodo, y su duración en una determinada región. En este caso el análisis realizado se llevó a cabo con base en el estudio de Sequía Meteorológica para la República Mexicana (periodo 1950-1980), del Instituto de Geografía y Facultad de Ciencias de la UNAM, (Hernández et. al. 2000), cuyo mapa fue utilizado para extraer la región comprendida del Estado de Tamaulipas y comparar el comportamiento de este fenómeno con respecto a la secuencia de tiempo de las dos décadas siguientes.

En lo que respecta al Estado de Tamaulipas y de acuerdo al índice de severidad de sequía meteorológica extraído de la República Mexicana para el periodo 1950-1980, muestra en su territorio grados de sequía muy fuerte, con un cubrimiento del 42.3% (33,928 $Km^2$), sequía severa en el 55.6% (44,557 $Km^2$), por último sequía muy severa en el 2.1% (1,688.82 $Km^2$) del territorio estatal, cuya distribución se observa en la Figura 82.

La sequía muy fuerte se presenta en la zona sur del Estado, desde los Municipios de Victoria, Casas y Soto La Marina, hacia los Municipios de Tampico, Madero, González, Mante, Ocampo, Tula, Antiguo y Nuevo Morelos. Además de presentarse al norte en los Municipios de Mier, Miguel Alemán, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz y la región nor-noroeste del Municipio de Reynosa.

La zona centro y norte hasta Reynosa, Valle Hermoso, Río Bravo y Matamoros presenta sequía severa siendo esta la más extendida en el territorio estatal, así mismo se presenta en la mayor parte del Municipio de Guerrero y la región oeste de los Municipios de Miquihuana y Bustamante.

El Municipio de Nuevo Laredo y el norte de Guerrero presentan sequía muy severa siendo la zona más afectada por este fenómeno.

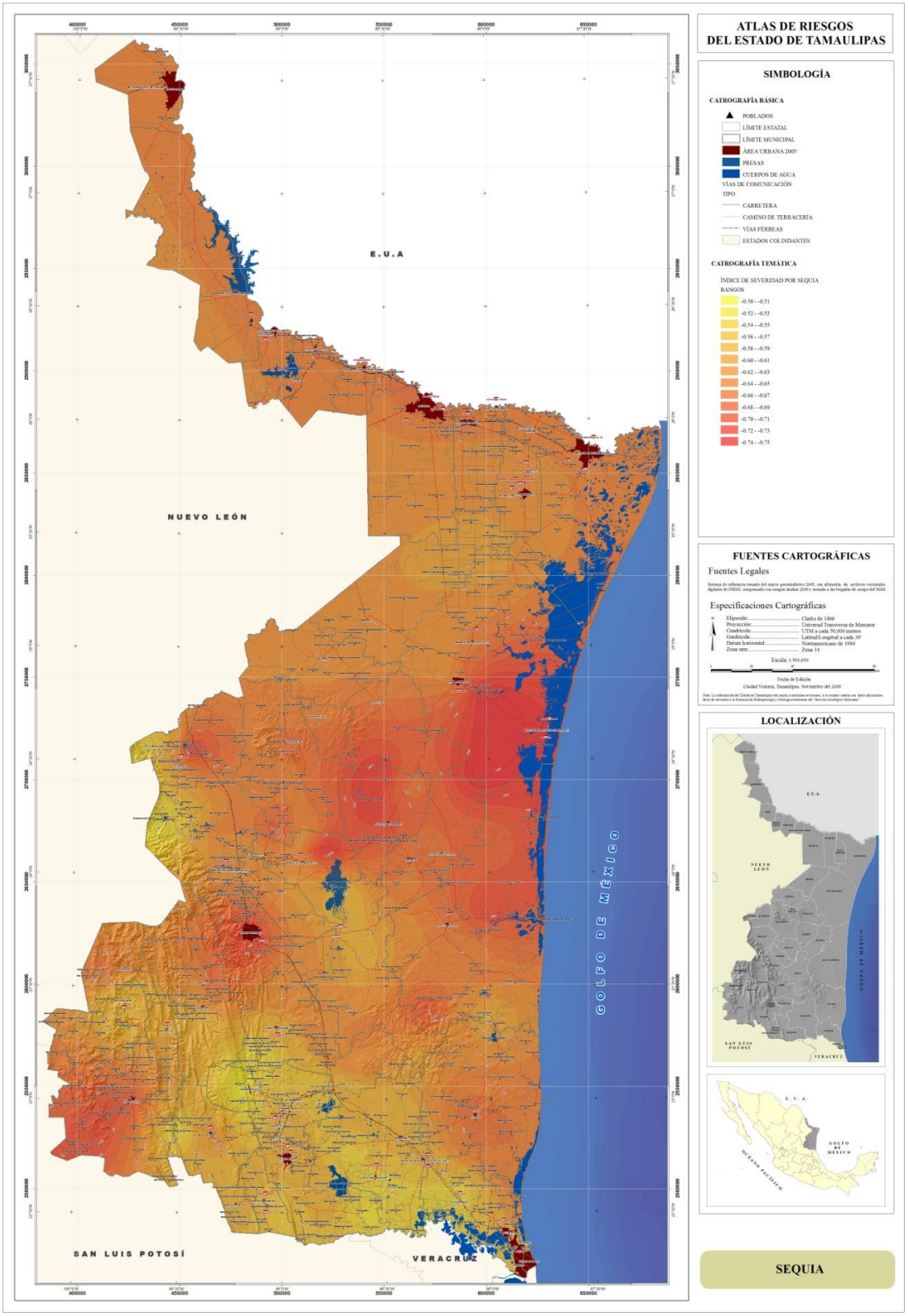



**Figura 81.** Mapa de Índice de Severidad de Sequía Meteorológica del periodo 1950-1980.

Con la finalidad de obtener un mapa que represente el índice de severidad correspondiente al periodo 1980-2000, se utilizaron datos de precipitación media mensual de 103 estaciones meteorológicas distribuidas en el Estado de Tamaulipas, las cuales fueron seleccionadas por contar con la gran mayoría de sus datos de precipitación para dicho periodo.

Con la base de datos se realizó el cálculo del índice de severidad (I.S.) para cada año del periodo de estudio, utilizando los datos de precipitación, comparados con sus respectivas medias. (Tinajero et al. 1986; Sancho y Cervera et al. 1980).

La fórmula del Índice de Severidad es: I.S.= $(SUMY - SUMX) / SUMX$

Donde: Y = Precipitación mensual registrada

X = Precipitación mensual normal (periodo 1980-2000)

Ejemplo del cálculo del I.S.

De los valores de precipitación de la estación 28059 magueyes para el año 1980, se tienen los datos de acumulado mensual (Y), y los valores de la media del periodo en estudio (X).

**Tabla 85.** Valores de precipitación de la estación 28059 magueyes.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Y | 18.9 | 10.3 | 16 | 32.9 | 39.8 | 0.2 | 32.5 | 186.6 | 125.5 | 63 | 37.4 | 29.9 |
| X | 34.09 | 16.98 | 32.11 | 51.3 | 103.9 | 110.6 | 58.8 | 140.2 | 161.2 | 73.9 | 29.3 | 21.6 |

El valor de SUMY se obtiene de la suma de los datos del renglón “Y” si son menores que su respectiva media mensual normal de la línea “X”. En el ejemplo los valores considerados son: 18.9, 10.3, 16, 32.9, 39.8, 0.2, 32.5, 125.5 y 63.

Para SUMX, los datos que se suman son las medias mensuales del renglón “X” que fueron mayores para aquellos valores sumados de la línea “Y”. En el ejemplo los valores sumados son: 34.04, 16.98, 32.11, 51.3, 103.9, 110.63, 58.89, 161.2 y 73.99.

Sustituyendo en la fórmula de (I.S) el valor de SUMY y SUMX se obtiene lo siguiente.

SUMY = 339.10
SUMX= 643.11
I.S = -0.47

Por último, se obtuvo el promedio de los índices de severidad de cada estación del periodo estudiado, utilizando el valor absoluto para la generación del mapa.

Con el índice de severidad obtenido para todas las estaciones se generó el mapa de los grados de sequía mediante el trazo de isovalores. La clasificación del índice de severidad de sequía meteorológica va de extremadamente severo (mayor de 0.8), muy severo (0.6 a 0.8), severo (0.5 a 0.6), muy fuerte (0.4 a 0.5), fuerte (0.35 a 0.4), leve (0.2 a 0.35) y ausente (<0.2) (Sancho y Cervera, et. al., 1980).

Para el caso del periodo 1980-2000, en el Estado de Tamaulipas los valores obtenidos oscilan de 0.5 a 0.75, por lo cual el índice de severidad de sequía meteorológica va de severo a muy severo.

El 81% del territorio estatal (65,300 $Km^2$) se encuentra en un grado muy severo de sequía, cubriendo zonas como los Municipios de Tula, Miquihuana, la parte oeste de Bustamante, norte de Jaumave, Llera y Aldama, el 19% de la superficie restante (14,873 $Km_2$), presenta un grado severo de sequía meteorológica, afectando principalmente la región sur del Estado, donde los Municipios afectados por este grado de sequía son: Tampico, Madero, Altamira, González, Xicoténcatl, El Mante, Gómez Farías, Ocampo, Antiguo Morelos, Nuevo Morelos, y algunas porciones de Llera, Jaumave, Palmillas y

Bustamante, otras regiones que se encuentran dentro de este grado de severidad, corresponden al Municipio de Mainero, a la porción centro-norte del Municipio de Casas y la región oeste de los Municipios de Hidalgo y Villagrán (Figura 83).

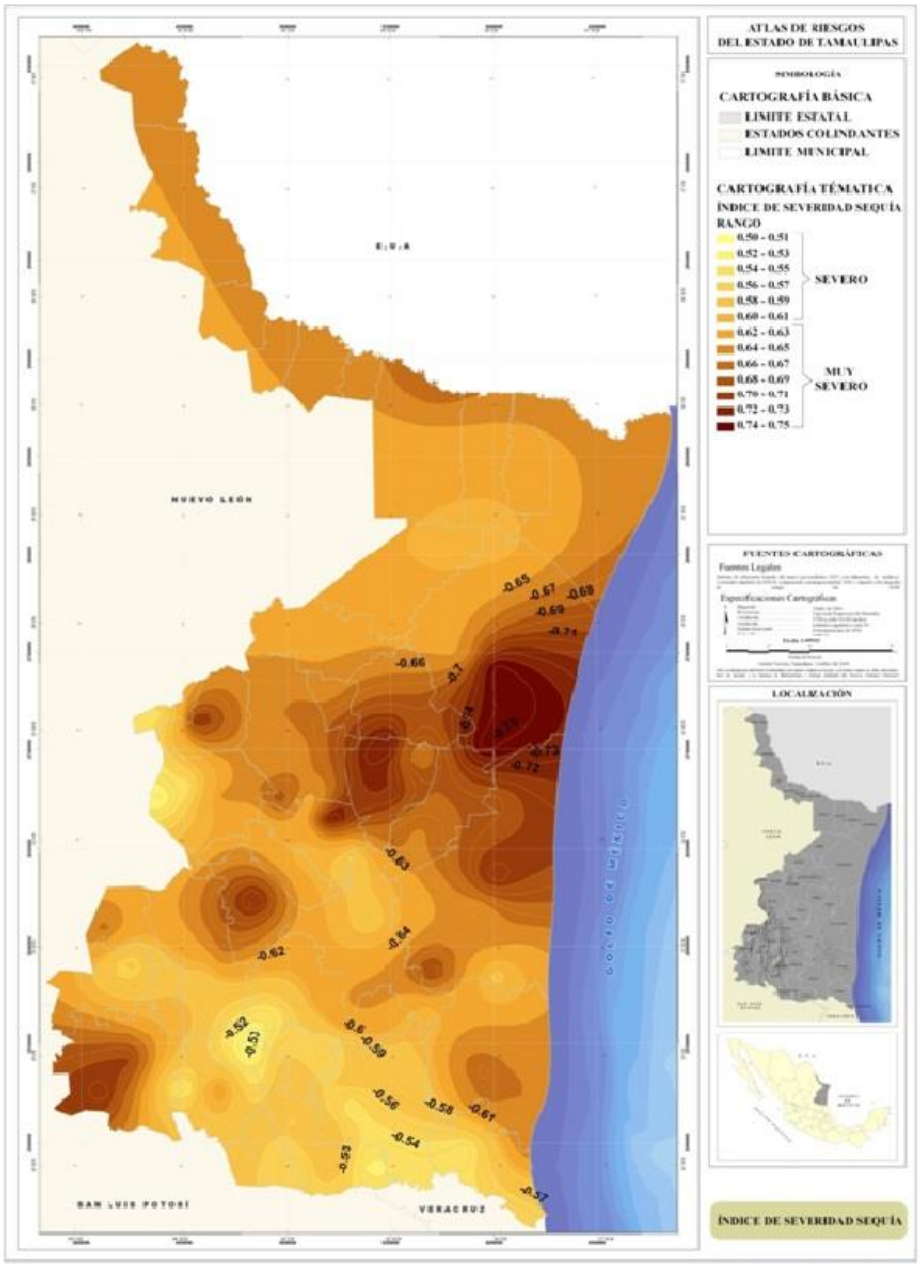



**Figura 82.** Mapa de Índice de Severidad de Sequía Meteorológica del periodo 1980-2000.

# IX. **RIESGOS ANTROPOGÉNICOS**

Debido a su ubicación estratégica, el Estado de Tamaulipas tiene una importancia relevante a nivel nacional, destacándose en la actividad comercial por sus constantes importaciones y exportaciones, lo cual genera varias actividades económicas, dividiendo al Estado en tres zonas importantes: En la zona fronteriza predomina la industria manufacturera y el incesante tráfico comercial a través de sus puentes internacionales, en la zona central predomina el sector agroindustrial y gubernamental, sus actividades predominantes son la agricultura, ganadería, pesca, así como la industria pequeña y mediana de

manufactura, en tanto la zona sur basa sus actividades relacionadas con el petróleo y el refinamiento de productos similares.

A fin de evaluar el riesgo al que está expuesta la población del Estado, fue necesario identificar los peligros que se presentan en cada ciudad. Los peligros sociorganizativos, son sitios donde la población suele concentrarse de manera masiva, lo anterior con el fin de cuantificar la cantidad de personas que puede verse afectada ante emergencias de distintas naturalezas, considerando aquellas áreas con alta densidad poblacional, ubicadas en los alrededores de posibles fuentes de afectación. Se verificaron sitios sociorganizativos en las 43 cabeceras municipales que conforman el Estado, estos ofrecen servicios de públicos y privados, divididos en educación, seguridad, comerciales, transporte, apoyo social, entre otros servicios básicos para la población.

Los sitios identificados como peligros químicos corresponden a estaciones de servicios de gasolineras y gaseras, industrias (maquiladoras, termoeléctricas, ingenios, etc.), ductos e instalaciones de Pemex. Cabe mencionar que en el caso de peligros químicos, además de establecer las zonas propensas a ser afectadas por diferentes tipos de peligros, fue integrada la variable vulnerabilidad, de tal manera que el producto resultante fue la cuantificación del riesgo al que está expuesta la población ante este tipo de peligros.

Asimismo se identificaron sitios de peligros sanitarios que corresponden a servicios de salud, limpieza pública y ambiental. Estos sitios reciben su nombre por el tipo y forma de afectación hacia el ser humano, la presencia o dispersión de los factores de riesgo van dirigidas hacia la salud humana, su contaminación es de tipo biológica-infecciosa. El este Nivel de información se desarrolla con apoyo del Sector Salud y el Gobierno del Estado.

# 1. Metodología

A continuación se describe la metodología empleada para el desarrollo del presente apartado, la cual involucra varios procesos; desde la fuente del método utilizado, la recopilación de información previa, el levantamiento sistemático de peligros antropogénicos, además de la simulación de explosiones.

## *A. CENAPRED*

El objetivo de este apartado es identificar y ubicar los diferentes tipos de peligros al que está expuesta la población y conocer el nivel de riesgo que existe en diferentes zonas, desde nivel estatal, municipal o una comunidad. La metodología que se aplicó para la determinación de Peligros Antropogénicos se basó en las Guías Metodológicas Básicas Vigentes para la Elaboración del Riesgo en sus Niveles Sociorganizativos, Químicos y Sanitarios, publicadas por el CENAPRED (2006) y adecuadas para el presente Atlas.

La metodología destaca la importancia de identificar los **peligros sociorganizativos** para evaluar el riesgo a la población, considerando aquellas áreas de alta densidad poblacional ubicadas a lo largo de la trayectoria donde se encuentran los peligros químicos como ductos, gaseras, gasolineras o alrededor de una instalación industrial.

El levantamiento consiste en la identificación de sitios con la mayor precisión a fin de que reflejen sus condiciones actuales y reales, considerando la distribución de la población, el tipo de vivienda o construcción, entre otros factores.

Es importante mencionar que de acuerdo al CENAPRED (2006), para lograr un análisis a detalle se requiere información específica de la población próxima a posibles instalaciones generadoras de peligro, tal es el caso de horarios de mayor concentración de población, tamaño y tipo de población, propiedad pública o privada que puede ser dañada, entre otros factores. Los servicios tomados en cuenta para estimar la cantidad de población que puede verse afectada durante una emergencia fueron los siguientes: Casas habitación, zonas comerciales, mercados, iglesias, escuelas, hospitales, centros

deportivos, terminales de transporte de pasajeros (terrestre y aéreo, plazas, subestaciones eléctricas, estaciones de bombeo, entre otras. Cabe mencionar que los dos últimos servicios son de especial interés puesto que suministran servicios de energía eléctrica y agua potable.

La identificación de peligros químicos se concentra aquellos sitios que almacenan, transportan y/o distribuyen sustancias y materiales peligrosos. El grado de peligrosidad de una sustancia depende no sólo de las propiedades de la misma, sino también del volumen o cantidad presente, las condiciones de su almacenamiento y sobre todo las condiciones de su entorno. Durante la identificación de peligros a nivel local se deben determinar las actividades peligrosas que existen, tal como las instalaciones industriales que manejan y/o almacenan sustancias peligrosas en grandes volúmenes, las carreteras, vías férreas y los ductos por donde se transportan sustancias peligrosas, las sustancias o materiales peligrosos, dónde se ubican, qué tipo de accidente pueden ocasionar y las posibles consecuencias a la población (CENAPRED 2006).

Dando seguimiento a la metodología de CENAPRED (2006), en el caso de **peligros sanitarios**, se realizó un inventario de clínicas y centros hospitalarios para cuantificar el equipamiento, tipo de atención y capacidad de respuesta durante una contingencia. Asimismo se identificaron sitios donde se concentran residuos y desechos sólidos, peligro biológico infeccioso que pueden causar efectos en la salud y ubicar su disposición final, estos sitios corresponden a rastros, basureros, rellenos sanitarios y plantas tratadoras de aguas negras.

## *B. Recopilación de la información*

De entre las primeras fases para el desarrollo del Atlas de Riesgo del Estado de Tamaulipas se establecieron reuniones con diversos sectores de la sociedad para la planificación del Atlas, las cuales fueron convocadas y coordinadas por el departamento de Protección Civil Estatal con la finalidad de dar a conocer los objetivos, alcances y metas del proyecto, de igual forma para obtener información existente de cada uno de los sectores participantes, tanto de instituciones del sector público federal y estatal, en este caso la Secretaría General de Gobernación, Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad, Secretaría de Obras Públicas y Desarrollo Urbano y Ecología, Consejo Estatal de Población, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Secretaría de Salud y Asistencia, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, así como el Consejo de Planeación y Desarrollo del Estado de Tamaulipas (COPLADET).

Cabe mencionar que algunas de las ya referidas instituciones proporcionaron información referente a la versión anterior del Atlas de Riesgos del Estado de Tamaulipas (1999); así como los Atlas de Riesgos en formato digital de las ciudades Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros, Río Bravo, San Fernando, Victoria, Altamira y Madero (2004), además de información geográfica del país, Imágenes Quickbird (COPLADET). Base cartográfica (INEGI 2008), Mapas, Base de datos de Escuelas (SEP), base de datos de Clínicas y Hospitales (SSA), Listado de gasolineras del Estado (SOPDUE), Instalaciones subestaciones eléctricas, líneas de alta tensión (CFE), estudios de riesgo ambiental informes y estudio (SEMARNAT), además de informes y resúmenes diversos.

## *C. Levantamiento sistemático de peligros antropogénicos*

El levantamiento sistemático para la identificación de los peligros antropogénicos se realizó en las 43 cabeceras municipales, por lo cual, como ya se mencionó, el Estado se dividió en tres zonas importantes de acuerdo a su distribución socioeconómica: Zona Fronteriza, Zona Central y Zona Sur.

El trabajo de campo se baso en la identificación de los diferentes tipos de peligros por medio de recorridos en cada ciudad, haciendo divisiones por sectores, colonias, manzanas y calles. Para describir cada sitio se utilizó formatos en Excel divididos en tres grupos: Sociorganizativos, Químicos y Sanitarios (Tabla 86).

**Tabla 86.** Clasificación de los Peligros Antropogénicos y los tipos de sitios levantados.

| PELIGRO | TIPOS DE SITIOS LEVANTADOS |
|---|---|
| **SOCIORGANIZATIVO** | Aeropuerto, Auditorio, Biblioteca, Bomberos, Cementerio, Centro Comercial, Centro Deportivo, Cereso-Tutelar, CFE, Cine, DIF, Escuela, Iglesia, Museo, Oficina de Gobierno, Plaza, Terminal |
| **QUIMICO** | Ducto, Gaseras, Gasolineras, Industrias, Instalaciones de Pemex |
| **SANITARIO** | Basurero, Relleno Sanitario, Tiraderos Clandestinos, Hospital, Rastro, Plantas Tratadoras de Aguas Negras. |

Durante el desarrollo de este trabajo se elaboraron formatos individuales para cada tipo de sitio, estos se realizaron bajo las clasificaciones oficiales y los estándares establecidos por las instituciones participantes, lo anterior con la finalidad de homogenizar criterios e identificar con mayor precisión el lugar. Por ejemplo incluyen los formatos de escuelas contienen las claves escolares establecidos por la SEP y los formatos de hospitales contienen la Clave Única de Establecimiento de Salud (CLUES) asignados por la SSA, ambos utilizados para identificar un centro escolar y/o unidad de salud. Cada formato digital cuenta con cinco apartados que contienen en promedio 35 campos, donde se describe su ubicación geográfica, características y datos propios de la institución, unidad o establecimiento, tipología de vivienda, tipo de peligro que pudiese afectar el sitio, así como condiciones de seguridad del mismo. Se anexan dos fotografías representativas, así como un croquis para una rápida ubicación, ver ejemplo de formato en la Figura 84.

En el caso de Peligro Sociorganizativo fueron elaborados formatos para cementerios, centro comercial, centro deportivo, cine, bomberos, escuela, hotel, iglesia/templo, oficinas de gobierno, museo, DIF, teatro y terminal. En peligros químicos se tienen formatos para gasera, gasolinera e industria; y peligros sanitarios se cuenta con los formatos de hospital, basurero/relleno sanitario, rastro y planta de tratamiento de agua residual. Cabe mencionar que no se cuenta con formatos para aeropuertos, cereso/tutelar, plazas-parques, subestaciones CFE y ductos. Para identificar cada lugar se asignó una clave con tres letras y numero consecutivo de tres a cuatro dígitos, con el objetivo de identificar los sitios y agruparlos para elaborar la base de datos e identificarlos en el SIG (Tabla 87).

De los datos levantados en las 43 cabeceras municipales, se capturaron 6,988 fichas digitales generando paralelamente 26 bases de datos de cada nivel de información, sumado a esto, se tienen 343 sitios a los cuales no se les generó una ficha, tal es el caso de aeropuertos, plazas ó parques, entre otros, dando un total de 7,331 sitios verificados, de los cuales 6,253 corresponden a peligros sociorganizativos, 714 a peligros químicos y 364 a peligros sanitarios (Tabla 88 y 89). A fin de conocer las peculiaridades de la esta información se sugiere al lector consultar el Anexo I y II, el cual contiene la base de datos y fichas digitales de campo. La importancia de estos formatos se concentra en puntualizar y clasificar que tipo de peligro se encuentra presente en cada sitio levantado y la distancia a la que se encuentra.

## FICHA DE PELIGRO SOCIORGANIZATIVO

### ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

### ESCUELA

| UBICACIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PUNTO DE CONTROL: | ESC4035m | | | | | | | |
| COORDENADAS UTM: | X: | 589322 | | Y: | 2874447 | | | |
| | Z: | 29 | | | | | | |
| CALLE: | Norte Uno y Oriente Uno No. 1201 | | | | | | | |
| COLONIA: | Fraccionamiento Río Bravo | | | | | | | |
| CODIGO POSTAL: | 88900 | | | | | | | |
| LOCALIDAD: | Ciudad Río Bravo | | | | | | | |
| MUNICIPIO: | Río Bravo | | | | | | | |
| ESTADO: | Tamaulipas | | | | | | | |
| VISITADO POR: | Edith Ariet Cardoso Vázquez | | | | | FECHA: Febrero 2009 | | |
| CARACTERÍSTICAS DE LA ESCUELA | | | | | | | | |
| NIVEL DE ESCOLARIDAD: | EDUC. INICIAL | | EDUC. ESPECIAL | | PRE-ESCOLAR | | | |
| | PRIMARIA | X | SECUNDARIA | | PREPARATORIA | | | |
| | BACHILLERATO | | SUPERIOR | | UNIVERSIDAD | | | |
| ESCUELA: | OFICIAL | X | PARTICULAR | | OTRO | | | |
| ZONA ESCOLAR: | 64 | | SECTOR: | | 5 | | | |
| NOMBRE: | Club 20-30 | | | | | | | |
| CLAVE: | 28DPR0826C | | | | | | | |
| TURNO: | MATUTINO | X | VESPERTINO | | NOCTURNO | | | |
| HORARIO: | 08:00 a 13:00 | | | | | | | |
| NOMBRE DIRECTOR (A: | Emma De Leija Quiroz | | | | | | | |
| NUMERO DE POBLACIÓN: | ALUMNOS | 455 | DOCENTES | 13 | ADMON-INTEN | 5 | | |
| POBLACIÓN TOTAL: | 473 Personas | | | | | | | |
| SUPERFICIE m²: | 8,700 | | SUPERF. CONSTRUIDA | | Pendiente | | | |
| NUMERO DE AULAS: | 15 Aulas | | NUMERO DE PISO (S) | | 1 y 2 Planta | | | |
| CUENTA CON: | AUDITORIO | X | SALA USOS MULT. | | CANCHA TECHADA | X | | |
| CAPACIDAD: | 100 Personas | | | | 500 Personas | | | |
| TIPOLOGIA DE VIVIENDA | | | | | | | | |
| TIPO DE MUROS: | CONCRETO | | PIEDRA | | LADRILLO | | | |
| | BLOCK | X | ADOBE | | ACERO | | | |
| TIPO DE TECHO: | RIGIDO/LOSA | X | FLEXIBLE/LAMINA | | ACERO | | | |
| TIPO DE SERVICIOS: | LUZ | X | AGUA | X | DRENAJE | X | | |
| | SANITARIOS | X | COCINA | | ENFERMERIA | | | |
| | CLIMA | X | INTERNET | X | OTRO: | | | |
| NUMERO TELEFONICO: | TEL: 899 934 1827 | | FAX: NO | | OTRO: | | | |
| SERVICIO ADICIONALES: | | | | | | | | |
| TIPO DE PELIGRO PRESENTE | | | | | | | | |
| ESCUELA CERCA DE ALGUN PELIGRO: | GASERA | X | GASOLINERA | X | INDUSTRIA | | | |
| | REFINERIA | | DUCTOS | | TORRES CFE | | | |
| | RÍO/ARROYO | | BARRANCA | | FALLA ACTIVA | | | |
| | SIERRA/CERRO | | TALUD | | MAR | | | |
| DISTANCIA DEL PELIGRO: | Gaseras a 200 metros y Gasolinera 50 metros | | | | | | | |
| ANTECEDENTES DE ALGUN EVENTO REGISTRADO: | INCENDIO | | EXPLOSIÓN | | SISMO | | | |
| | AGLOMERACIÓN | | INUNDACION | X | NINGUNO | | | |
| SEGURIDAD | | | | | | | | |
| FUNC. REFUGIO TEMPORAL | SI | X | NO | | | | | |
| PLAN DE CONTINGENCIA: | SI | X | NO | | | | | |
| MEDIDAS DE SEGURIDAD: | SI | X | NO | | | | | |
| PRIMEROS AUXILIOS: | SI | X | NO | | | | | |
| REALIZAN SIMULACROS: | SI | | NO | X | | | | |
| SALIDAS DE EVACUACIÓN: | SI | X | NO | | SE DIRIGUEN HACIA: | | | |
| COMENTARIOS | | | | | | | | |
| Inundación en Temporada de Lluvias. Antecedentes: Explosión en la Gasolinera. | | | | | | | | |
| Problemas por el tanque elevada, problemas de mosquitos. | | | | | | | | |
| Problema de bandalismo - robo a instalaciones. | | | | | | | | |

### MUNICIPIO RIO BRAVO

**Figura 83.** Ejemplo de uno de los diez formatos utilizados para levantamiento de Peligro Sociorganizativos, en este caso corresponde al formato utilizado para levantamiento de escuelas.

**Tabla 87.** Clasificación de sitios verificados y claves asignadas.

| SOCIORGANIZATIVOS | | | |
|---|---|---|---|
| **Sitio** | **Clave Asignada** | **Sitio** | **Clave Asignada** |
| Aeropuerto-Aeropista | AER001 | Cine | CNE001 |
| Auditorio | AUD001 | DIF | DIF001 |
| Biblioteca | BIB001 y BIT001 | Escuela | ESC001 |
| Bomberos | BOM001 | Hotel | HOT001 |
| Cementerio | CEM001 | Iglesia - Templo | IGL001 |
| Centro Comercial | CTC001 y CCO001 | Museo | MUS001 |
| Centro Deportivo | CDE001 | Oficina de Gobierno | OFG001 |
| Cereso-Tutelar | CER001 y TUT001 | Plaza-Parque | PZA001 y PAR001 |
| CFE | CFE001 | Terminal | TER001 |
| Cine | CNE001 | Zoológico | ZOO001 |
| **QUIMICOS** | | **SANITARIOS** | |
| **Sitio** | **Clave Asignada** | **Sitio** | **Clave Asignada** |
| Ducto | DUC001 | Relleno Sanitario | HOS001 |
| Gasera | GAS001 | Basurero | BAS001 |
| Gasolinera | GSO001 | Relleno Sanitario | RSA001 |
| Industria | IND001 | Tiradero | TIR001 |
| Pemex Tanque (TAD) | TAD001 y TAR001 | Rastro | RAS001 |

**Tabla 88.** Base de datos de los peligros sociorganizativos.

| BASE DE DATOS | | |
|---|---|---|
| **SOCIORGANIZATIVOS** | **FICHA DIGITAL** | **SIN FICHA** |
| Aeropuertos | | 7 |
| Auditorios | 20 | |
| Bibliotecas | 8 | |
| Bomberos | 15 | |
| Cementerios | 87 | |
| Centros Comerciales | 135 | - |
| Centros Deportivos | 239 | |
| Ceresos y Tutelares | | 6 |
| CFE | | 19 |
| Cines | 8 | |

| | | |
|---|---|---|
| DIF | 69 | |
| Escuela s | 2885 | |
| Hoteles | 217 | |
| Iglesias | 2038 | |
| Museos | 8 | |
| Oficinas de Gobierno | 207 | |
| Plazas | | 249 |
| Terminales | 36 | |
| SUBTOTAL | 5972 | 281 |
| TOTAL | | 6253 |

**Tabla 89.** Base de datos de los Sanitarios y Químicos.

| BASE DE DATOS | | | BASE DE DATOS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **SANITARIOS** | **FICHA DIGITAL** | **SIN FICHA** | **QUIMICOS** | **FICHA DIGITAL** | **SIN FICHA** |
| Hospitales | 313 | | Ducto | | 68 |
| Basureros | 18 | | Gaseras | 93 | |
| Rellenos Sanitarios | 4 | | Gasolineras | 331 | |
| Tiraderos | | 9 | Industrias | 217 | |
| Rastros | 20 | | Pemex | 5 | |
| SUBTOTAL | 355 | 9 | SUBTOTAL | 646 | 68 |
| TOTAL | 364 | | TOTAL | 714 | |

## *A. Simulación de explosión de gaseras y gasolineras.*

A continuación se describe la metodología utilizada para la simulación de explosiones en gaseras y gasolineras, cabe mencionar que los datos parten de una verificación exhaustiva de este tipo de instalaciones en el Estado. A fin de consultar las particularidades de las instalaciones simuladas, se recomienda al lector consultar el Anexo I, incluido en este informe.

El programa SCRI Fuego (SCRI: Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias) se utilizó para efectuar la simulación en computadora de modelos de análisis de consecuencias por fuego y explosiones, ya que proporciona la distancia de los radios de afectación para tres niveles de radiación térmica, más uno adicional que aplica en el caso de gaseras.

Existen diferentes tipos de fuego en función de la substancia involucrada, en este caso se realiza el análisis únicamente para tres substancias: gas licuado de petróleo (gas LP.), gasolina y diesel, llevando a cabo u análisis de dos tipos:

a) **BLEVE** “Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion” (Expansión Explosiva del Vapor de un Líquido en Ebullición), se trata de un tipo de explosión mecánica de un recipiente a presión en el que ocurre un escape súbito a la atmósfera de una gran masa de líquido o gas licuado, a presión sobrecalentados por rotura del recipiente o de alguna válvula de seguridad. Este tipo de simulación se utiliza para gas licuado de petróleo.

b) Fuego en Pool Fire, “Fuego en Derrames de Combustible”, su principal afectación es por radiación térmica y se suscita cuando hay un factor que provoca una chispa y a su vez la ignición del combustible, que para este caso se trata de la gasolina y el diesel.

A partir de información de los levantamientos de campo se obtuvo información diversa acerca de los establecimientos de venta y almacenamiento de combustibles (gasolina, diesel y gas L.P.), tales como ubicación geográfica, productos y volumen que manejan de cada sustancia en tanques de almacenamiento, así como a grandes rasgos la afectación que estos representan para algunos sitios.

En todo el Estado se realizó un levantamiento de 93 gaseras y 331 gasolineras, éstas concentradas sólo en los principales centros de población (cabeceras municipales). Se tomaron en cuenta datos como la capacidad de almacenamiento de los tanques de gas convertido a kilogramos, el tamaño de las trincheras de seguridad en el caso de las gasolineras, especificaciones de construcción referentes a la dimensión de los tanques de almacenamiento, entre otros.

El programa de simulación se alimenta con datos como: nombre del punto, coordenadas, número y volumen de tanques de almacenamiento, dimensiones de la trinchera, promedio de la dirección y velocidad del viento, humedad relativa, temperatura ambiental, entre otros, de los parámetros que muestra como opciones múltiples el mismo programa, se consideraron los máximos o los más altos, dando resultados en función del tipo de fuego, es decir, cuatro radios para el tipo BLEVE (bola de fuego, peligro alto, peligro medio y peligro bajo), así como tres radios para el tipo Pool Fire (peligro alto, peligro medio y peligro bajo). Cabe mencionar que la base de datos generada con el programa se puede consultar desde el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Con la identificación de peligro por explosividad en cada una de las estaciones de servicio (gas L.P. y gasolina) fue posible realizar en el SIG Arc Map los diferentes escenarios de riesgo con el fin de cuantificar los posibles daños materiales y humanos, para ello se integró el nivel de información de población y vivienda a nivel manzana que contienen las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB’s), INEGI 2005. Se invita al lector a consultar el Sistema de Información Geográfica (SIG) a fin de informarse con mayor detalle sobre las diferentes zonas de afectación, grado de exposición y vulnerabilidad de la población así como las características que tiene cada uno de los establecimientos para los que se realizó la simulación.

En la Figura 85 se presenta un diagrama de flujo que sintetiza la metodología descrita para la simulación de explosiones en gaseras y gasolineras.

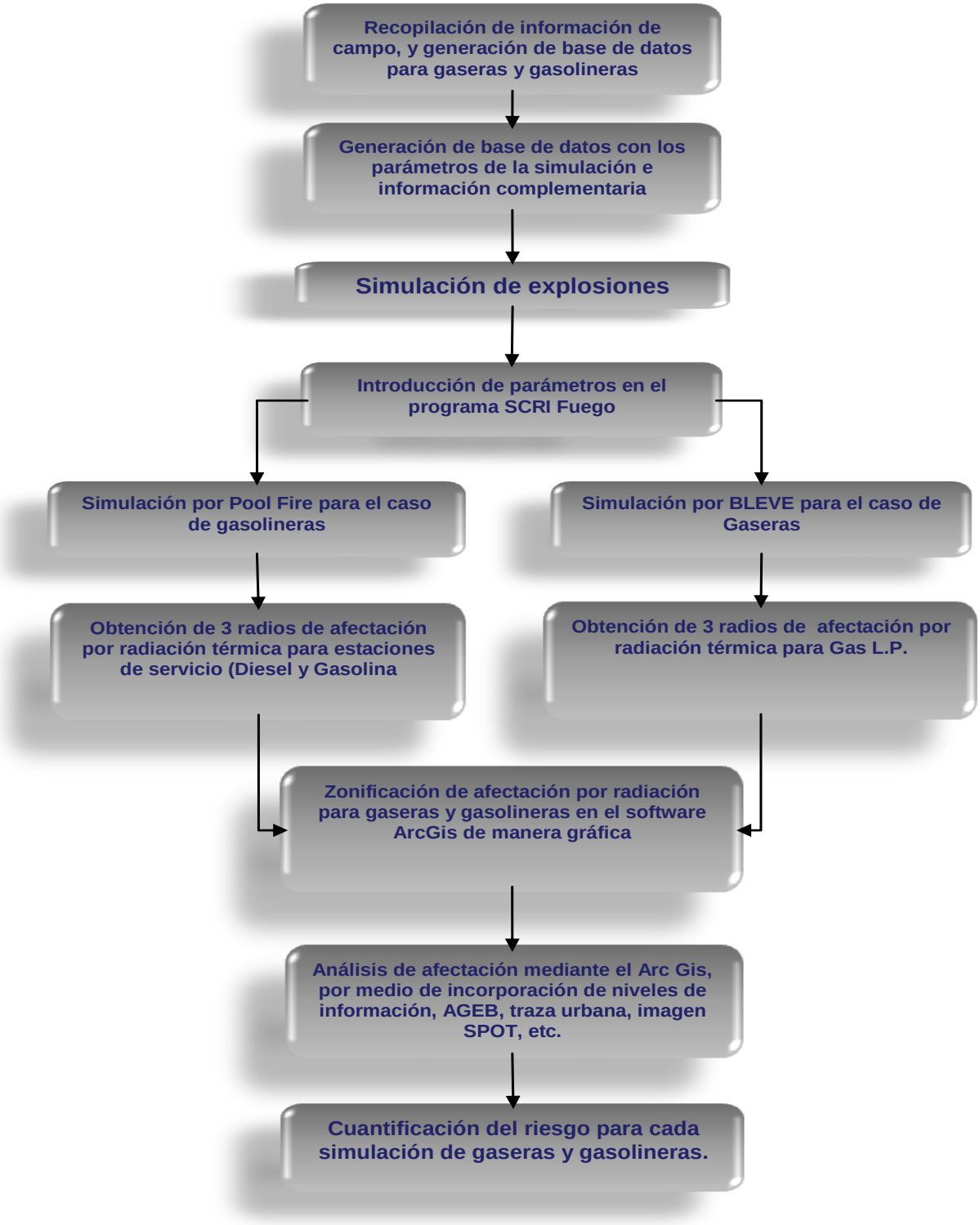



**Figura 84.** Esquema del procedimiento para elaboración de simulación por explosión de gaseras y gasolineras.

# 2. Sociorganizativos

## *A. Peligro Sociorganizativos*

Los Peligros Sociorganizativos corresponden a aquellos **sitios** públicos o privados que brindan o prestan un servicio a la población, en consecuencia generan concentración masiva de personas, dando como resultado áreas vulnerables ante una serie de peligros naturales y antropogénicos. En este apartado se describe un análisis estadístico de los sitios que están expuestos a los diferentes abordados en el Atlas de Riego, La ubicación física de estos en las 43 cabeceras municipales, dieron como resultado una verificación a través del llenado de fichas, de la siguiente infraestructura: aeropuertos-aeropistas, auditorios, bibliotecas municipales, delegaciones de bomberos, cementerios, centros comerciales, centros deportivos, centro de rehabilitación social, subestaciones eléctricas, escuelas, hoteles, iglesias-templos, museos, oficinas de gobierno, plazas-parques y terminales, dando un total de 6263 sitios verificados (Tabla 90).

**Tabla 90.** Tipo y número de sitios verificados en 43 cabeceras municipales.

| TIPO DE SITIOS VERIFICADOS | NUMERO DE SITIOS VERIFICADO |
|---|---|
| Escuela | 2885 |
| Iglesia | 2038 |
| Centro Comercial | 135 |
| Centro Deportivo | 239 |
| Oficina de Gobierno | 207 |
| Hotel | 220 |
| Plaza | 249 |
| Cementerio | 87 |
| DIF | 69 |
| Terminal | 36 |
| Auditorio | 29 |
| CFE | 18 |
| Bomberos | 15 |
| Biblioteca | 7 |
| Museo | 8 |
| Cine | 8 |
| Aeropuertos | 7 |
| Cereso - Tutelar | 6 |
| **TOTAL** | **6263** |

Para identificar cada uno de los sitios se utilizaron claves únicas denominadas punto de control, las cuales compuestas por tres letras (abreviación del cada sitio), seguida de cuatro dígitos p. ej. ESC3000, estas claves se distinguen entre sí por sus primeras siglas y son agrupadas en cada rubro. Para el caso especifico de las escuelas que cuentan con variables, como turnos y niveles de educación dentro de una misma edificación, se conservo la misma numeración y se le asigno una letra adicional según sea el caso: por ejemplo ESC3000m, matutino (m), vespertino (v), preescolar (J), primaria (P), secundaria (S), preparatoria (PR), para mayor detalle consultar el apartado de metodología y Anexo II de fichas digitales.

A partir de los datos recabados en campo, se elaboraron fichas digitales en formato EXCEL, para cada sitio se obtuvo información y se capturo en formatos que contiene datos de la ubicación en coordenadas en UTM (datum interfase 92 - WGS84), dirección, datos propios de cada lugar, número de

personas, horarios, tipología de vivienda, tipo de peligro presente o cercano al sitio, entre otros (Figura 86). De los datos obtenidos se elaboro una base de datos para cada rubro con todos los campos antes mencionados.

La cantidad de sitios verificados en las cabeceras municipales se distribuyen de acuerdo a la Tabla 91. Destacando las principales ciudades con mayor cantidad de sitios censados: Reynosa, Matamoros, Ciudad Victoria, Tampico, Ciudad Madero y Nuevo Laredo, en menor proporción las comunidades Gómez Farías, Casas, Méndez, Palmillas, San Carlos, San Nicolás y Villagrán.

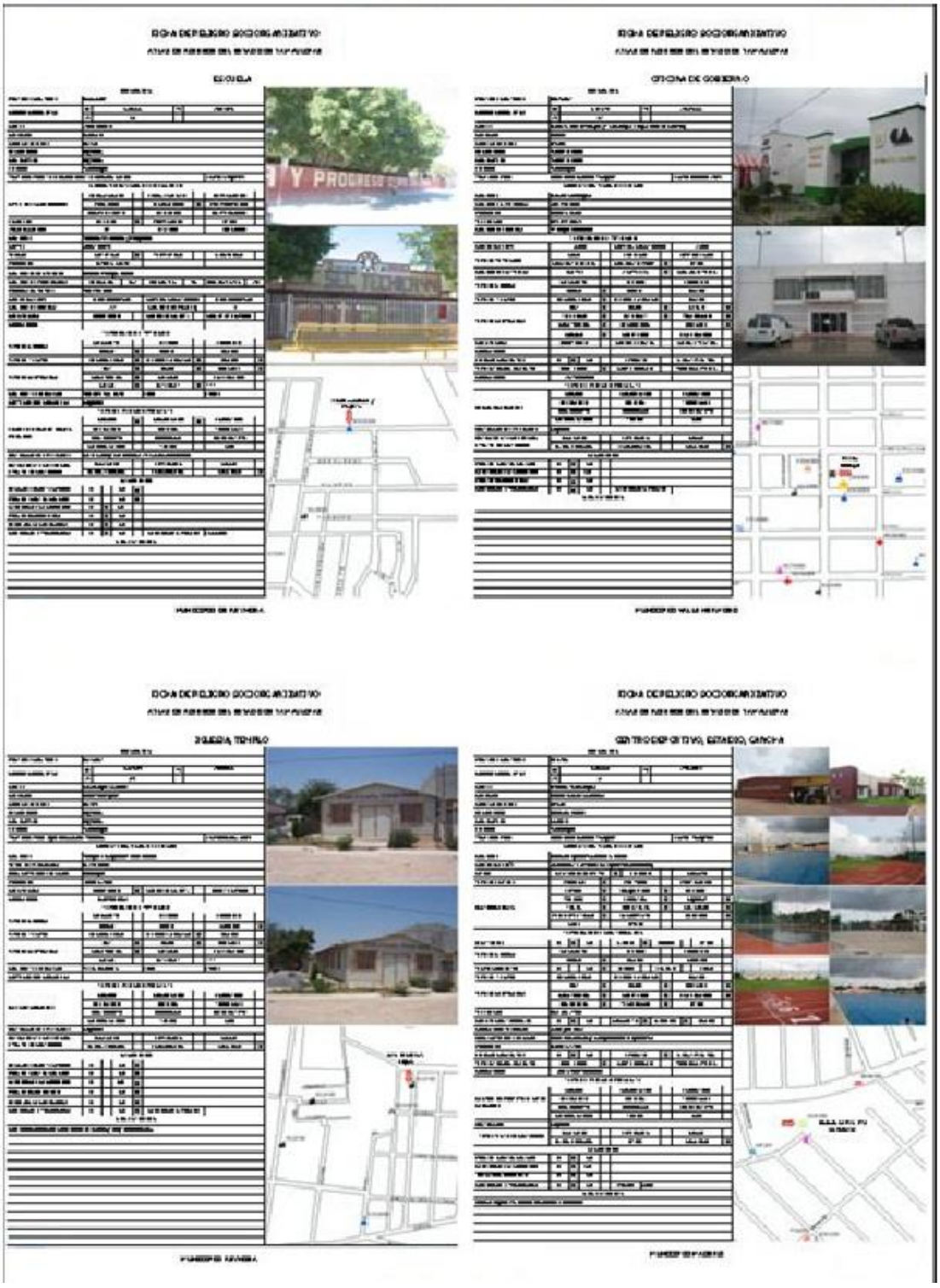


**Figura 85.** Fichas utilizadas durante la verificación de escuelas, oficinas de gobierno, iglesias y centros deportivos.

**Tabla 91.** Distribución de todos los sitios sociorganizativos verificados en las 43 cabeceras municipales del Estado de Tamaulipas.

| Cabeceras Municipales | AER | AUD | BIB | BOM | CEM | CTC | CDE | CER | CFE | CIN | DIF | ESC | HOT | IGL | MUS | OFG | PZA | TER | Numero Sitios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Abasolo | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 13 | 2 | 7 | 0 | 5 | 3 | 1 | 37 |
| Aldama | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 17 | 0 | 9 | 0 | 1 | 2 | 0 | 34 |
| Altamira | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 3 | 129 | 1 | 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 235 |
| Antiguo Morelos | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 10 |
| Burgos | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 5 | 0 | 1 |  | 0 | 16 |
| Bustamante | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 12 |
| Camargo | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 17 | 0 | 10 | 0 | 4 | 3 | 0 | 38 |
| Casas | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| Cruillas | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 14 |
| Gómez Farías | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 2 | 0 | 7 | 0 | 0 | 16 |
| González | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 2 | 12 | 0 | 1 | 0 | 1 | 36 |
| Guémez | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 3 | 1 | 0 | 17 |
| Guerrero | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 5 | 0 | 9 | 0 | 1 | 5 | 0 | 27 |
| Gustavo Díaz Ordaz | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 19 | 2 | 19 | 0 | 3 | 2 | 0 | 51 |
| Hidalgo | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 0 | 5 | 0 | 5 | 3 | 1 | 26 |
| Juamave | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 11 | 1 | 7 | 0 | 2 | 0 | 1 | 27 |
| Jiménez | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 0 | 6 | 1 | 4 | 1 | 1 | 28 |
| Llera | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 10 | 8 | 1 | 9 | 0 | 4 | 0 | 0 | 35 |
| Madero | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 26 | 0 | 1 | 0 | 0 | 216 | 28 | 87 | 0 | 5 | 20 | 1 | 395 |
| Mainero | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 5 | 0 | 4 | 0 | 8 | 1 | 0 | 22 |
| Mante | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 7 | 1 | 1 | 0 | 1 | 104 | 7 | 35 | 0 | 3 | 0 | 3 | 175 |
| Matamoros | 1 | 2 | 0 | 1 | 13 | 17 | 39 | 1 | 3 | 1 | 10 | 396 | 16 | 469 | 2 | 6 | 35 | 1 | 1013 |
| Méndez | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 14 |
| Mier | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 8 | 1 | 8 | 0 | 4 | 3 | 1 | 29 |
| Miguel Alemán | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 37 | 6 | 22 | 0 | 6 | 6 | 1 | 97 |
| Miquihuana | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 14 |
| Nuevo Laredo | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 | 5 | 23 | 2 | 4 | 1 | 2 | 365 | 10 | 272 | 0 | 6 | 45 | 5 | 751 |
| Nuevo Morelos | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 14 |
| Ocampo | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 2 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 26 |
| Padilla | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 0 | 9 | 0 | 2 | 1 | 0 | 22 |
| Palmillas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 |
| Reynosa | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 | 22 | 22 | 0 | 3 | 4 | 6 | 525 | 31 | 451 | 1 | 22 | 67 | 3 | 1170 |
| Rio Bravo | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 9 | 16 | 0 | 1 | 1 | 4 | 117 | 6 | 132 | 0 | 3 | 16 | 1 | 311 |
| San Carlos | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 1 | 3 | 0 | 11 |
| San Fernando | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 | 4 | 5 | 0 | 1 | 0 | 3 | 46 | 9 | 54 | 0 | 7 | 8 | 4 | 148 |
| San Nicolás | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 11 |
| Soto La Marina | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 11 | 11 | 0 | 8 | 0 | 2 | 54 |
| Tampico | 1 | 3 | 0 | 2 | 4 | 32 | 45 | 0 | 0 | 0 | 4 | 304 | 41 | 111 | 1 | 11 | 10 | 3 | 572 |
| Tula | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 16 | 3 | 7 | 0 | 1 | 0 | 1 | 31 |
| Valle Hermoso | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 4 | 10 | 0 | 0 | 1 | 3 | 78 | 7 | 62 | 0 | 7 | 5 | 1 | 184 |
| Victoria | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 15 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 287 | 23 | 74 | 1 | 50 | 0 | 1 | 464 |
| Villagrán | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 4 | 0 | 2 | 2 | 1 | 17 |
| Xicoténcatl | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 22 | 6 | 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 42 |
| Total de sitios en 43 Ciudades | 7 | 29 | 7 | 15 | 87 | 135 | 239 | 6 | 18 | 8 | 69 | 2885 | 220 | 2038 | 8 | 207 | 249 | 36 | 6263 |

AER. Aeropuerto, AUD. Auditorio, BIB. Biblioteca, CEM. Cementerio, CTC. Centro comercial, CDE. Centro Deportivo, CER. Cereso, CFE. Comisión Federal de Electricidad, CIN. Cine, DIF. Desarrollo Integral de la Familia, ESC. Escuela, HOT. Hotel, IGL. Iglesia MUS. Museo, OFG. Oficina de Gobierno, PZA. Plaza, TER. Terminal.

## B. Sociorganizativos en peligros naturales y antropogénicos

Para describir los sitios sociorganizativos ubicados en zonas de peligro, fue necesaria la zonificación por cada eje temático involucrado en el presente Atlas, es decir, para el caso de hidrometeorológicos se agruparon en función del tipo de inundación (encharcamiento, escurrimiento, desbordamiento y acumulación). En el caso de antropogénicos se considero únicamente el peligro químico, en este caso asociado a estaciones de servicio (gaseras y gasolineras) y ductos de Pemex. Para los fenómenos geológicos se concentraron en: caída de bloques, flujos de lodo y deslizamiento. En este apartado se encontrara una breve descripción de los sitios expuestos a los efectos de cada fenómeno, en caso de requerir un mayor nivel de detalle, se recomienda consultar los apartados correspondiente, tanto en texto como en el Sistema de Información Geográfica V.

La descripción de peligro sociorganizativo se baso un análisis estadístico dentro de un marco descriptivo y cuantitativo, apoyado en datos obtenidos a partir de una zonificación (de cada tipo de peligro), contra el censo de infraestructura expuesta, dando como resultado el número de sitios que pueden ser afectados en función del tipo de peligro. Cabe mencionar que respecto a los sitios verificados, en este apartado únicamente se considera el nivel de peligro, sin considerar el nivel de riesgo ya que se desconoce el costo de los sitios censados.

Considerando la complejidad que se tiene para describir los 6263 sitios verificados, se citan de manera general como servicios básicos que tienen una alta densidad demográfica dentro de una ciudad y/o localidad, distribuida con horarios fijos y que pueden ser más vulnerables ante los peligros. De acuerdo a la Tabla 91, se tomaran en cuenta los siguientes sitios: Escuela, Iglesias, Centros Comerciales, Centros deportivos, Oficinas de Gobierno y Hoteles.

## C. Sociorganizativos cerca de peligro por inundación

En la Tabla 92 se hace referencia al número de sitios en peligro por inundación, cabe mencionar que el detalle de los mismos se podrá consultar en el apartado V, correspondiente a Riesgo Hidrometereorológico.

**Tabla 92.** Sitios en zonas de peligro por inundación.

| TIPO DE SITIO | SITIOS VERIFICADOS | NUMERO DE SITIOS EN PELIGRO POR INUNDACIÓN |
|---|---|---|
| Escuelas | 2885 | 607 |
| Iglesias | 2038 | 423 |
| Centros Comerciales | 135 | 37 |
| Centros Deportivos | 239 | 53 |
| Oficinas de Gobierno | 207 | 34 |
| Hoteles | 220 | 44 |

De las siete ciudades más grandes del Estado, cinco de ellas presentan una mayor problemática por peligro de inundación: Reynosa, Matamoros, Victoria, Tampico y Ciudad Madero. De acuerdo a los sitios verificados en campo, se observa que Matamoros ocupa el primer lugar del número de escuelas ubicadas en zonas de inundación, caso contrario resulta Ciudad Madero, con un número menor de escuelas ubicadas en zonas de inundación (Tabla 93).

**Tabla 93.** Cantidad de escuelas ubicadas en zonas de peligro por inundación.

| CIUDAD | TOTAL ESCUELAS VERIFICADAS | ESCUELAS EN PELIGRO INUNDACION | PORCENTAJE A NIVEL CIUDAD% |
|---|---|---|---|
| Reynosa | 525 | 83 | 16 |
| Matamoros | 395 | 150 | 38 |
| Tampico | 304 | 91 | 30 |
| Victoria | 287 | 107 | 37 |
| Madero | 216 | 67 | 31 |

En la Tabla 94 se cita, de entre el número de sitios verificados, la cantidad de sitios que se ubica en zona de peligro por inundación, tal es el caso de iglesias, centros comerciales, centros deportivos, oficinas de gobierno y hoteles.

**Tabla 94.** Sitios ubicados en zonas de peligro por inundación.

| CIUDAD | IGLESIAS | CENTROS COMERCIALES | CENTROS DEPORTIVOS | OFICINA GOBIERNO | HOTELES |
|---|---|---|---|---|---|
| Reynosa | 86 | 0 | 3 | 3 | 1 |
| Matamoros | 149 | 10 | 11 | 2 | 6 |
| Tampico | 41 | 10 | 13 | 2 | 12 |
| Victoria | 24 | 12 | 3 | 14 | 7 |
| Madero | 28 | 0 | 12 | 0 | 12 |

## *D. Sociorganizativos cercanos a peligros químicos*

A continuación se citan ejemplos puntuales de sitios cercanos a zona de peligro químico. Cabe mencionar que a fin de conocer las características de los sitios censados, así como las diferentes zonas de peligro en función del tipo de fenómeno, se recomienda al usuario consultar el Sistema de Información Geográfica.

De un total de 2,885 escuelas verificadas, seis de ellas, ubicadas en los Municipios de Matamoros, Mier, Reynosa y Tampico, se encuentran dentro de los radios de afectación por radiación térmica de gasolineras. La escuela Enrique de Osso A.C. (ESC6118J) localizada en el centro de Reynosa, ofrece servicio a nivel preescolar y primaria con 100 personas, está situada dentro del área de radiación térmica y a una distancia de 10 metros de la estación de servicio (GSO6027) no. 8207, con nombre comercial Corporativo Multiservicios Nacionales S.A. de C.V. (Tabla 95).

Dentro de las zonas de peligro por explosión en gasolineras del Estado, de los hoteles verificados sólo uno se localiza dentro de su radio de influencia, se trata del hotel Miramar, ubicado en Ciudad Madero. En este caso, para los sitios clasificados como iglesias, centros comerciales, centros deportivos y oficinas de gobierno, no se encuentran en áreas de afectación por gasolineras.

A continuación se hace referencia a las escuelas ubicadas dentro del área de afectación por explosión en gasolineras, cabe mencionar que del total de escuelas verificadas, sólo seis se localizan dentro del área de influencia por explosión en gasolineras.

**Tabla 95.** Escuelas ubicadas dentro del área de explosión de gasolineras.

| NOMBRE ESCUELA | CIUDAD | NIVEL EDUCATIVO | TIPO | TURNO | NUMERO PERSONAS | DISTANCIA (metros) | GASOLINERA (Estación de Servicio)-(Punto de Control). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Colegio Tecnológico Decroly (ESC190) | Tampico | Bachillerato | Particular | Matutino y Vespertino | 108 | 16 | Unión de Gasolineras del Sur de Tamaulipas (ES2343)-(GSO105) |
| Jardín de Niños Francisco Ramírez Canales (ESC6016) | Mier | Preescolar | Oficial | Matutino | 120 | 35 | Combustibles del Noreste (ES4998)-(GSO6004) |
| Enrique de Osso A.C. (ESC6118 | Reynosa | Preescolar y Primaria | Particular | Matutino y Vespertino | 47 | 35 | Corporativo de Multiservicio Nacionales S.A. de C.V. (ES 82207)-(GSO6027) |
| Universidad Interamericana del Norte (ESC6193) | Reynosa | Superior | Particular | Matutino | 55 | 10 | ISV (ES3438)-(GSO6055) |
| Ixtacxochitl (ESC8049) | Matamoros | Preescolar | Oficial | Matutino y Vespertino | 193 | 20 | Autoservicio Matamoros (ES2081)-(GSO8005) |
| Félix de Jesús Rougier (ESC825) | Tampico | Preescolar, Primaria, Secundaria y Preparatoria | Particular | Matutino | 564 | 20 | Centro de Combustibles y Lubricantes (ES3897)-(GSO0800) |

En el Estado se verificaron un total de 93 gaseras, de las cuales 26 representan peligro para sitios diversos, tal es el caso de iglesias, centros comerciales, hoteles y oficias de gobierno, estos ubicados en los Municipios Reynosa, Heroica Matamoros, Ciudad Victoria, Valle Hermoso, San Fernando, Río Bravo, El Mante, Nuevo Laredo, Miguel Alemán, Altamira, Burgos, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Soto La Marina, Cruillas, Hidalgo, Jiménez, Padilla, Villagrán (Figura 87).

Otros sitios que se encuentran dentro del radio de influencia de peligro por radiación térmica son los que se describen en la Tabla 96.

**Tabla 96.** Sitios en peligro por estación de gaseras.

| TIPO DE SITIO | MUNICIPIOS | TOTAL SITIOS VERIFICADOS | SITIOS EN ZONA DE PELIGRO |
|---|---|---|---|
| Escuelas | 19 | 2885 | 189 |
| Iglesias | 13 | 2031 | 120 |
| Centros Comerciales | 7 | 135 | 20 |
| Centros Deportivos | 10 | 239 | 16 |
| Oficinas de Gobierno | 8 | 207 | 14 |
| Hoteles | 9 | 220 | 17 |

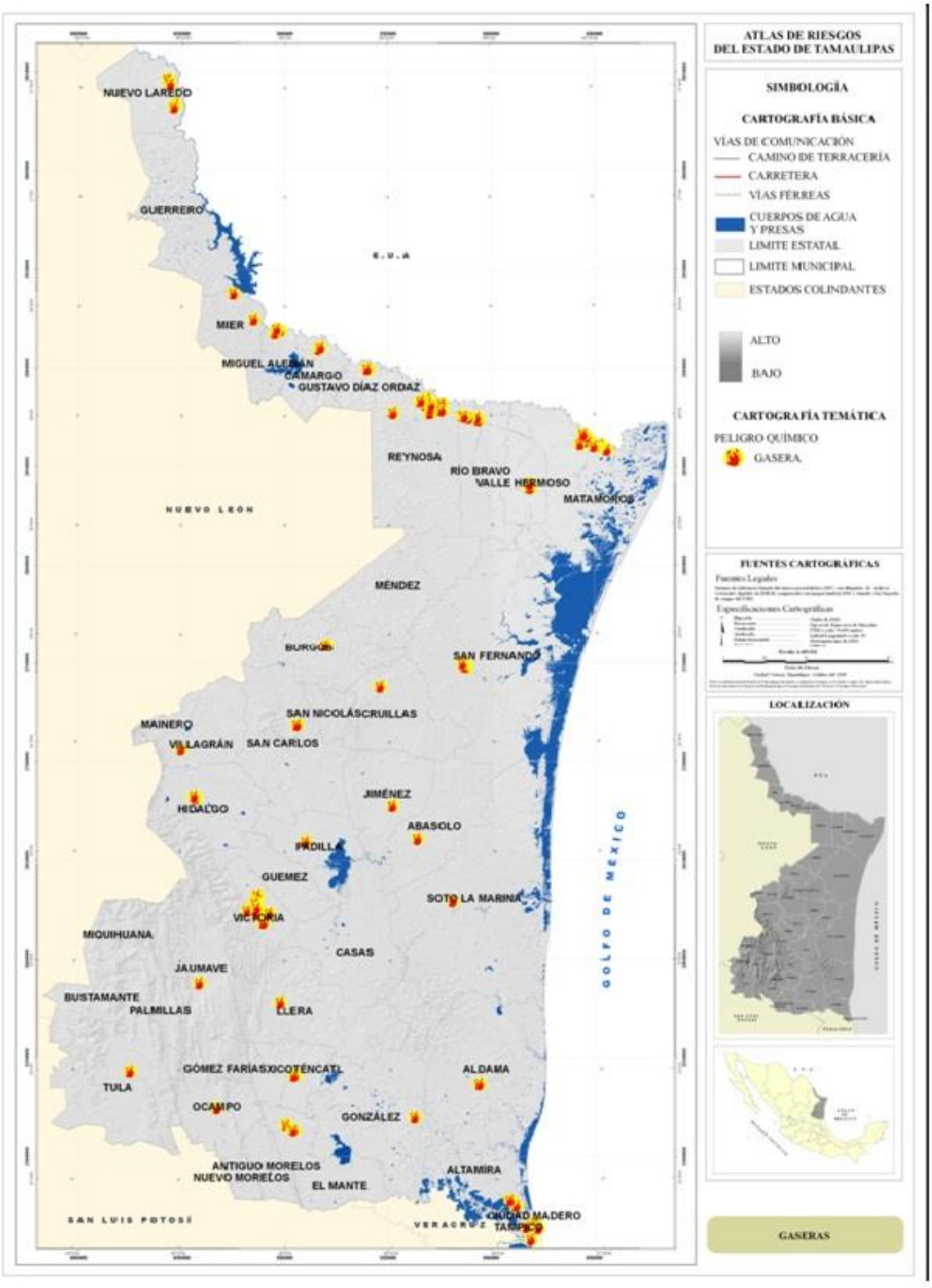



**Figura 86.** Distribución de gaseras verificadas.

Reynosa es la ciudad que presenta un mayor número de sitios públicos que se encuentran en peligro por explosión de gaseras. En la Figura 88 se muestra tres gaseras de las compañías Carbugas de Reynosa (GAS8001), Gas de Carburación (GAS6016) y Gas del Norte de Tamaulipas S.A. de C.V. (GAS6037), ubicadas en la colonia San Antonio, en la cual su zona de peligro cubre la ubicación de 14 instituciones educativas, seis iglesias y dos hoteles. Para ver mayor detalle de estos sitios consulte la base de datos y el SIG.

Los sitios que se ubican dentro de la zona de peligro por ductos se describen en la siguiente Tabla.

**Tabla 97.** Sitios ubicados dentro de la zona de peligro por ductos en el Estado de Tamaulipas.

| MUNICIPIOS | ESCUELAS | IGLESIAS | CENTROS COMERCIALES | CENTROS DEPORTIVOS | OFICINAS GOBIERNO | HOTELES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Reynosa | 26 | 16 | 0 | 3 | 1 | 1 |
| Altamira | 22 | 11 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Ciudad Victoria | 10 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Madero | 14 | 14 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| Río Bravo | 8 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Nuevo Laredo | 8 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Miguel Alemán | 7 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 |
| González | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Matamoros | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| San Fernando | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tampico | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Gustavo Díaz Ordaz | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Otros sitios importantes que contienen menor cantidad de población y se encuentran ubicados en zonas de peligro se describen a continuación (Tabla 98).

**Tabla 98.** Otros sitios ubicados en zonas de peligros naturales y antropogénicos.

| TIPO DE SITIO | PELIGRO POR INUNDACIÓN | PELIGRO POR GASERAS | PELIGRO POR GASOLINERA | PELIGRO POR DUCTO |
|---|---|---|---|---|
| Biblioteca | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Museo | 2 | 0 | 0 | 0 |
| DIF | 21 | 4 | 0 | 2 |
| Aeropuertos | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Terminal | 8 | 3 | 0 | 0 |
| CFE | 3 | 1 | 0 | 0 |
| Bomberos | 3 | 4 | 0 | 1 |
| Cereso – Tutelar | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Cine | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Auditorio | 6 | 0 | 0 | 1 |
| Plaza | 50 | 16 | 1 | 7 |
| Cementerio | 18 | 7 | 0 | 6 |

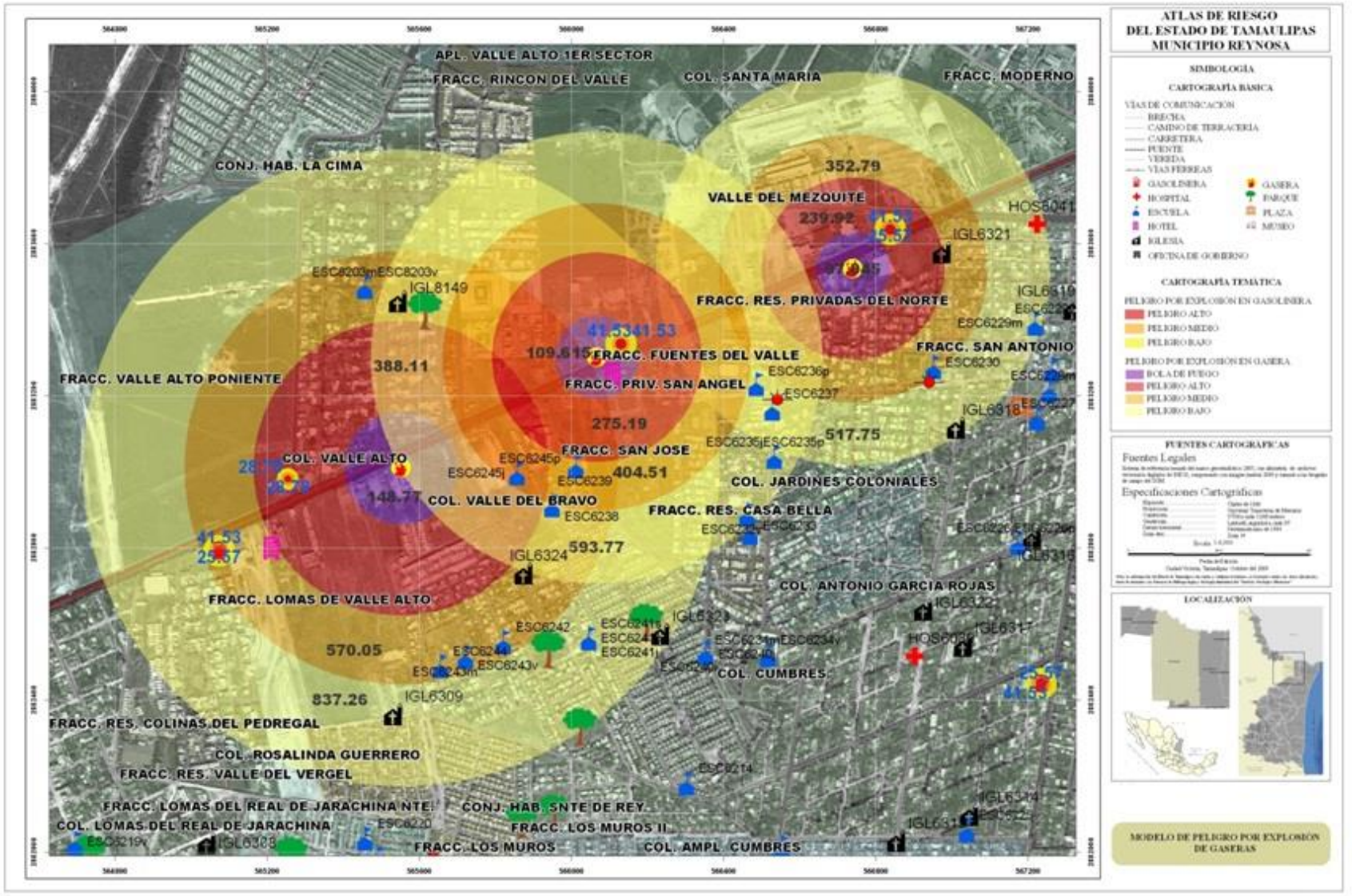



**Figura 87.** La simulación por explosión de gaseras muestra como su radiación termina puede llegar a afectar varios sitios públicos.

### *E. Sociorganizativos cerca de peligro geológico*

En zonas de peligro por deslizamientos, caída de bloques y flujos de lodo, se ubican 21 escuelas y 10 iglesias, además dos cementerios, seis escuelas y una iglesia, plaza y gasolinera, se encuentran en peligro por fallas y fracturas. Para mayor descripción consultar el capítulo de peligros geológicos.

## 3. Químicos

A continuación se hace una descripción breve de los peligros relacionados con substancias químicas, en este caso gaseras, gasolineras, ductos e industrias, abordando sus principales características, así como sus posibles zonas y grados de afectación, el número de personas expuestas y en algunos casos estableciendo el riesgo al que están sujetos tanto la población como diversos bienes materiales.

En el caso de un incendio relacionado a una gasera o una gasolinera, la radiación térmica puede afectar adversamente a instalaciones y personas, éstas últimas pueden sufrir quemaduras de diversos grados e incluso la muerte si los valores de intensidad de la radiación y el tiempo de exposición son altos. Los efectos de la radiación térmica se describen brevemente en la Tabla 99.

A consecuencia de las explosiones, las personas pueden sufrir de forma directa diversos daños, que van desde la ruptura de tímpano a la muerte por hemorragia pulmonar o por proyección del cuerpo. Los daños indirectos incluyen heridas por fragmentos de cristal y proyectiles, así como muerte provocada por colapso de edificios y estructuras. (Bossi, et al, 2000). Se incluye la siguiente (Tabla 99) con el fin de tener una idea de los daños que pueden tener los seres vivos, así como la infraestructura a causa de la radiación térmica.

**Tabla 99.** Efectos de la radiación térmica.

| RADIACIÓN TÉRMICA (kW/m$^2$) | EFECTO |
|---|---|
| 1.4 | Se considera inofensivo para personas sin protección especial |
| 1.7 | Mínimo necesario para causar dolor |
| 2.1 | Mínimo necesario para causar dolor después de 60 segundos |
| 4 | Suficiente para causar dolor con una exposición de 20 segundos (quemaduras de primer grado) |
| 4.7 | Causa dolor en 15 - 20 seg. y heridas después de 30 segundos |
| 11.7 | El acero delgado (parcialmente aislado) puede perder su integridad mecánica |
| 12.6 | La madera puede alcanzar el punto de ignición después de una larga exposición; 100% de letalidad |
| 25 | El acero delgado (aislado) puede perder su integridad mecánica |
| 37.5 | Suficiente para causar daños a equipos de proceso y colapso de estructuras. |

Por lo anterior destaca la importancia de conocer áreas de afectación por radiación térmica, esto en los establecimientos que manejan sustancias químicas involucradas en este Atlas de Riesgo. A fin de

delimitar las áreas de afectación y en función de la metodología previamente descrita, se utilizó un programa de cómputo especializado. Cabe mencionar que las simulaciones de explosión utilizando paquetería especializada fueron en gaseras y gasolineras ubicadas en los 43 Municipios de Estado. De forma adicional resulta importante tomar en cuenta que existen zonas que no cuentan con este tipo de instalaciones, de ahí la necesidad de conocer sus posibles efectos y que en su momento se consideren para seleccionar la ubicación de los sitios.

### *A. Gaseras*

Para el desarrollo de este trabajo se verificaron 93 gaseras distribuidas en gran parte de las cabeceras municipales del Estado (Tabla 100). Existe una concentración mayor de estaciones en ciudades con mayor número de habitantes, tal es el caso de Ciudad Victoria, El Mante, Matamoros, Nuevo Laredo, Reynosa, San Fernando y Río Bravo.

Es importante recordar al lector que la simulación efectuada toma en cuenta las condiciones extremas, es decir el escenario con características que mayor afectación generaría, por lo que fueron tomadas en cuenta varias características especiales, tal es el caso de volúmenes máximos de tanques, entre otras. Para consultar a detalle los datos tomados al momento de verificar las instalaciones se recomienda consultar el Anexo II, incluido el informe.

**Tabla 100.** Estaciones de servicio para venta de gas LP. (gas licuado de petróleo).

| MUNICIPIO | CANTIDAD DE GASERAS | MUNICIPIO | CANTIDAD DE GASERAS |
|---|---|---|---|
| Abasolo | 1 | Matamoros | 8 |
| Aldama | 1 | Mier | 1 |
| Altamira | 2 | Miguel Alemán | 3 |
| Burgos | 2 | Nuevo Laredo | 5 |
| Camargo | 2 | Ocampo | 1 |
| Ciudad Madero | 3 | Padilla | 1 |
| Ciudad Victoria | 8 | Reynosa | 16 |
| Cruillas | 1 | Río Bravo | 6 |
| El Mante | 5 | San Carlos | 1 |
| González | 1 | San Fernando | 5 |
| Guerrero | 1 | Soto La Marina | 1 |
| Gustavo Díaz Ordaz | 2 | Tampico | 2 |
| Hidalgo | 2 | Tula | 1 |
| Jaumave | 1 | Valle Hermoso | 4 |
| Jiménez | 1 | Villagrán | 1 |
| Llera de Canales | 2 | Xicoténcatl | 2 |
| | | Total | 93 |

La importancia de incluir el análisis de gaseras dentro del Atlas de Riesgos radica en la afectación que podrían causar a la población aledaña, así como a infraestructura que la rodea. Si bien este tipo de instalaciones generalmente se ubican fuera de la traza urbana, manteniendo una distancia considerada como zona de amortiguamiento, en la actualidad y dada una deficiente planeación urbana en muchas ciudades, las instalaciones quedan contiguas a zonas habitacionales y/o cerca de centros de concentración masiva de personas.

**Tabla 101.** Cabeceras municipales que no cuentan con gaseras.

| MUNICIPIOS | | |
|---|---|---|
| Antiguo Morelos | Guémez | Nuevo Morelos |
| Bustamante | Mainero | Palmillas |
| Casas | Méndez | San Nicolás |
| Gómez Farías | Miquihuana | |

Se recomienda al lector consultar el Anexo II, en este apartado encontrará la información recabada en las fichas de campo, tal es el caso de: localización, nombre comercial de las gaseras, cantidad y volumen de tanques de almacenamiento, posibles sitios a afectar en caso de explosión, peligros que pudiesen afectar a la gasolinera, entre otros (Figura 89). Asimismo, se pueden consultar en el SIG Anexo V, así como en los Atlas Municipales que fueron desarrollados en forma paralela al Atlas Estatal.

El área de afectación varía respecto a diversos factores, cantidad de combustible, aspectos ambientales, reacción de los cuerpos de rescate, medidas de seguridad, rugosidad del terreno, qué obstáculos pueda tener el fuego, entre otros.

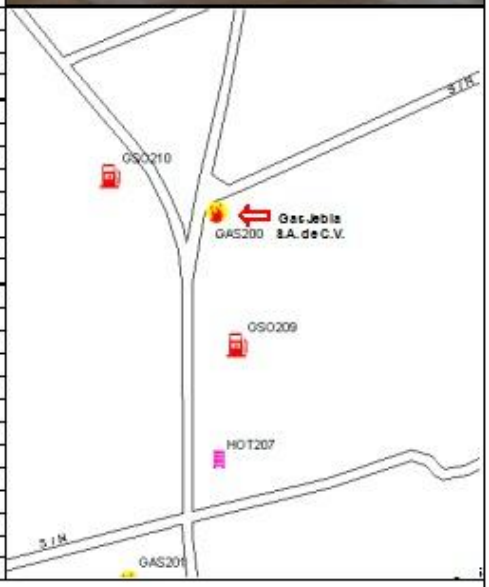
En algunos casos la probabilidad de afectación de las gaseras hacia la población es mayor, debido a que dentro de su zona de influencia se encuentran instalaciones que manejan sustancias químicas peligrosas, incluso otras gaseras, lo cual pudiese desencadenar un efecto dominó. Cabe mencionar que el peligro de estas instalaciones no sólo radica en el manejo interno de las mismas, pudiesen involucrarse agentes externos, tal es el caso de un incendio en zona de bodegas que podría ser el detonante para registrarse una explosión mayor.

## FICHA DE PELIGRO QUIMICO

### ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

### GASERA

| UBICACIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PUNTO DE CONTROL: | GAS200 | | | | | | | |
| COORDENADAS UTM: | X: | 621900 | | Y: | 2466833 | | | |
| | Z: | 3 | | | | | | |
| CALLE: | Urbano Luis Donaldo Colosio | | | | | | | |
| COLONIA: | El Recreativo | | | | | | | |
| CODIGO POSTAL: | 89506 | | | | | | | |
| LOCALIDAD: | Ciudad Madero | | | | | | | |
| MUNICIPIO: | Madero | | | | | | | |
| ESTADO: | Tamaulipas | | | | | | | |
| VISITADO POR: | Edith Arlet Cardoso Vázquez | | | | FECHA: 17-Oct-08 | | | |
| CARACTERÍSTICAS DEL ESTABLECIMIENTO | | | | | | | | |
| NOMBRE COMERCIAL: | Gas Jebia S.A. de C.V. | | | | | | | |
| AREA $m^2$: | 500 m2 | | | | | | | |
| VÍAS DE ACCESO: | Urbano Luis Donaldo Colosio | | | | | | | |
| NUMERO DE EMPLEADOS: | 4 Personas | | | | | | | |
| NUMERO DE TANQUES y CAPACIDAD: | 1 | | | | | | | |
| | 40.000 | | | | | | | |
| NUMERO CILINDROS: | 0 | 40 Kgs | 0 | 30 Kgs | 0 | 20 Kgs | | |
| COMPAÑÍA QUE RECARGA: | Gas Jebia | | | | | | | |
| CADA CUANDO RECARGAN: | Cada 30 Días | | | | | | | |
| SITIOS Y ZONAS EN PELIGRO | | | | | | | | |
| GASERA CERCA DE ALGUN SITIO: | ESCUELA | | HOTEL | X | HOSPITAL | | | |
| | IGLESIA/TEMPLO | | AUTORIO/CINE | | TEATRO/MUSEO | | | |
| | CTRO COMERCIAL | | CTRO DEPORTIVO | | OFICINA GBNO | | | |
| | TERMINAL | | MERCADO | | OTRO | | | |
| DISTANCIA DEL SITIO: | Hotel a 230 metros | | | | | | | |
| TIPO DE PELIGRO PRESENTE | | | | | | | | |
| GASERA CERCA DE ALGUN PELIGRO: | GASERA | | GASOLINERA | X | INDUSTRIA | | | |
| | REFINERIA | | DUCTOS | | OTRO | | | |
| | RÍO/ARROYO | | BARRANCA | | FALLA ACTIVA | | | |
| | SIERRA/CERRO | | TALUD | | MAR | | | |
| DISTANCIA DEL PELIGRO: | Gasolineras a 100 y 130 metros | | | | | | | |
| ANTECEDENTES DE ALGUN EVENTO REGISTRADO: | INCENDIO | | EXPLOSIÓN | | SISMO | | | |
| | AGLOMERACIÓN | | INUNDACION | X | NINGUNO | | | |
| SEGURIDAD | | | | | | | | |
| PLAN DE CONTINGENCIA: | SI | X | NO | | | | | |
| MEDIDAS DE SEGURIDAD: | SI | X | NO | | | | | |
| PRIMEROS AUXILIOS | SI | X | NO | | | | | |
| REALIZAN SIMULACROS: | SI | X | NO | | | | | |
| SALIDAS DE EVACUACIÓN | SI | X | NO | | SE DIRIGUEN HACIA: | Calle | | |
| INSPECCIÓN POR PARTE DE PROTECCIÓN CIVIL: | SI | X | NO | | | | | |
| | CADA CUANDO: | | 6 meses | | | | | |
| COMENTARIOS: | | | | | | | | |




MUNICIPIO MADERO

**Figura 88.** Ficha utilizada para verificación de gaseras.

La simulación de explosiones para gaseras da como resultado 4 radios de afectación:

- Bola de Fuego, con radiación térmica mayor a 31.5 kW/m$^2$, que resulta mortal para todo ser vivo que esté dentro del radio de afectación, por quemaduras y asfixia. Existe además la posibilidad de propagación de incendios y explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición (BLEVES) a instalaciones vecinas.
- Radio de Peligro Alto, con radiación térmica de 31.5 kW/m$^2$, es suficiente para causar daños a equipos de proceso y colapso de estructuras, fatalidad para seres vivos que estén dentro de este radio de afectación.
- Radio de Peligro Medio, con radiación térmica de 12.60 kW/m$^2$, la madera puede alcanzar el punto de ignición, el acero delgado puede perder su integridad mecánica, y los seres vivos que estén en este radio tienen posibilidades de perder la vida.
- Radio de Peligro Bajo, con radiación de 5.05 kW/m2, en el que los seres vivos pueden presentar quemaduras de diversos grados, por una exposición de 20 segundos.

Dado que este informe representa un Atlas de Riesgo a nivel estatal, a continuación se cita una serie de ejemplos de posibles explosiones de gaseras, en algunos casos con efecto dominó. De manera adicional se establece la zonificación en base al nivel de peligro, el número de viviendas afectadas, la población, inmuebles y pérdidas económicas en caso de una explosión, cabe mencionar que el nivel de vulnerabilidad está determinado por la tipología de las casas.

En este caso se trata de dos gaseras ubicadas en Ciudad Victoria, mismas que en su momento podría desencadenar el citado efecto dominó, esto por su cercanía a establecimientos ubicados en sus alrededores, los cuales manejan sustancias químicas peligrosas. Se trata de las gaseras JEBLA y ComVicSA, ubicadas al norte de la ciudad (Figura 90) y con claves de verificación GAS004 y GAS005, respectivamente. Cabe mencionar que a fin de conocer las particularidades de éstas y otras gaseras, se recomienda al lector consultar el Anexo II, incluido en este informe.

En función de los radios de afectación de las gaseras, se establece una serie de colonias y/o fraccionamientos con diferentes tipos de peligro, tal es el caso de los fraccionamientos Villa Real, Montes Altos, Infonavit Jardín, Arboledas, Residencial Campestre, Villa Jardín, Los Arcos, Villa Real, Los Naranjos, Residencial San Ángel, así como la porción norte de la colonia Valle de Aguayo. Para este caso en particular la afectación de cada una de estas gaseras se presenta en la Tabla 102.

Dado que las AGEB's no presentan un detalle de información menor que a nivel manzana, con la finalidad de no sobreestimar valores se establecieron en función del área de la manzana involucrada en las diferentes zonas de peligros, por lo anterior en la Tabla 102, se observa el nivel de peligro, las viviendas ubicadas en zonas de afectación, la población expuesta, su grado de vulnerabilidad, así como el valor en conjunto del valor de infraestructura expuesta.

A fin de conocer las características de los establecimientos que resultan afectados, así como la información proporcionada por las gaseras, se sugiere al lector consultar las fichas respectivas en el Sistema de información Geográfico Anexo II en este Atlas de Riesgo. De igual manera encontrará la modelación de la totalidad de las gaseras verificadas.

Cabe mencionar al ocurrir la explosión de una gasera existe la posibilidad de que se involucre una gasolinera cercana, sin embargo, la explosión de esta última se vería absorbida por la gasera, por lo anterior el efecto dominó resulta importante únicamente entre gaseras, o en su defecto cuando una gasolinera detona a otra gasolinera ó a una gasera que pudiese estar cerca.

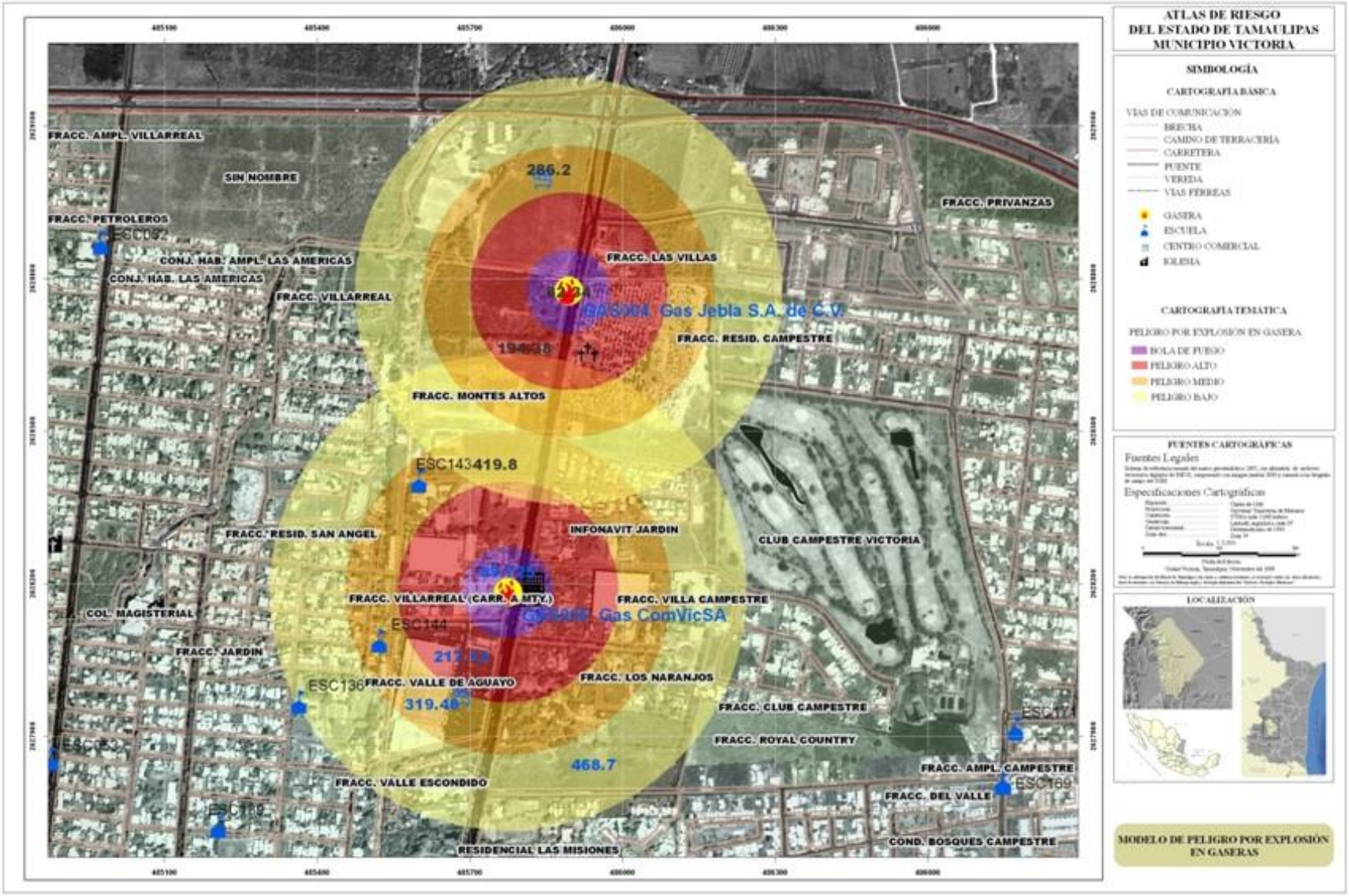



**Figura 89.** Zonificación de peligro por explosión en gaseras al norte de Ciudad Victoria.

**Tabla 102.** Afectación por gaseras simuladas en Ciudad Victoria.

| GASERA JEBLA, GAS004, CON 25500 kg DE GAS LP | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÓN | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| **Bola de Fuego** | **1** | **3** | **$450,000.00** | **Casas habitación** | **1** | **$ $450,000.00** |
| **Alto** | **9** | **36** | **$4,050,000.00** | **Casas habitación** | **0.8** | **$ 3,240,000.00** |
| **Medio** | **14** | **57** | **$6,300,000.00** | **Casas habitación, Centro comercial CTC001** | **0.6** | **$ 3,780,000.00** |
| **Bajo** | **241** | **728** | **$82,650,000.00** | **Casas habitación** | **0.4** | **$ 33,060,000.00** |
| GASERA ComVicSA GAS005, CON 32000 kg DE GAS LP | | | | | | |
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÓN | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| **Bola de Fuego** | **8** | **53** | **$2,400,000.00** | **Casas habitación** | **1** | **$2,400,000.00** |
| **Alto** | **123** | **446** | **$37,350,000.00** | **Casas habitación** | **0.8** | **$ 29,880,000.00** |
| **Medio** | **3338** | **12663** | **$1,006,900,000.00** | **Casas habitación, Escuelas: ESC144, ESC143, centro comercial CTC007** | **0.6** | **$ 604,170,024.00** |
| **Bajo** | **7648** | **28866** | **$2,787,600,000.00** | **Casas habitación, Escuela: ESC136** | **0.4** | **$ 1,115,040,016.00** |

Otro caso de gasera donde se simuló una explosión fue Termo Gas S.A. de C.V. (GAS101), ubicada en la porción centro noreste del Municipio de Tampico, cerca del Aeropuerto Internacional Francisco Javier Mina. De acuerdo a la Figura 91, en caso de explosión serian afectados establecimientos comerciales y zonas habitacionales. Cabe mencionar que fue considerado un escenario extremo, es decir, la explosión de la gasera podría generar un efecto dominó y desencadenar, puesto que está en su radio de afectación, en la explosión de una gasolinera ubicada al noroeste de la estación de gas.

En este caso las colonias que podrían verse afectadas en caso de explosión son: Universidad Poniente, así como una porción del Aeropuerto Internacional Francisco Javier Mina. Las afectaciones particulares se muestran en la Tabla 103.

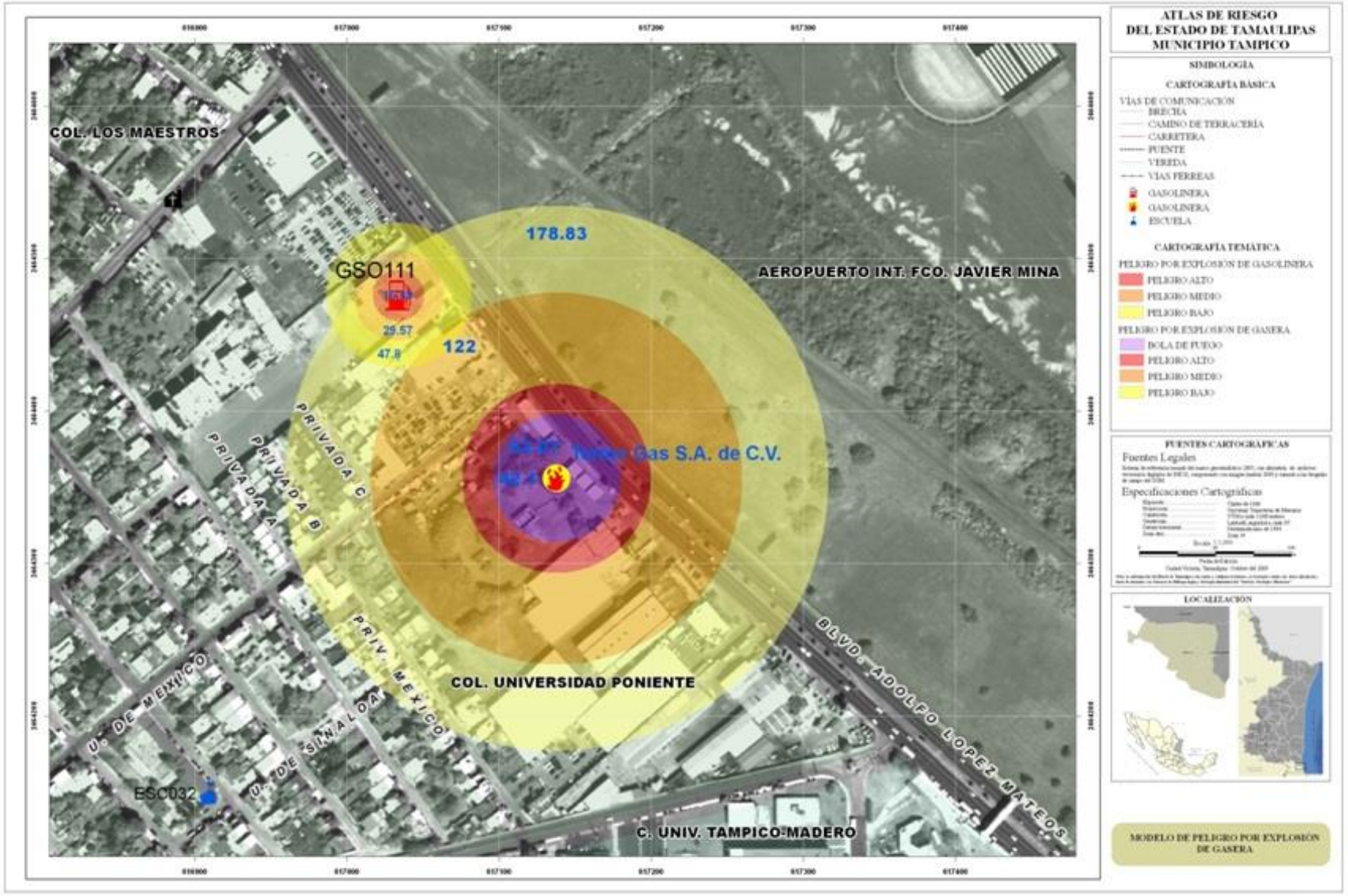



**Figura 90.** Zonificación de peligro por explosión de gaseras y gasolinera.

**Tabla 103.** Afectación por gasera simuladas en Tampico.

| GASERA TERMO GAS GAS101, CON3 TANQUES DE 3400 kg DE GAS LP | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÓN | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| **Bola de Fuego** | **1** | **5** | **$300,000.00** | **Casas habitación** | **1** | **$300,000.00** |
| **Alto** | **1** | **4** | **$300,000.00** | **Casas habitación** | **0.8** | **$240,000.00** |
| **Medio** | **8** | **29** | **$2,400,000.00** | **Casas habitación** | **0.6** | **$ 1,440,000.00** |
| **Bajo** | **18** | **63** | **$5,400,000.00** | **Casas habitación, GSO111** | **0.4** | **$ 1,160,000.00** |
| GASOLINERA GSO111, con 89000 Litros de GASOLINA PREMIUM | | | | | | |
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÓN | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| **Alto** | **1** | **2** | **$300,000.00** | **Casas habitación** | **1** | **$300,000.00** |
| **Medio** | **1** | **4** | **$300,000.00** | **Casas habitación** | **0.7** | **$300,000.00** |
| **Bajo** | **2** | **8** | **$600,000.00** | **Casas habitación** | **0.4** | **$ 240,000.00** |

Dentro de los casos de gaseras próximas entre sí, se ejemplifica las ubicadas en la Ciudad de Nuevo Laredo, donde confluyen en una zona tres gaseras y tres gasolineras (Figura 92).

De estas gaseras, la ubicada al norte en la Figura 92, en caso de presentarse una explosión, no generaría efecto dominó con la gasera contigua, sólo hacia una gasolinera, industrias, escuelas y establecimientos religiosos, esta gasera es conocida como SuperGas Económico, con clave de verificación GAS6012. Cabe mencionar que se ubican dos establecimientos educativos en zona de peligro, tal es el caso de la escuela primaria Prof. Eugenio Villareal (con clave de verificación ESC6171) y el preescolar La Paz (ESC6170).

La gasera EuroGas (GAS6014), ubicada en la porción sur de Nuevo Laredo (Figura 92), en caso de posible explosión afectaría principalmente a establecimientos religiosos ubicados en su zona de peligro, además cabe la posibilidad de que sea afectada una gasolinera con clave de verificación GSO6035.

Por último, en el caso de la gasera GAS L.P. del NORTE (GAS6013), ubicada en la porción centro de la Figura 92, al presentarse una explosión podría afectar al centro de Centro de Salud No. 5 (SSA) además de industrias diversas. De manera adicional podría generarse el efecto dominó e involucrar a la gasera EuroGas, lo cual causaría daños mayores dentro de las zonas marcadas con los diferentes niveles de peligro.

Dentro de la Figura 92 se destaca el Parque Industrial Las Américas (Modulo América), donde se ubican las empresas de Sony, Controles Texmex, Chromalox, Visko, entre otras, las cuales manejan diversas sustancias químicas, por lo cual se incrementa el peligro en la zona ante una explosión de uno o varios tanques de almacenamiento. Por otro lado en la Tabla 104 se describe la zonificación en base al nivel de peligro, considerando el número de viviendas con posibilidad de ser afectadas, la población que las habita, el tipo de afectación, así como las pérdidas en caso de haber una explosión.

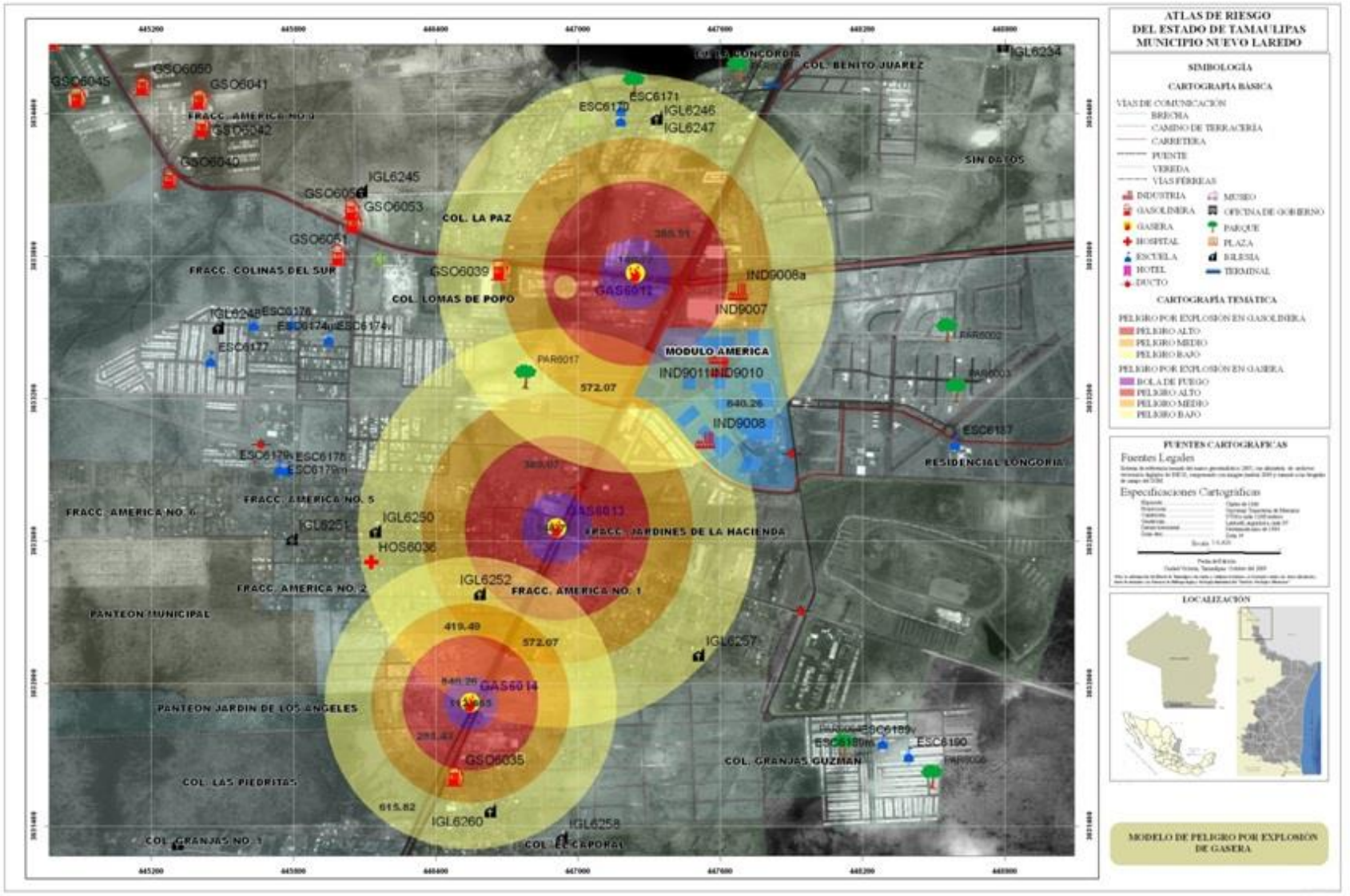



**Figura 91.** Gaseras simuladas en la periferia de Nuevo Laredo.

**Tabla 104.** Afectación por gaseras en Nuevo Laredo.

| GASERA GAS6013, CON TANQUE DE 150,000 Litros DE GAS LP | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÓN (En algunos casos se incluye clave de verificación para consulta de detalles en el SIG) | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| **Bola de Fuego** | **7** | **35** | **$2,100,000.00** | **Casas habitación** | **1** | **$ 2,100,000.00** |
| **Alto** | **44** | **205** | **$13,200,000.00** | **Casas habitación, y Líneas de ductos** | **0.8** | **$ 10,560,000.00** |
| **Medio** | **120** | **509** | **$36,364,000.00** | **Casas habitación, iglesia IGL6252** | **0.6** | **$ 21,818,400.00** |
| **Bajo** | **510** | **1984** | **$162,312,500.00** | **Casas habitación, iglesias: IGL6250, IGL6257, Centro de Salud: HOS6036, Cementerio: CEM9000, Industrias: IND9008, Parque: PAR6017, y la Gasera: GAS6014.** | **0.4** | **$ 64,925,000.00** |
| GASERA GAS6014, CON 65500 Kilogramos DE GAS L.P. | | | | | | |
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÓN (En algunos casos se incluye clave de verificación para consulta de detalles en el SIG) | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| **Bola de Fuego** | **0** | **0** | **$0.00** | **Casas habitación** | **1** | **$0.00** |
| **Alto** | **3** | **10** | **$900,000.00** | **Casas habitación, cementerio: CEM9000** | **0.8** | **$72,000.00** |
| **Medio** | **10** | **78** | **$2,701,000.00** | **Casas habitación, Gasera: GAS6035** | **0.6** | **$1,620,600.00** |
| **Bajo** | **151** | **713** | **$18,488,000.00** | **Casas habitación, Iglesias: IGL6252, IGL6260** | **0.4** | **$7,395,200.00** |
| GASERA GAS6012, CON 150,000 Litros DE GAS L.P. | | | | | | |
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÓN (En algunos casos se incluye clave de verificación para consulta de detalles en el SIG) | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| **Bola de Fuego** | **2** | **11** | **$600,000.00** | **Casas habitación** | **1** | **$600,000.00** |
| **Alto** | **8** | **41** | **$2,400,000.00** | **Casas habitación, Gasolinera: GSO6054** | **0.8** | **$1,920,000.00** |
| **Medio** | **35** | **148** | **$10,500,000.00** | **Casas habitación, Gasolinera: GSO6039, Industrias: IND9011, IND9012, IND9008a, Estación de bomberos BOM6018.** | **0.6** | **$6,300,000.00** |
| **Bajo** | **338** | **1358** | **$105,752,500.00** | **Casas habitación, Escuelas: ESC6170, ESC6171, Iglesia: IGL6246, Centro Deportivo: CDE6021, Industria: IND9008, Parques: PAR6016, PAR6017** | **0.4** | **$42,301,000.00** |

En la Ciudad de Reynosa se presenta una situación similar a Nuevo Laredo, se ubican 3 gaseras cerca de la carretera que comunica Reynosa y Monterrey, se trata de Gas de Carburación S.A. de C.V. (GAS6016), CarbuGas de Reynosa (GAS8001) y Gas del Norte de Tamaulipas, S.A. de C.V. (GAS6017), (Figura 93).

En este caso llama la atención la cercanía entre gaseras, sobre todo la interrelación que se genera en las diferentes zonas de peligro, por lo cual no se descarta la posibilidad de que ante un evento explosivo se pudiese desencadenar el llamado efecto dominó, es decir, que en una gasera se genere una explosión a consecuencia de una explosión previa.

De las gaseras localizadas en la Figura 93, ubicada al noroeste de la figura (Gas del Norte), en caso de presentarse una explosión no generaría efecto dominó con la gasera contigua, en su caso afectaría una gasolinera, establecimientos religiosos, así como escuelas localizadas en zonas de peligro alto: Tehuali (ESC6239); en Peligro Medio: Colegio Infantil Jordi (ESC6238), Estancia Infantil Bob Esponja (ESC6242), Integrador Dr. Ruy Pérez Tamayo (ESC6243), Primaria Conrado Cantú (ESC6244), Prim. Ignacio Manuel Altamirano (ESC8203); y en Peligro Bajo: Colegio Ethel Sutton (ESC6241).

Las gaseras CarbuGas (GAS8001) y Gas de Carburación S.A. de C.V. (GAS6016) ubicadas en la porción centro e sureste de la figura previa, en caso de explosión se podría desencadenar el efecto dominó, de tal forma que podrían afectarse zonas de establecimientos educativos, religiosos, recreativos, de hospedaje y una gasolinera que se ubica al interior de sus diferentes zonas de peligro.

Afectación a centros educativos por explosión de gasera: GAS8001, para Peligro Medio: ESC6239, ESC6245, para Peligro Bajo: ESC6238, Secundaria Gral. No.7 Morales Sánchez (ESC6232), Colegio Colonial (ESC6235), Centros Culturales y Deportivos Reforma (ESC6236 y ESC6237). Por la gasera GAS601: Primaria Corregidora (ESC6230), Preescolar Integrador (ESC6229), ESC6236 y ESC6237.

A continuación se presenta el valor de infraestructura expuesto a una explosión por gaseras.

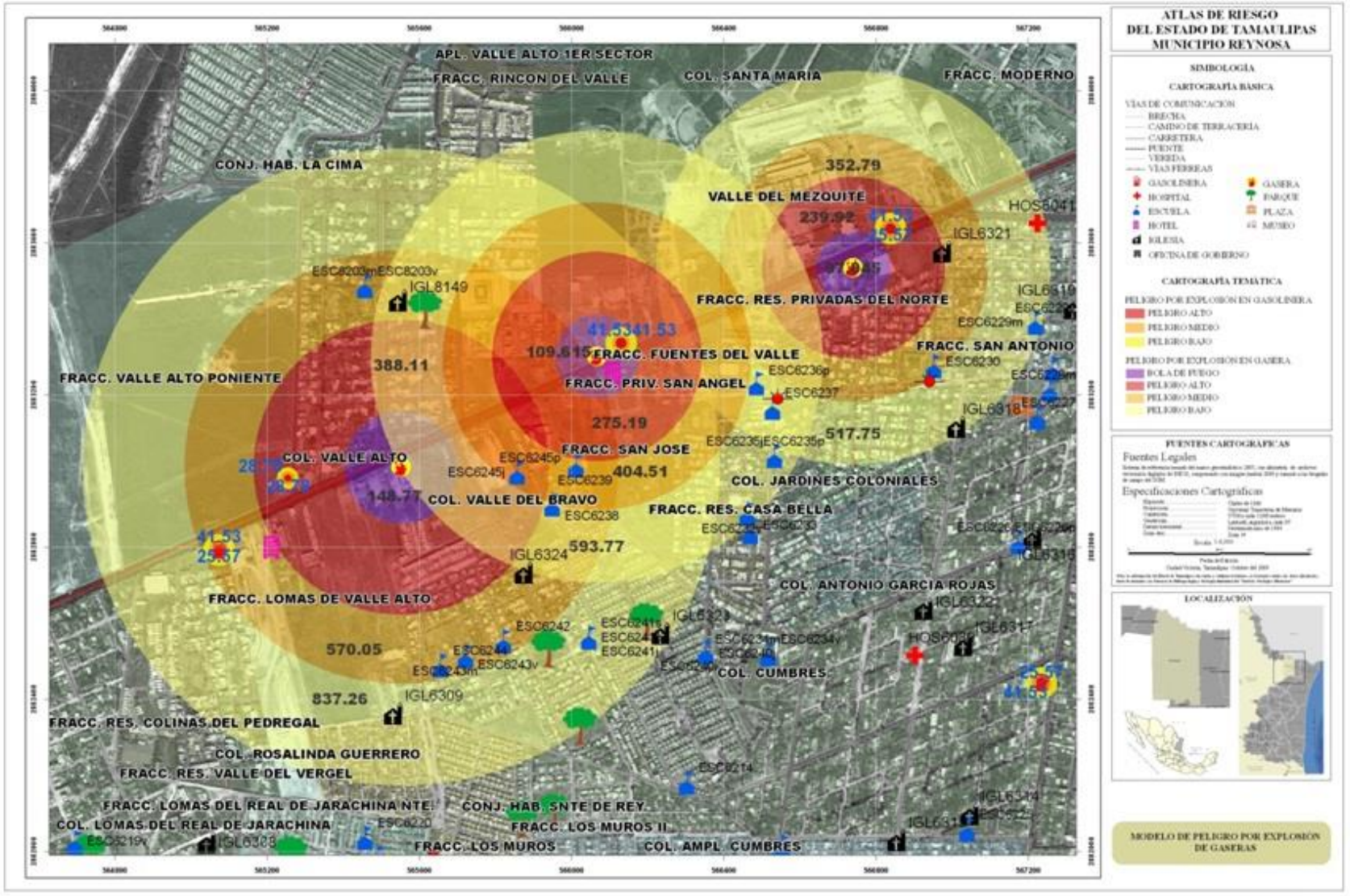



**Figura 92.** Gaseras ubicadas en la periferia de Reynosa.

**Tabla 105.** Gaseras en la periferia de la ciudad de Reynosa.

| GASERA GAS6016 CON 3 TANQUES DE 150,000 Litros DE GAS LP | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÖN (En algunos casos se incluye clave de verificación para consulta de detalles en el SIG) | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| Bola de Fuego | 5 | 17 | $1,350,500.00 | Casas habitación | 1 | $1,350,500.00 |
| Alto | 162 | 601 | $42,351,500.00 | Casas habitación, la gasolinera GSO8031, Escuela ESC6245j | 0.8 | $33,881,200.00 |
| Medio | 391 | 1480 | $101,225,000.00 | Casas habitación, Gasolinera: GSO6058, Escuelas: ESC8203, ESC6239, ESC6238, ESC6242, ESC6243, ESC6244, iglesia IGL8149, Hotel: HOT6027, Parque: PAR8016 | 0.6 | $60,735,002.00 |
| Bajo | 1556 | 6131 | $428,356,500.00 | Casas habitación, Gasera: GAS8001, GSO8030, Hotel HOT6028, Escuela: ESC6241j, Iglesias: IGL6323, IGL6309, Parques: PAR6018, PAR6017, PAR6019. | 0.4 | $ 171,342,602.00 |
| GASOLINERA GAS8001, CON 60000 Litros DE GAS L.P. | | | | | | |
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÖN (En algunos casos se incluye clave de verificación para consulta de detalles en el SIG) | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| Bola de Fuego | 8 | 31 | $ 1,204,000.00 | Casas habitación, Hotel: HOT6028, Gasolinera GSO8030 | 1 | $ 1,204,000.00 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alto | 55 | 213 | $ 9,772,500.00 | Casas habitación | 0.8 | $7,818,000.00 |
| Medio | 140 | 528 | $31,236,000.00 | Casas habitación, Escuelas: ESC6239, ESC6245 | 0.6 | $18,741,600.00 |
| Bajo | 468 | 1790 | $116,382,500.00 | Casas habitación, Gasera: GAS6016, Escuelas: ESC6238, ESC6232, ESC6235j, ESC6237, ESC6236, Ducto: DUC5005, Iglesia: IGL8149, Parque: PAR8016 | 0.4 | $46,553,000.00 |
| GASERA GAS6017, CON 41635 Kilogramos DE GAS L.P. | | | | | | |
| NIVEL DE PELIGRO | VIVIENDAS | POBLACION | COSTO TOTAL DE VIVIENDAS | AFECTACIÓN (En algunos casos se incluye clave de verificación para consulta de detalles en el SIG) | GRADO DE VULNERABILIDAD | VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA |
| Bola de Fuego | 1 | 6 | $300,000.00 | Casas habitación | 1 | $300,000.00 |
| Alto | 1493 | 5742 | $464,550,000.00 | Casas habitación, Gasolinera: GSO8029, Iglesia: IGL6321 | 0.8 | $371,640,005.00 |
| Medio | 8075 | 31421 | $1,548,648,000.00 | Casas habitación, Escuela: ESC6230, Ducto: DUC5004 | 0.6 | $929,188,836.00 |
| Bajo | 27228 | 103095 | $6,867,437,500.00 | Casas habitación, Escuelas: ESC6229, ESC6236, ESC6237, Iglesia: IGL6318, Hospital: HOS6041, Ducto: DUC5005 | 0.4 | $2,746,975,040.00 |

## *B. Gasolineras*

En el caso de la simulación por explosión en gasolineras, al igual que en el caso de las gaseras descrito previamente, fueron consideradas condiciones extremas, es decir, una explosión con los tanques prácticamente a toda su capacidad. A fin de lograr lo anterior, durante la realización del presente Atlas de Riesgo se verificaron 352 gasolineras, su distribución cubre a 33 cabeceras municipales (Tabla 106 y

Figura 105), omitiendo aquellas localizadas fuera de la traza urbana. Es importante remarcar que, al momento de la verificación en campo, varias de éstas se encontraban en proceso de construcción, por lo tanto no se realizó simulación por no contar con la información adecuada, tal es el caso de la capacidad de almacenamiento de los tanques, entre otra.

**Tabla 106.** Estaciones de servicio para venta de gasolina y/o diesel.

| MUNICIPIO | CANTIDAD DE GASOLINERAS |
|---|---|
| Abasolo | 2 |
| Aldama | 3 |
| Altamira | 6 |
| Antiguo Morelos | 1 |
| Burgos | 1 |
| Camargo | 1 |
| Ciudad Madero | 14 |
| Ciudad Victoria | 37 |
| Cruillas | 1 |
| El Mante | 11 |
| González | 2 |
| Guémez | 1 |
| Guerrero | 2 |
| Gustavo Díaz Ordaz | 3 |
| Hidalgo | 1 |
| Jaumave | 1 |
| Jiménez | 3 |
| Llera de Canales | 1 |
| Matamoros | 62 |
| Mier | 2 |
| Miguel Alemán | 6 |
| Nuevo Laredo | 54 |
| Ocampo | 2 |
| Padilla | 1 |
| Reynosa | 75 |
| Río Bravo | 13 |
| San Fernando | 4 |
| Soto La Marina | 2 |
| Tampico | 24 |
| Tula | 2 |
| Valle Hermoso | 10 |
| Villagrán | 1 |
| Xicoténcatl | 2 |
| **Total** | **352** |

Son varios los Municipios que no cuenta con estaciones de servicio (gasolineras), por lo cual es necesario que en su momento se planee su ubicación considerando factores diversos que involucren la seguridad de los habitantes (Tabla 107).

**Tabla 107.** Cabeceras municipales que no cuentan con estaciones de servicio (gasolineras).

| MUNICIPIO |
|---|
| Bustamante |
| Casas |
| Gómez Farías |
| Mainero |
| Méndez |
| Miquihuana |
| Nuevo Morelos |
| Palmillas |
| San Carlos |
| San Nicolás |

Las cabeceras municipales que cuentan con un mayor de estaciones de servicio son Matamoros, Reynosa, Nuevo Laredo y Ciudad Victoria (Figura 94). Se recomienda al lector consultar el Anexo II, donde se localiza la información recabada en las fichas de campo de gasolineras, tal es el caso de: localización, clave de estación de servicio, nombre comercial, cantidad y volumen de tanques de almacenamiento, tipo de combustible, posibles sitios a afectar en caso de explosión, peligros que pudiesen afectar a la gasolinera, entre otros (Figura 95). Asimismo se pueden consultar en el SIG, de igual manera en los Atlas Municipales que fueron desarrollados en forma paralela al Atlas Estatal.

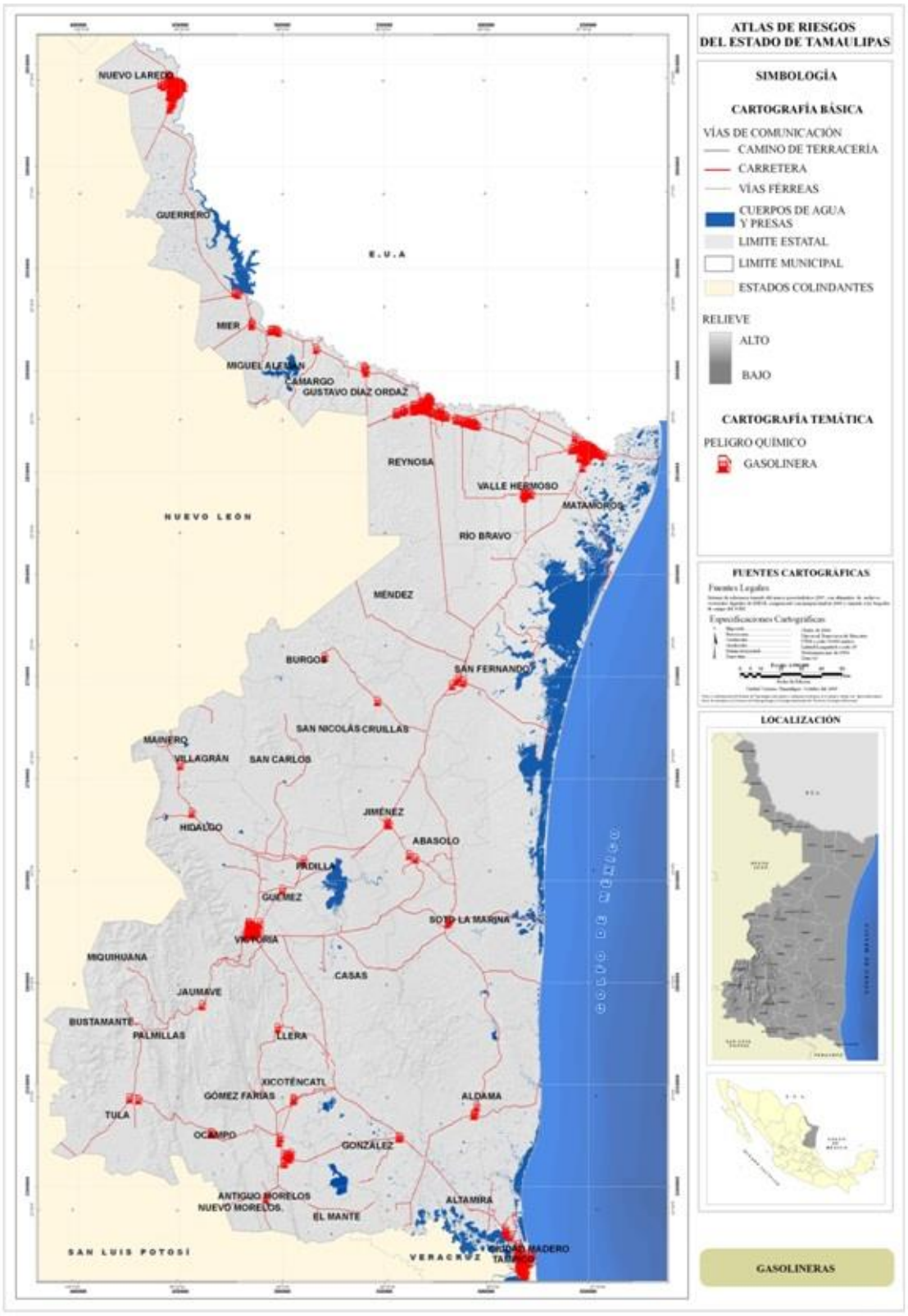
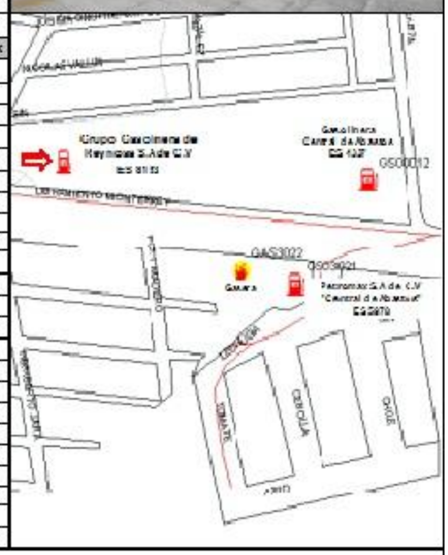



**Figura 93.** Distribución de Gasolineras verificadas.

## FICHA DE PELIGRO QUIMICO

### ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

### GASOLINERA




| UBICACIÓN | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PUNTO DE CONTROL: | GS03013 | | | | | |
| COORDENADAS UTM: | X: | 568308 | Y: | 1880935 | | |
| | Z: | 44 | | | | |
| CALLE: | Libramiento Matamoros, Monterrey Km 5.8 | | | | | |
| COLONIA: | Renacimiento | | | | | |
| CODIGO POSTAL: | 88759 | | | | | |
| LOCALIDAD: | Reynosa | | | | | |
| MUNICIPIO: | Reynosa | | | | | |
| ESTADO: | Tamaulipas | | | | | |
| VISITADO POR: | Edith Arlet Cardoso Vazquez | | | FECHA: 5 Ago 2009 | | |
| **CARACTERÍSTICAS DEL ESTABLECIMIENTO** | | | | | | |
| NOMBRE COMERCIAL: | Grupo Gasolinero de Reynosa S.A. de C.V. | | | | | |
| NO. ESTACIÓN: | 8155 | CATEGORIA | | Dos Estrellas | | |
| AREA $m^2$: | 2,700 m2 | | | | | |
| VÍAS DE ACCESO: | Libramiento Matamoros - Monterrey | | | | | |
| NUMERO DE EMPLEADOS: | 10 Personas en 3 Turnos 1 Turno-Administracion 4 | | | | | |
| NUMERO DE TANQUES: | PREMIUN | 1 | MAGNA | 1 | DIESEL | 0 |
| VOLUMEN Lts: | 60,000 | | 80,000 | | 0 | |
| VOLUMEN Lts: | ACEITES: | 22 | ADITIVOS: | 33 | | |
| **SITIOS Y ZONAS EN PELIGRO** | | | | | | |
| GASOLINERA CERCA DE ALGUN SITIO: | ESCUELA | | HOTEL | | HOSPITAL | |
| | IGLESIA/TEMPLO | | AUDITORIO/CINE | | TEATRO/MUSEO | |
| | CTRO COMERCIAL | | CTRO DEPORTIVO | | OFICINA GOB | |
| | TERMINAL | | MERCADO | | OTRO | |
| DISTANCIA DEL SITIO: | Central de Abastos a 320 metros | | | | | |
| **TIPO DE PELIGRO PRESENTE** | | | | | | |
| GASOLINERA CERCA DE ALGUN PELIGRO: | GASERA | X | GASOLINERA | X | INDUSTRIA | |
| | REFINERIA | | DUCTOS | | TORRES CFE | |
| | RÍO/ARROYO | | BARRANCA | | FALLA ACTIVA | |
| | SIERRA/CERRO | | TALUD | | MAR | |
| DISTANCIA DEL PELIGRO: | Gasera a 215 metros y Gasolinera a 270 y 320 metros | | | | | |
| ANTECEDENTES DE ALGUN EVENTO REGISTRADO: | INCENDIO | | EXPLOSIÓN | | SISMO | |
| | AGLOMERACIÓN | | INUNDACION | | NINGUNO | X |
| **SEGURIDAD** | | | | | | |
| PLAN DE CONTINGENCIA: | SI | X | NO | | | |
| MEDIDAS DE SEGURIDAD: | SI | X | NO | | | |
| PRIMEROS AUXILIOS | SI | X | NO | | | |
| REALIZAN SIMULACROS: | SI | | NO | X | | |
| SALIDAS DE EVACUACIÓN: | SI | X | NO | | | |
| INSPECCIÓN POR PARTE DE PROTECCIÓN CIVIL: | SI | X | NO | | | |
| | CADA CUANDO: | | | | | |
| **COMENTARIOS** | | | | | | |
| Tel: 899 141 0090 | | | | | | |

**MUNICIPIO REYNOSA**

**Figura 94.** Formato para el levantamiento de gasolineras, con información pertinente.

Es importante mencionar que debido a la capacidad de arder de cada tipo de combustible, las explosiones en gasolineras, comparadas a las de gaseras, son de menores dimensiones en cuanto a área de afectación. En este caso se generaron tres radios de afectación en función de la radiación térmica, los cuales representan cada una de las zonas de peligro por explosión.

- **Radio de Peligro Alto** con radiación térmica de 31.5 kW/m$^2$, es suficiente para causar daños a equipos de proceso y colapso de estructuras. Deceso de seres vivos que estén dentro de este radio de afectación.
- **Radio de Peligro Medio** con radiación térmica de 12.60 kW/m$^2$, la madera puede alcanzar el punto de ignición, el acero delgado puede perder su integridad mecánica, y los seres vivos que estén dentro de este pueden morir.
- **Radio de Peligro Bajo** con radiación de 5.05 kW/m$^2$, en el que los seres vivos pueden presentar quemaduras de diversos grados, por una exposición de 20 segundos.

De acuerdo a la metodología explicada al inicio de este apartado, para determinar los radios de peligro se involucraron varios factores, tales como las dimensiones de la trincheras de seguridad de tanques de almacenamiento, número y capacidad máxima de los mismos, tipo de combustible, entre otros. Los radios de afectación se establecieron bajo la metodología descrita al inicio de este capítulo.

A continuación se muestran varios ejemplos de simulación de explosiones por gasolineras, entre éstas, de la Ciudad de Reynosa, ya que es la que mayor número de estaciones tiene. Se recomienda al lector consultar el SIG incluido a este informe, con el fin de conocer las simulaciones y radios de afectación para la totalidad de las gasolineras verificadas, y de igual forma, la consulta de los Atlas de Riesgo Municipales que se elaboraron de manera paralela al Atlas Estatal. De manera adicional se establece la zonificación en base al nivel de peligro, el número de viviendas afectadas, la población, inmuebles y pérdidas económicas, el nivel de vulnerabilidad por la tipología de las casas en caso de una explosión.

En el caso de Reynosa se cuenta con un registro de 55 estaciones (gasolineras), a continuación se presenta la simulación de dos de ellas: Corporativo de Multiservicios Nacionales y Lubricantes San Antonio, con claves de verificación GSO6055 y GSO6027 respectivamente (Figura 96). Al generarse una explosión en las referidas estaciones de servicio, las zonas de afectación estarán en función de la radiación térmica.

Resulta relevante mencionar que cada una de las gasolineras tiene definida su zonificación de peligro: alto, medio y bajo, en el caso particular de la Figura 96, se ubican dos escuelas en zonas de peligro bajo por explosión, se trata de la Universidad Interamericana del Norte, ubicada en las inmediaciones de la Estación Multiservicios Nacionales, así como la escuela Enrique de Osso, A.C. localizada en los alrededores de la Estación Lubricantes San Antonio. En la Tabla 108 se muestra el nivel de peligro en función de la radiación térmica, el número de viviendas en zona de peligro, así como la población expuesta, las pérdidas económicas, así como el grado de afectación definido.

**Figura 95.** Gasolineras en la colonia centro de la Ciudad de Reynosa.

**Tabla 108.** Valor de infraestructura expuesta en el caso de explosión de dos gasolineras en Reynosa.

| GASOLINERA MULTISERVIOS NACIONALES (GSO6055) CON 1 TANQUE DE 60,000 Lt DE GASOLINA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **NIVEL DE PELIGRO** | **VIVIENDAS** | **POBLACION** | **PÉRDIDAS ECONÓMICAS** | **AFECTACIÓN** | **GRADO DE VULNERABILIDAD** | **VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA** |
| **Alto** | 1 | 5 | $300,000.00 | Casas Habitación | 1 | $300,000.00 |
| **Medio** | 4 | 11 | $1,200,000.00 | Casas Habitación | 0.7 | $ 839,999.00 |
| **Bajo** | 8 | 24 | $2,400,000.00 | Casas habitación y la escuela: ESC6193 | 0.4 | $960,000.00 |
| **GASOLINERA (GSO6027) CON 2 TANQUES DE 60,000 Lts DE GASOLINA** | | | | | | |
| **NIVEL DE PELIGRO** | **VIVIENDAS** | **POBLACION** | **PÉRDIDAS ECONÓMICAS** | **AFECTACIÓN** | **GRADO DE VULNERABILIDAD** | **VALOR DE INFRAESTRUCTURA EXPUESTA** |
| **Alto** | 1 | 3 | $150,500.00 | Casas habitación | 1 | $150,500.00 |
| **Medio** | 3 | 6 | $451,500.00 | Casas habitación | 0.7 | $ 316,050.00 |
| **Bajo** | 9 | 27 | $1,653,500.00 | Casas habitación, escuela ESC6118J | 0.4 | $661,400.00 |

Una de las estaciones de servicio (gasolineras) donde fue simulada una explosión fue en la Estación de Servicios San Carlos S.A. de C.V, con clave de verificación GS011, ubicada en la zona centro de la ciudad (Figura 108). En la zona de peligro bajo por explosión, se ubica el Hotel La Villa (clave de verificación HOT002). A una distancia aproximada de 200 metros se encuentra la gasera Gas ComVicSA (GAS006), la cual en caso presentarse una explosión podrían verse afectados algunos establecimientos comerciales, así como la estación de servicio aquí referida.

En el caso de la Figura 97, no se activó la zona de afectación de la gasera referida, lo anterior con la finalidad de no enmascarar la zona de peligro por explosión de la gasolinera, únicamente se agregó la gasera con fines ilustrativos, es decir, observar en que radio de explosión de la gasera se ubica la estación de servicio San Carlos.

En este caso debido a que no se encuentran viviendas en las zonas de peligro, no fue posible estimar un costo de infraestructura afectada. Sin embargo el ejemplo destaca la cercanía y posible influencia de una gasera a la gasolinera.

En el caso de la estación de servicio Central de Combustibles y Lubricantes (GSO800), situada en la Ciudad de Tampico, cuyo radio de influencia por radiación térmica y zonificación de peligros se ubica en la Figura 98, no fue estimada una cantidad en bienes materiales expuestos, sin embargo el ejemplo se destaca por la presencia del colegio Félix de Jesús Rougier, en zona de peligro medio por explosión, en este caso la escuela opera con cuatro niveles de educación: preescolar, primaria, secundaria y medio superior, con afluencia total de 1,128 personas, en un horario de 8:00 a 20:00 horas.

Niveles de información como el mostrado en el párrafo anterior, se pueden consultar en el Sistema de Información Geográfica, donde resulta factible extraer, para cada una de las gasolineras verificadas, las viviendas, población, infraestructura, etc., que se ubican dentro de zonas de peligro por este y otros fenómenos, ya sea antropogénicos y/o naturales.

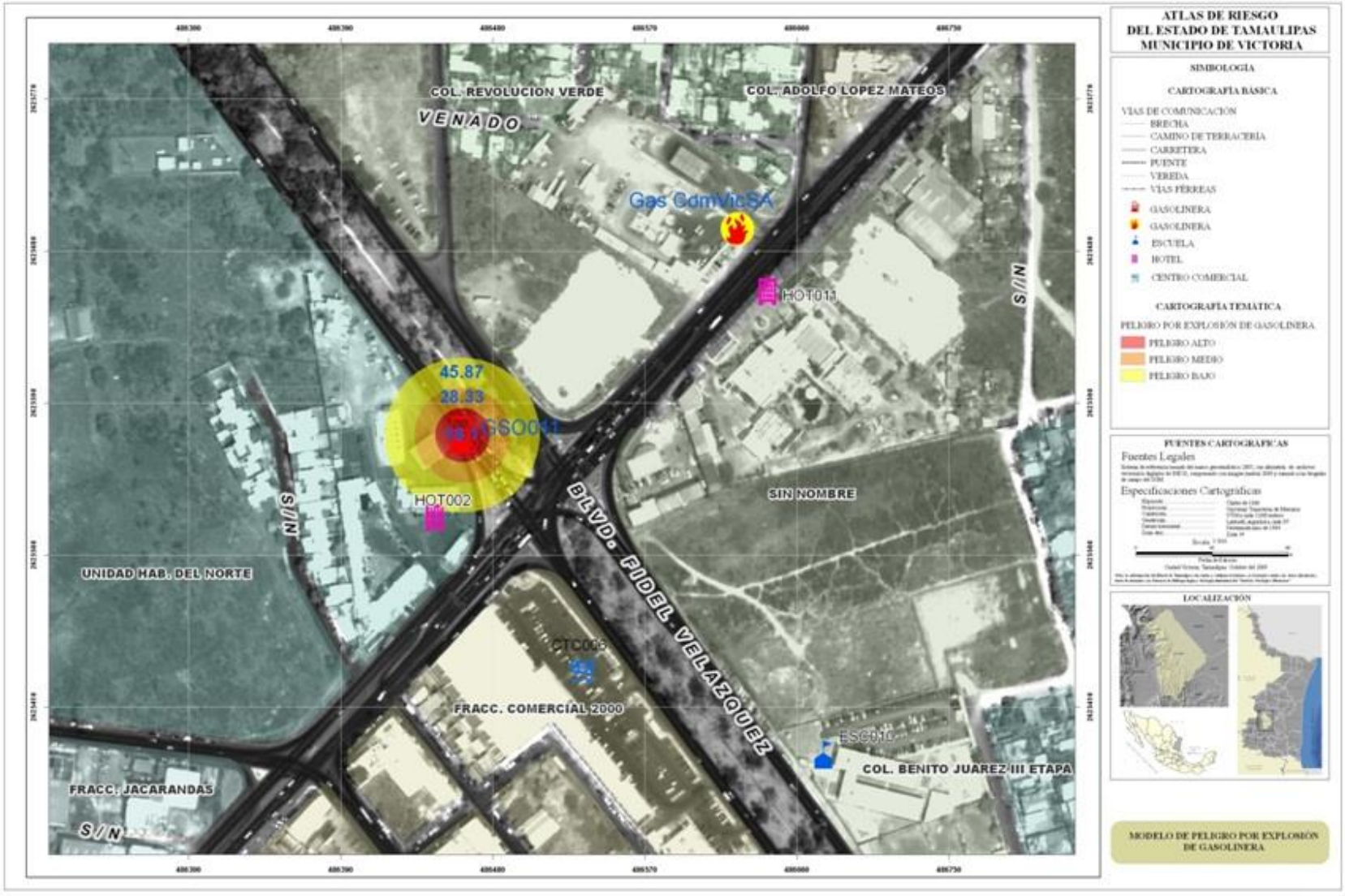



**Figura 96.** Ubicación y zonificación de peligro para la Gasolinera San Carlos. Cd. Victoria, Tamaulipas.

**Figura 97.** Ubicación y zonificación de peligro para la Gasolinera Central de Combustibles y Lubricantes. Tampico, Tamaulipas.

### C. Ductos

Petróleos Mexicanos (Pemex) es una empresa paraestatal que desarrolla toda la cadena productiva de la industria petroquímica en México, desde la exploración, hasta la distribución y comercialización de sus productos finales. Históricamente la industria del petróleo en el Estado de Tamaulipas data desde la construcción de una de las primeras refinerías sobre una margen del Río Panuco - “Refinería Francisco I. Madero”.

A partir de entonces la industria petrolera opera sin interrupción con una continúa actividad que ha facilitado la expansión de su infraestructura, teniendo en la actualidad instalaciones como refinerías, centros de procesadores de gas y complejos petroquímicos. La necesidad de procesar, transportar y repartir los productos, da origen a la creación de terminales de reparto, así como a un sistema de transporte por medio de ductos.

Sus productos energéticos se distribuyen a través de una red de ductos subterráneos dependientes de las cuatro subsidiarias de Pemex, los cuales son operados en forma continua durante todo el año. Este sistema de transporte consta de aproximadamente 420 kilómetros de tuberías distribuidas en el Estado. En este caso los productos transportados son: petróleo crudo, gas natural, gas amargo, gas dulce, gasolinas, diesel y otros productos refinados. Los diámetros de las tuberías varían de 3” a 48” y comparten en gran medida los corredores de derechos de vía (Anuario Estadístico de Pemex, 2008).

Este sistema de transporte está expuesto a una serie de factores que incrementan la probabilidad de ocurrencia de accidentes en el sistema de ductos. Estos factores varían desde altas presiones y temperaturas, cambios climáticos, lluvias, salinidad, corrosión de las tuberías causada por los componentes de los hidrocarburos, invasión del derecho de vía, golpes mecánicos y tomas clandestinas. De acuerdo a los datos de accidentes emitidos por Pemex-Refinación (2004), los casos con mayor número de registro de accidentes sobre el tendido de tuberías de ductos, corresponde la toma clandestina, corrosión y golpe mecánico.

A pesar de los claros señalamientos (generalmente postes amarillos), donde Pemex advierte que no se debe construir, excavar, ni golpear en las áreas delimitadas como derecho de vía, hay una cantidad considerable de población en constante peligro por tener sus viviendas sobre ductos o a distancias cortas, siendo que el derecho de vía marca una distancia promedio de 25 a 30 m. Estos señalamientos generalmente son ignorados y se otorgan permisos para construcción de viviendas e instalación de servicios públicos (Fotografías 52 y 53).

Esta problemática fue considerada por Pemex Gas y Petroquímica Básica (2000), al elaborar el Atlas de Riesgo del Sistema Nacional de Gasoductos, donde se representa geográficamente las instalaciones integradas por 12,432 tramos de ductos, cada uno con su correspondiente índice de riesgo, incluyendo aquellos ductos fuera de servicio. Asimismo identifica los riesgos asociados y sus consecuencias al entorno, con el fin de desarrollar planes de prevención, mitigación y de contingencia.

**Fotografía 52.** Jardín de Niños Federico Froebel, ubicado en Ciudad Madero.

**Fotografía 53.** Estancia Infantil de la colonia 16 de septiembre, en Ciudad Madero.

***Peligro por Ductos***

Para llevar a cabo la descripción de la temática de riesgo por ductos, el **Servicio Geológico Mexicano** (SGM), en coordinación con Protección Civil del Estado (PC), realiza la solicitud de información a PEMEX sobre el sistema de transporte de ductos. Lo anterior con objetivo de llevar a cabo la actualización del presente Atlas en la temática relacionada a peligro químico, cabe mencionar que tal solicitud se llevó acabo de acuerdo a las bases establecidas en la Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatal y Municipales de Peligros y Riesgos; sin embargo no se obtuvo respuesta por parte de Petróleos Mexicanos.

De acuerdo a información del INEGI (2005), se obtiene información digital de la trayectoria, distribución, número de líneas y clasificación de tuberías subterráneas y superficiales, sin embargo, no se contó con información básica para un análisis de riesgo, en este caso se llegó a nivel de peligro.

Para desarrollar el tema de peligro, se realizó la zonificación con base en los parámetros establecidos en el apartado de Identificación de Peligros y Riesgos Químicos de la guía metodológica de CENAPRED (2006). Donde señala que para determinar la distancia de seguridad de un ducto se debe utilizar la Tabla 109, en la cual se indica dicha distancia de acuerdo con el diámetro nominal de la tubería, la presión de operación y la sustancia transportada. Sin embargo debido a que no se tiene información suficiente sobre el posible impacto de la ruptura de un ducto a otro(s) se debe considerar la distancia mayor determinada para los ductos que se alojan en el derecho de vía y la distancia se mide hacia ambos lados a lo largo del eje del ducto. Las consideraciones para determinar la zona de impacto potencial están destinadas a proporcionar un margen adicional de seguridad.

Para la zonificación de peligro por ductos se considero el valor máximo expuesto en la tabla, es decir, 200 a cada lado de la tubería, lo anterior al considerar el máximo escenario de peligrosidad, lo anterior debido a que se desconoce el tipo de combustible y las características de temperatura, presión y diámetro de los ductos.

**Tabla 109.** Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos.

| Diámetro en Pulgadas | Trampa de Diablos | Gasoductos | | Oleoducto y Gasolinoducto | Gasoducto | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 > P ≥ 80 kg/zcm$^2$ | 80 > P≥ 50 kg/cm$^2$ | | 50 ≥ P 15 kg/cm$^2$ | P < 15 kg/cm$^2$ |
| 48 | 250 | 200 | 150 | 150 | 100 | 50 |
| 36 | 250 | 200 | 150 | 150 | 100 | 50 |
| 30 | 250 | 200 | 150 | 150 | 100 | 50 |
| 24 | 200 | 150 | 150 | 100 | 100 | 50 |
| 20 | 200 | 150 | 100 | 100 | 100 | 50 |
| 18 | 150 | 100 | 100 | 100 | 75 | 35 |
| 16 | 150 | 100 | 100 | 75 | 75 | 35 |
| 14 | 150 | 100 | 75 | 75 | 75 | 35 |
| 12 | 150 | 100 | 75 | 75 | 75 | 35 |
| 10 | 100 | 75 | 75 | 75 | 50 | 35 |
| 8 | 100 | 75 | 75 | 55 | 50 | 35 |
| 6 | 75 | 75 | 75 | 50 | 35 | 35 |
| 4 | 75 | 50 | 50 | 35 | 35 | 35 |
| 3 | 50 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 2 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |

Fuente: **CENAPRED, 2006.** **DSistancia de seguridad establecida en metros.**

Una vez establecida la zona de peligro que representa 200 m a ambos lados de la tubería, fueron involucrados datos de las AGEB'S. El cálculo se aplicó únicamente aquellas ciudades y/o localidades por donde pasan los ductos de PEMEX, a través de sus calles o sobre un costado de la traza urbana, dando como resultado el número de colonias, viviendas y personas que están dentro de la zona de influencia de peligro. Esta información puede consultarse a un nivel de detalle en los Atlas Municipales de Riesgo elaborados de manera paralela al Atlas Estatal de Riesgo.

La red de ductos que se distribuye en más de 420 kilómetros de tuberías a través de 28 Municipios del Estado: Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo, Valle Hermoso, Matamoros, Méndez, San Fernando, Cruillas, Abasolo, Soto La Marina, Casas, Aldama, Llera, Victoria, Güémez, Hidalgo, Villagrán, Mainero, González, Mante, Altamira, Tampico y Madero (Figura 52). Se identificaron 20 ciudades y localidades importantes por donde cruzan los ductos, de los cuales una cantidad considerable de población y viviendas se encuentran en constante peligro por la presencia de ductos, (Fotografía 54). El análisis estadístico y el porcentaje calculado se puede observar en la Tabla 110.

La poblaciones que muestran los porcentajes más altos de número de personas y viviendas en peligro, corresponde a González (González), Los Guerra (Miguel Alemán), Altamira, Miramar y Cuauhtémoc (Altamira). Mientras que las ciudades que tienen el menor porcentaje de la población en peligro corresponden a San Fernando, Tampico, Camargo y Gustavo Díaz Ordaz (Tabla 110).

**Fotografía 54.** Población de Río Bravo en las cercanías de ductos de PEMEX.

**Tabla 110.** Distribución de la población en obtenidos del análisis de la zonificación por peligro de ducto y AGEB´S.

| MUNICIPIO POBLACION (1) | | CIUDAD | NUMERO DE HABITANTES NIVEL CIUDAD (1) | NUMERO DE COLONIAS | NUMERO VIVIENDAS EN PELIGRO | NUMERO PERSONAS EN PELIGRO | POBLACION EN PELIGRO % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Altamira | 162,628 | Altamira | 50,896 | 24 | 1,557 | 5,933 | 11.66% |
| | | Cuauhtémoc | 5,496 | 2 | 146 | 585 | 10.64% |
| | | Miramar | 82,079 | 46 | 3,849 | 15,203 | 18.52% |
| Camargo | 17,587 | Camargo | 9,205 | 2 | 16 | 55 | 0.60% |
| González | 40,946 | González | 10,683 | 5 | 494 | 1,976 | 18.50% |
| | | Estación Manuel | 11,468 | 7 | 259 | 1,023 | 8.92% |
| Gustavo Díaz O. | 15,028 | Gustavo Díaz Ordaz | 10,978 | 3 | 24 | 103 | 0.94% |
| Hidalgo | 23,357 | Santa Engracia | 6,225 | 2 | 100 | 371 | 5.96% |
| Madero | 193,045 | Madero | 193,045 | 19 | 3,736 | 14,319 | 7.42% |
| Mainero | 2,465 | Mainero | 360 | 1 | 4 | 27 | 7.50% |
| Matamoros | 462,157 | Heroica Matamoros | 422,711 | 15 | 2,106 | 7,533 | 1.78% |
| Méndez | 4,785 | Méndez | 789 | 1 | 9 | 39 | 4.94% |
| Miguel Alemán | 24,020 | Miguel Alemán | 16,755 | 15 | 381 | 1,407 | 8.40% |
| | | Los Guerra | 4,768 | 5 | 149 | 613 | 12.86% |
| Nuevo Laredo | 355,827 | Nuevo Laredo | 348,387 | 20 | 1,729 | 7,122 | 2.04% |
| Reynosa | 526,888 | Reynosa | 507,998 | 85 | 6,873 | 27,308 | 5.38% |
| Río Bravo | 106,842 | Río Bravo | 83,736 | 23 | 809 | 3,384 | 4.04% |
| San Fernando | 57,756 | San Fernando | 29,666 | 2 | 2 | 19 | 0.06% |
| Tampico | 303,924 | Tampico | 303,635 | 1 | 198 | 818 | 0.27% |
| Victoria | 293,044 | Victoria | 278,455 | 45 | 3,801 | 14,697 | 5.28% |
| **Estatal** | **2,590,299** | **Ciudades** | **2,377,335** | **323** | **26,242** | **102,535** | **4.31%** |

1.- II Conteo de Población y Vivienda 2005.

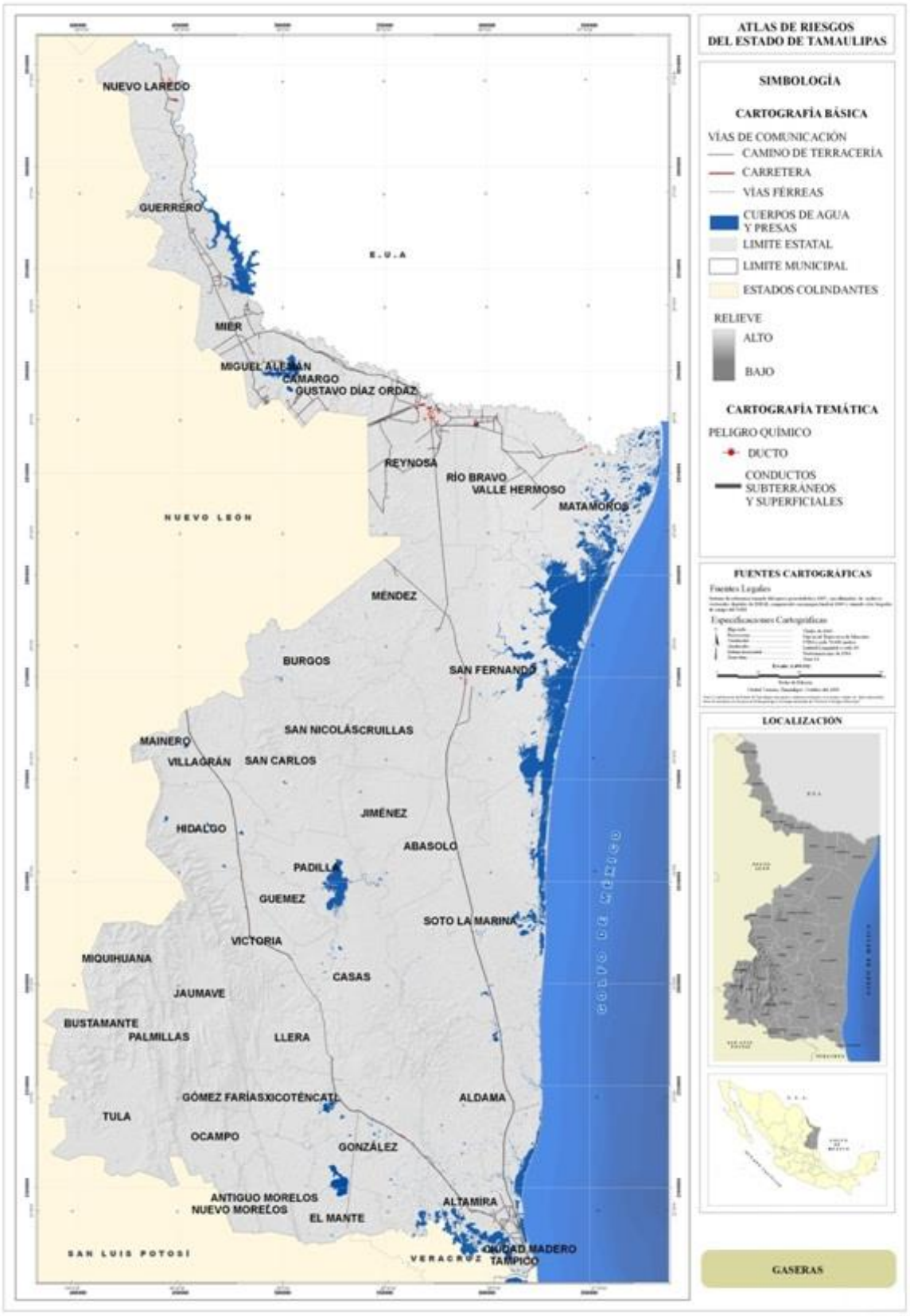



**Figura 98.** Distribución de la red de ductos.

## *D. Industrias*

La cercanía de Tamaulipas con Estados Unidos de Norteamérica facilita el intercambio de comercio por medio de sus cruces internacionales, estableciendo al Estado como una de las principales conexiones de México con el mercado mundial. La mayor actividad de importación y exportación ocurre en la frontera entre Nuevo Laredo, Estado de Tamaulipas y Laredo, Estado de Texas. De acuerdo a la distribución y operación de parques industriales, el Estado se divide en tres zonas en función de sus actividades comerciales: **zona fronteriza**; caracterizada por empresas maquiladoras, dedicadas al ensamble de autopartes, materiales eléctricos y electrónicos, entre otros; la **zona centro**; se identifica por pequeñas industrias dedicadas a la manufactura ligera de empresas textiles dedicadas a la producción de fibras sintéticas, mientras que en la **zona sur** destaca en el ramo químico, petroquímico e industria pesada (Tabla 111).

**Tabla 111.** Distribución de industrias y sus principales ramos.

| RAMO | MUNICIPIOS | PRINCIPALES INDUSTRIAS |
|---|---|---|
| Automotriz Autopartes | Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros, Valle Hermoso, Victoria, Río Bravo, San Fernando | Delphi Automotive Systems, TRW Automotive, Breed Technologies-Custom Trim, AM-MEX Products, Industrias Gobar, AFX Industries, ITT Automotive, Allied Signal, Ti Group Automotive System, Delco Electronics G.M., Visteon, Kemet |
| Textil y Otros | Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros, Valle Hermoso, Victoria, Río Bravo, San Fernando, Díaz Ordaz, Camargo, Altamira, Abasolo, Mante, González, Hidalgo, Jaumave, Jiménez, Palmillas, Tula, Burgos, Miquihuana | Nien Hsing, Bonworth International, Eldex del Golfo, Glossy de México, Nova Link, Rey-Mex, Bike Athletic de México, Diatex, Bryan Industries |
| Eléctrico Electrónico | Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros, Valle Hermoso, San Fernando | Magnetek, Panasonic-Matsushita, Emerson Electric, Lucent Technologies, LG, Nokia, Sony, General Electric Motors, Sunbeam Oster, Whirphool, Black & Decker, Seagate Technology |
| Químico Petroquímico | Matamoros, Altamira | Dupont, Hules Mexicanos, Novaquim, Petrocel, Nhumo, Policyd, Negromex, Primex, Finacril, GE Plastics, Indelpro, Basf , Polioles , PPG Industries , M & G, Temex, Altaresin, Quimar, Hércules Fibras, Química Fluor, Alfa Celulosa, Mexchem |

Fuente: **Gobierno del Estado Tamaulipas.**

La mayor parte de la planta productiva del Estado se desarrolla sobre la industria maquiladora, así como industria química y petroquímica. Existen 34 parques industriales con superficie de 12 mil 83 hectáreas, las cuales albergan más de 281 empresas de distintos ramos y 357 maquiladoras. En su mayoría se encuentran operando en las principales ciudades del Estado; Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros y Victoria (Tabla 112).

**Tabla 112.** Concentración de parques industriales.

| CIUDAD | PARQUE INDUSTRIAL |
|---|---|
| **Nuevo Laredo** | Longoria, Río Grande, Dos Laredos, Finsa, Río Bravo, Modulo América, Los Fresnos, Oradel |
| **Reynosa** | Villa Florida, Intermex, Moll, Stivá Alcalá, Reynosa Center, Reynosa Norte, Reynosa Sur, Puente Pharr, Colonial, El Puente, Maquil Park. |
| **Matamoros** | Alianza, Cima, Cylsa, Del Lago, Finsa del Norte, Finsa del Oriente, Finsa Poniente, Las Ventas, Los Palmares |
| **Altamira** | Puerto Industrial Altamira, Parque de la Pequeña y Mediana Industria, Planta Pretocel |

Fuente: **Fichas Digital y Base de Datos, SGM.**

Los productos que se maquilan y/o elaboran en las industrias varían, así como las sustancias utilizadas en los diferentes procesos. A continuación se citan los principales productos desarrollados en Tamaulipas y sus diferentes ramos (Tabla113).

**Tabla 113.** Productos elaborados en las empresas maquiladoras e industrias del Estado.

| RAMO | PRODUCTOS |
|---|---|
| **Automotriz y Autopartes** | Arneses eléctricos, tableros de vinil, tableros de motor, sistema de frenos antiderrapante y antirrobo, ensamble de radios, cinturones de seguridad, sistemas de seguridad hidráulicos, tableros de circuitos, Arneses electromecánicos para las bolsas de aire, palancas de velocidades y asientos, arneses, antenas, partes para tableros automotrices, interruptores, forros para volantes en vinal y piel, ensamble de ferrita para imanes en carcasas para motores, fabricación de tuberías y mangueras para A/C, ensamble de radios, controles de suspensión, módulos electrónicos de antena. |
| **Textil y Otros** | Elaboración y teñido de mezclilla, confección de prendas de mezclilla, ensamble de ropa Interior para dama, confección de camisetas, blusas, pantalones para dama, bordado de prendas de vestir, corte y ensamble de camisetas de algodón, confección de sacos para dama, ropa para hombre, mujer y bebé, ensamble y fabricación de ropa. |
| **Eléctrico** | Balastros de energía y encendido, auto estéreos, baterías, equipo de radio, TV, equipo médico, interruptores de circuito electrónico, ensamble de componentes electrónicos, transformadores, inductores, fuentes de poder, ensamble de TV, armado de celular completo, cartuchos de cinta magnética para grabar, motores para aire acondicionado, termostatos para cobertores eléctricos, accesorios para refrigeradores, fabricación de herramientas eléctricas, reparación de discos duros para computadora. |
| **Químico y Petroquímico** | Bióxido de Titanio, hule sintético, hule químico intermedio DMT y TPA , negro de humo, resinas PVC, hule sintético, resinas PVC, fibras acrílicas, resinas ABS, polipropileno, poliestireno cristal, polímeros de estireno, poliestireno expansible, silica precipitada, PET, TPA , resinas de cloruro de polivinilo, oxido de magnesio, fibra corta de polipropileno, fluoruro de hidrógeno, alfa celulosa. |

Fuente: **Gobierno del Estado Tamaulipas.**

Con la finalidad de llevar un control sobre las industrias verificadas, que en este caso se trata de alrededor de 200 industrias distribuidas en 34 parques industriales, se utilizó una clave única denominada “Punto de Control”, compuesta por 3 letras (abreviación de Industria), seguida de cuatro dígitos (IND9002). En el caso de empresas que cuentan con más de dos naves o lotes dentro de un parque industrial, se conservo la misma numeración y se le asigno una letra adicional según sea el caso a, b ó c, caso de la Industria Caterpillar, la cual con cuatro naves dentro del parque Industrial Finsa y una en el parque industrial Oradel, a esta empresa se le asigno el numero IND9005 sus derivados de la “a, b, c y d. Misma que puede consultar en los Anexo II de fichas digitales y en base de datos del SIG Anexo I.

De la información obtenida se elaboraron fichas digitales en formato EXCEL, cada una contiene datos de la ubicación del sitio en coordenadas en UTM (datum interfase 92 - WGS84), dirección, nombre o razón social, giro industrial, horarios, número de empleados que elaboran en cada turno, tipo de sustancias peligrosas, almacenamiento y capacidad, se considera la distancia de la zona urbana, distancia a la que se encuentra de los sitios públicos (escuela, iglesia o centro comercial, etc.) y la distancia de los peligros naturales y antropogénicos a los que están expuestas las industrias (Figura 100). De los datos obtenidos en cada parque industrial de cada ciudad, se elaboro una base de datos con todos los campos antes mencionados.

## FICHA DE PELIGRO SANITARIO

### ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

## RASTRO

**UBICACIÓN**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PUNTO DE CONTROL: | RAS800 | | | | | |
| COORDENADAS UTM: | X: | 617532 | Y: | 2467181 | | |
| | Z: | 22 | | | | |
| CALLE: | Avenida Monterrey s/n | | | | | |
| COLONIA: | Revolución Verde | | | | | |
| CODIGO POSTAL: | 89314 | | | | | |
| LOCALIDAD: | Tampico | | | | | |
| MUNICIPIO: | Tampico | | | | | |
| ESTADO: | Tamaulipas | | | | | |
| VISITADO POR: Alejandro Martínez Alarcón | | | | FECHA: 14-Oct-08 | | |

**CARACTERÍSTICAS DEL SITIO**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NOMBRE: | Rastro Municipal de Tampico | | | | | |
| AREA $m^2$: | 10,000 | | | | | |
| ACCESOS AL RASTRO: | Por Avenida Monterrey | | | | | |
| DISTANCIA ZONA URBANA: | Aledaña | | | | | |
| HORARIO: | L - V de 06:00 a 15:00 y M - Mi 08:00 a 15:00 | | | | | |
| No. PERSONAS TRABAJAN: | 56 Personas | | | | | |
| TIPO DE ANIMALES Y NUMERO MATANZAS/ANEO: | AVES | | CERDOS | 30,000 | RECES | 20,000 |
| | OVINOS | | CAPRINOS | | OTROS | |
| VOLUMEN PRODUCTO: | 50 Toneladas/semana | | | | | |
| VOLUMEN DESECHOS: | Dato reservado | | | | | |
| DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS: | CONSECIONES | X | TIRAN | | | |
| | Se venden a APELSA MONTERREY | | | | | |
| VOL. AGUA UTILIZADA: | Dato reservado | | | | | |
| VOLUMEN DE DESCARGA: | Dato reservado | | | | | |
| DISPOSICIÓN FINAL AGUA: | Dato reservado | | | | | |
| CAPACIDAD DE GAS LP: | Dato reservado | | | | | |
| TIEMPO DE OPERACIÓN: | 4 años | | | | | |
| VIDA UTIL DEL RASTRO: | Dato reservado | | | | | |
| ANTECEDENTES DE ALGUN SINIESTRO: | Ninguno | | | | | |

RESPONSABLE DEL MANEJO DEL RASTRO: Pedro M. Resándiz

**COMENTARIOS:**

Gasolinera a 90 metros

Los datos citados corresponden a la remodelación del nuevo rastro

**MUNICIPIO TAMPICO**

**Figura 99.** Ficha de verificación de industrias.

A continuación se citan las industrias ubicadas dentro de los parques industriales de las ciudades Nuevo Laredo y Reynosa. Cabe mencionar que de manera adicional se verificaron industrias en las ciudades Victoria, Nuevo Laredo, Matamoros, Valle Hermoso, Jaumave y El Mante, por lo que se recomienda al lector consultar el (Anexo II) que corresponde a las fichas de verificación en campo (Figura 100).

***Parques Industriales en Nuevo Laredo***

En el caso de Nuevo Laredo cuenta con más de 50 maquiladoras (Tabla 114) distribuidas en siete parques industriales: Longoria, Río Grande, Dos Laredos, Los Fresnos, Finsa, Río Bravo, Modulo América y Oradel (Figura 101). De estos, seis se localizan dentro de la mancha urbana mientras que el Parque Oradel está localizado a cinco Km al poniente de la ciudad. Estas empresas elaboran y/o manufacturan productos para la industria de autopartes automotrices, productos eléctricos, electrónicos, así como empaques para embutidos, productos médicos, entre otros.

**Tabla 114.** Parques Industriales de Nuevo Laredos y sus empresas maquiladoras.

| PARQUES | INDUSTRIAS |
|---|---|
| Longoria<br>Río Grande<br>Dos Laredos<br>Finsa<br>Río Bravo<br>Modulo America<br>Los Fresnos<br>Oradel | Springfield Wire de México S.A. DE C.V., Aclor Servicio Operativo S. de R.L. de C.V, Casa de pesca S.A. de C.V. Bulk Lift Internacional S. de R.L., GST Autoleather, Productos MedLine S.A. de C.V., Tecnología y Servicios para la informática S.A de C.V., Maquila Lobo de México S.A. de C.V., Balatas Mexicanas S.A. de C.V., Radiadores Daniel S.A. de C.V. Fabricas, Radiadores Daniel S.A. de C.V. Fabricas, Vaimag S.A. de C.V., Industrial Fronteriza HLT, HAYES LEMMERZ, Delphi Alambrados automotrices S.A. de C.V., Visko S.A. de C.V., ELW Industrial S.R.L. de C.V. "Chromalox, Controles TEMEX S de R.L. de C.V., Sony, Caterpillar, Teleflex Medical de México S. de R.L. de C.V., Delphi (Packard Electric System), Industrias Rheem S.A. de C.V., Wiegand División Emerson S.A. de C.V., Proliance Internacional S.A. de C.V., Delphi Packard Electric System (Fotografía 56). |

Fuente: **Fichas Digital y Base de Datos, SGM.**

**Fotografía 55.** Parque Industrial Modulo América.

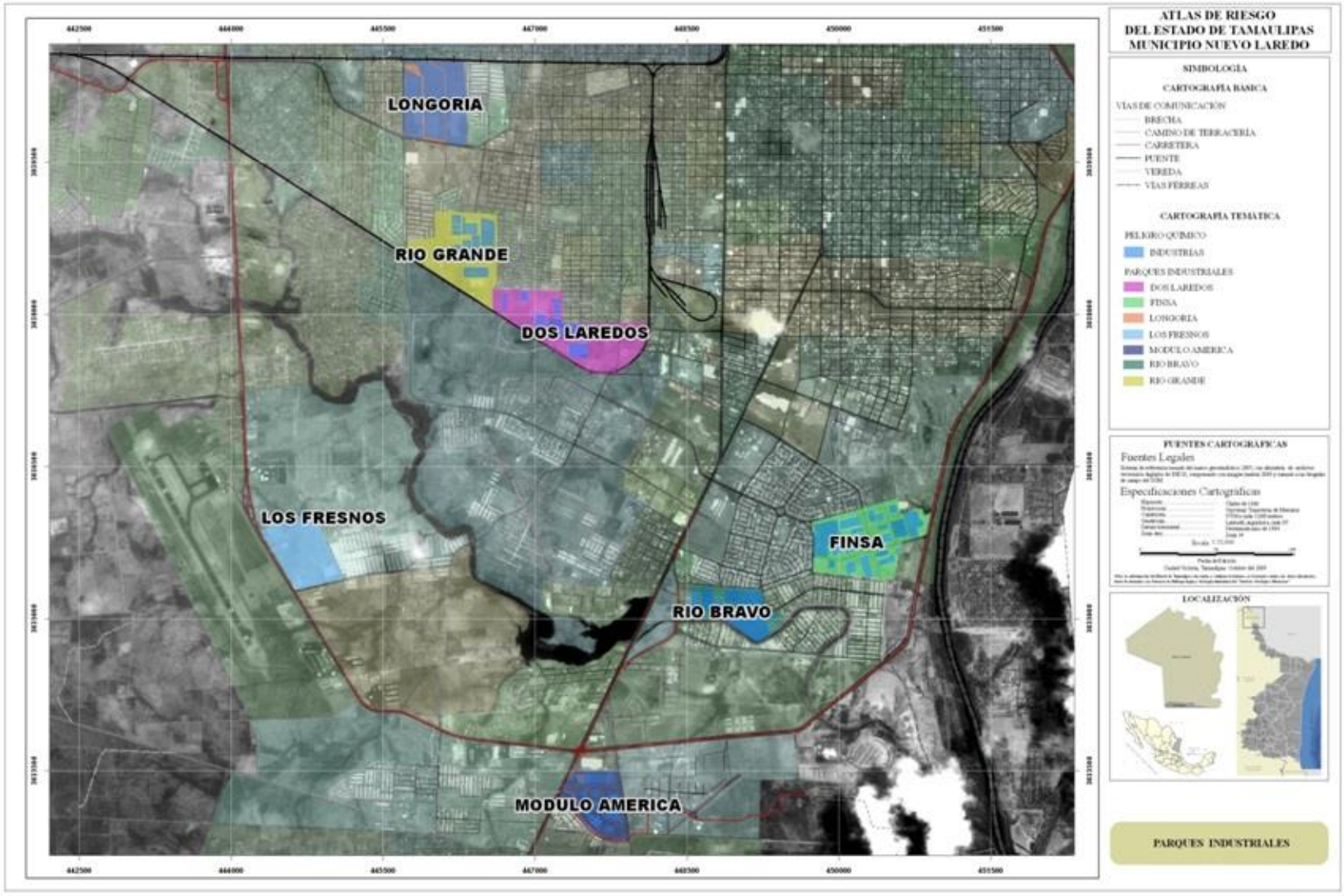



**Figura 100.** Distribución de los parques industriales en la ciudad de Nuevo Laredo.

***Parques Industriales en Reynosa***

La Ciudad de Reynosa cuenta con más de 200 empresas entre maquiladoras y pequeñas industrias distribuidas en 10 parques industriales (Fotografía 56), conocidos como Villa Florida, Intermex, Del Norte, Moll, Stivá Alcalá, Reynosa Centro, Reynosa Norte, Reynosa Sur, Puente Pharr y Colonial (Figura 102; Tabla 115).

**Tabla 115.** Parques Industriales de Reynosa y sus empresas maquiladoras.

| PARQUES | INDUSTRIAS |
|---|---|
| Villa Florida | Alcan de Matamoros, S.A. de C.V., Dulces Famosos de México S. de R.L. de C.V., XPEDX, NOKIA, Whirpool / NOMA, Perlos México S.A. de C.V., EMERSON Climatic Technologies, Span de México S.A. de C.V. Pentair Water México S. de R.L. de C.V., Goodwrench Auto Body Center, TI Group Automotive, BSN Medical S.A. de C.V., Thermofisher Scientific, Ametek, Grupo Arca, Coca-cola embotelladora Tamaulipas, Black&Decker de Reynosa S. de R.L. de C.V., Cemex, FINSA Maquilpark, Standard Motor Products de México S. de R.L. de C.V., ESSELTE Reynosa S. de R. L. de C.V., LG Electronics, Bodega LG, Mega Techway de México, LG Electronics, Plasticos LG, Dimer Diseños y Mercadotecnia S.A. de C.V., Espumas Chicas S. de R.L. de C. V., Atletic Sewind S. de R.L. de C.V., Maderas y Tarimas La Esperanza S.A. de C.V., ILS Integrated Logistics Systems, ILS Integrated Logistics Systems, Carto Industrial del Norte S.A. de C.V., entre otros. |
| Intermex | |
| Del Norte | |
| Moll | |
| Stiva Alcalá | |
| Reynosa Centro | |
| Reynosa Norte | |
| Reynosa Sur | |
| Puente Pharr | |
| Colonial | |

**Fotografía 56.** Parque Industrial Villa Florida.

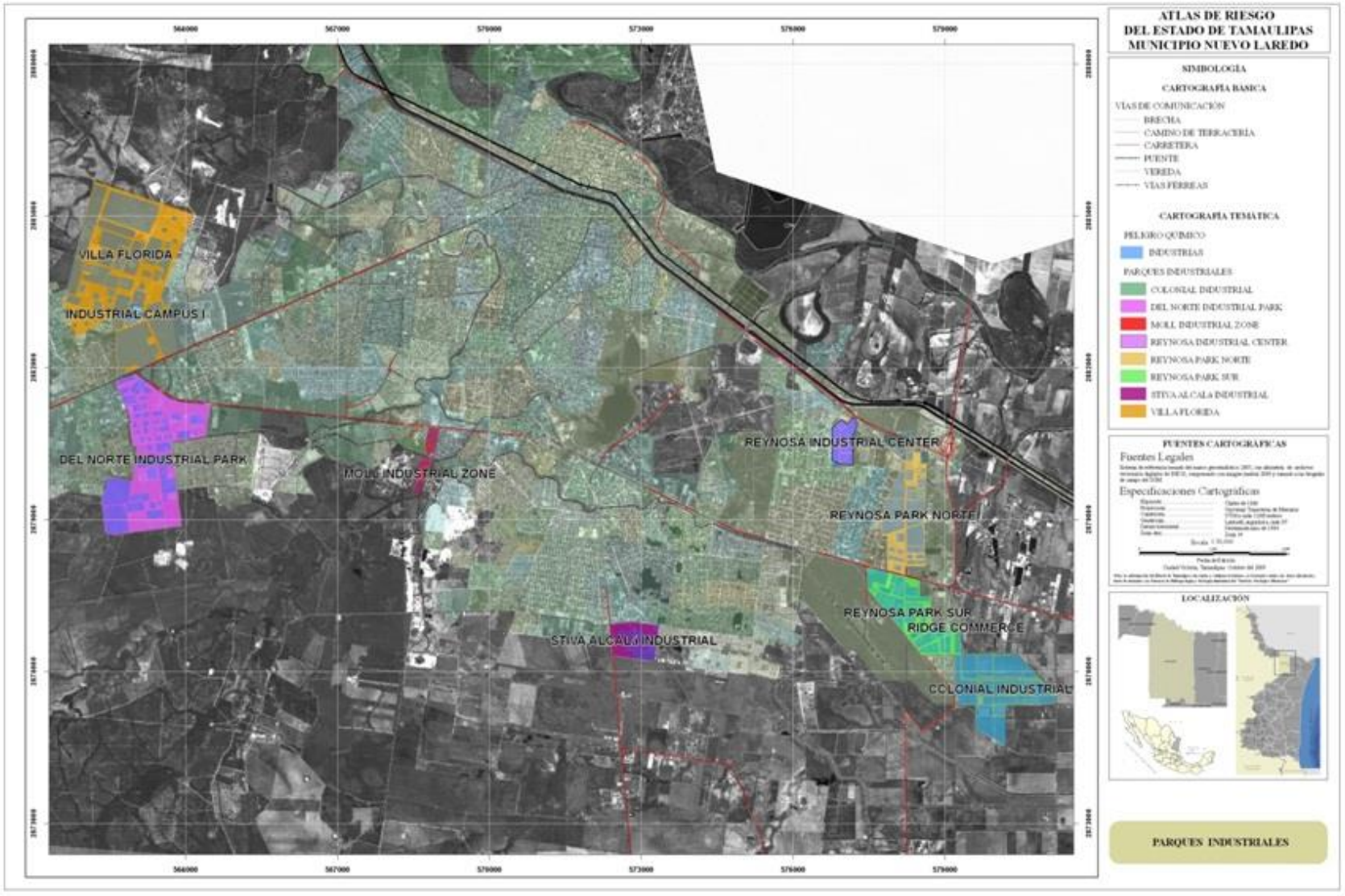



**Figura 101.** Distribución de los parques industriales dentro de la Ciudad de Reynosa.

La finalidad principal de verificar las industrias es generar una base de datos donde se plasmen sus principales características, esto mostrado mediante fichas de campo (formato Excel), fichas en formato PDF para una consulta rápida, así como en el Sistema de Información Geográfica Anexo II para una consulta digital. En el desarrollo del presente Atlas se generó la información básica para posteriormente generar una modelación en función del tipo y volúmenes de substancias que se manejen.

## *E. Riesgo Químico*

Para obtener el riesgo relacionado a explosiones en gaseras y gasolineras, se conjuntaron los resultados del análisis de peligro y vulnerabilidad, esta última obtenida a partir de la tipología de vivienda (basada en la metodología CENAPRED, 2006, modificada por SGM 2009). La matriz de riesgo utilizada para gasolineras cuenta con tres niveles (Alto, Medio y Bajo), mientras que en las gaseras se consideró un cuarto nivel (Muy Alto), relacionado a una zona conocida como Bola de Fuego, donde la radiación térmica afecta de manera inmediata todo ser vivo, así como a la infraestructura que se encuentre dentro del radio de influencia, mientras que en los niveles restantes la probabilidad de daño disminuye en función de la distancia.

Es importante mencionar que en el análisis y determinación del riesgo se consideró únicamente la afectación de viviendas, omitiendo vías de comunicación y sitios socio-organizativos, ya que no se contó con la información necesaria para incluirlas.

### *a) Riesgo químico por gaseras*

La zonificación de riesgo por explosión en gaseras fue establecida utilizando la matriz mostrada en la Tabla 116, donde se relaciona el nivel de peligro, la tipología de vivienda, así como la vulnerabilidad.

**Tabla 116.** Niveles de Riesgo por explosión de gaseras.

| MATRIZ DE RIESGO PARA GASERAS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nivel de Peligro | *TIPO DE VIVIENDA* | | | |
| | *Tipo 4* | *Tipo 3* | *Tipo 2* | *Tipo 1* |
| **Peligro por Bola de fuego** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** |
| **Peligro Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** |
| **Peligro Medio** | **Riesgo Bajo** | **Riesgo Medio** | **Riesgo Medio** | **Riesgo Alto** |
| **Peligro Bajo** | **Riesgo Bajo** | **Riesgo Bajo** | **Riesgo Medio** | **Riesgo Medio** |
| | Vulnerabilidad Baja | Vulnerabilidad Media | Vulnerabilidad Alta | Vulnerabilidad Muy Alta |

Fuente: **DINAPRE, 2006. Modificado SGM, 2009.**

En base a lo anterior fue elaborada una zonificación de Riesgo para cada una de las 93 gaseras verificadas en las cabeceras municipales del Estado. A continuación se presentan dos ejemplos representativos de la zonificación por explosión en gaseras. Cabe mencionar que en el Sistema de Información Geográfica que se anexa al Atlas de Riesgo, es factible consultar los resultados de todas las gaseras, de igual forma interactuar con las diversas capas y conocer los sitios públicos que se encuentran en zona de afectación, además de involucrar otro tipo de riesgo, tal es el caso de explosión por ductos y/o por fenómenos naturales.

Riesgo muy alto (color rojo), corresponde a la combinación de los radios de peligros por Bola de Fuego y Peligro Alto, cabe mencionar que en este caso la clasificación de viviendas es agrupada en un

sólo tipo, ya que toda estructura o edificación que se encuentren dentro en este radio podrá ser afectada en su totalidad.

Riesgo alto (color naranja), Resulta cuando se conjunta una clasificación de peligro medio, en conjunto con una vulnerabilidad muy alta.

Riesgo medio (color amarillo), muestra la ubicación de aquellas viviendas en las que la tipología resiste en menor grado el impacto de la radiación térmica. Esta clasificación de riesgo se obtiene al mezclar los niveles de peligro y vulnerabilidad de la matriz arriba descrita, de manera que, a partir de un peligro medio y vulnerabilidad media se obtiene un riesgo medio.

Riesgo bajo (color verde), muestra aquellos sitios o viviendas que sufrirán pérdidas menores en cuanto a gastos materiales. Este tipo de riesgo es producto de una clasificación de peligro bajo, en conjunto con una vulnerabilidad media.

Cabe mencionar que en las clasificaciones de peligro por explosión de gaseras y gasolineras, se encuentran zonas que carecen de bienes materiales y/o humanos expuestos, por lo tanto no representa riesgo. Este tipo de zonas se representaron en color azul.

La zonificación por riesgo está condicionada por la tipología de vivienda y la exposición del nivel de peligro (Figura 103). De los 4 tipos de viviendas clasificadas para el desarrollo del presente Atlas, los radios de afectación que proyectan riesgo medio y bajo incluyen viviendas tipo tres y cuatro.

A continuación se presentan dos ejemplos de zonificación de riesgo por explosión de gaseras, se trata de las gaseras ComVicSa y Jebla, ubicadas en Ciudad Victoria (Figura 103), en la cual predomina el tipo de riesgo bajo. En la zona de riesgo medio se ubica la escuela secundaria Surval (punto de verificación ESC 143), de igual forma el preescolar José María González y Pavón se localiza en una zona de riesgo bajo.

En el caso de la matriz de riesgo aplicada a la simulación por explosión de la Gasera Termo Gas S.A. de C.V., ubicada en la Ciudad de Nuevo Laredo, se obtiene Riesgo Muy Alto (color rojo) para los peligros por Bola de Fuego y Peligro Alto, este resultado es arrojado por la alta radiación térmica que sería emitida en caso de explosión, para los niveles de riesgo restantes arrojo la misma zonificación del análisis interpretado en el apartado de peligro, sólo con la diferencia de la clasificación de riesgo medio en color amarillo y riesgo bajo en color verde (Figura 104).

En este último caso resulta representativa la zona de riesgo nulo, ya que al continuar creciendo la mancha urbana, al ubicarse cualquier tipo de infraestructura en la zona se convertiría en forma automática en una zona de riesgo, cuya clasificación estaría en función de la zona de peligro donde se ubique y la tipología de vivienda que se construya.

**Figura 102.** Zonificación de riesgo por explosión de las Gaseras Jebla y ComVicSA en Ciudad Victoria.

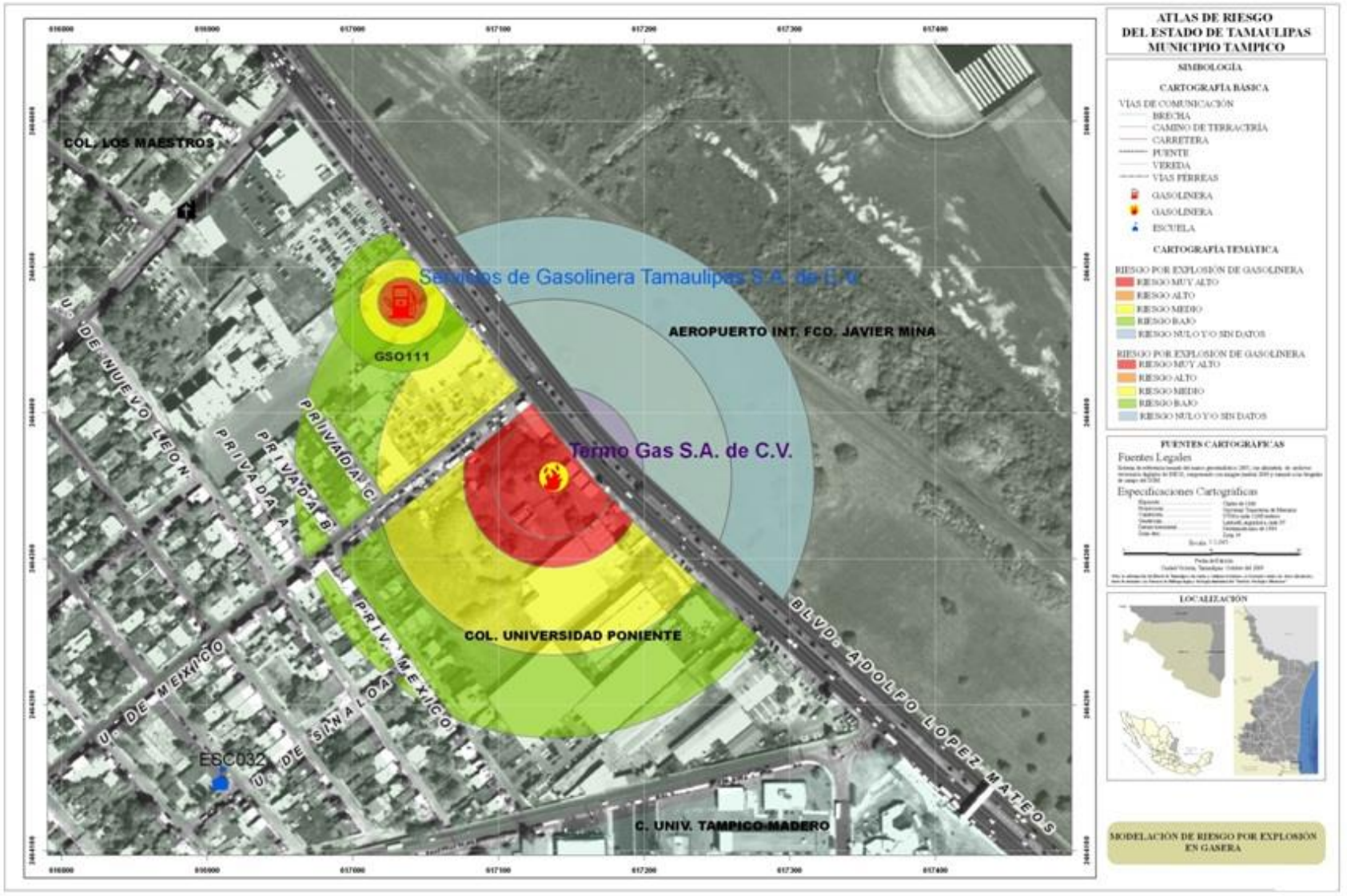



**Figura 103.** Zonificación de riesgo por explosión de la Gasera TermoGas. Nuevo Laredo, Tamaulipas.

### *b) Riesgo químico por gasolinera*

Para el análisis de riesgo por explosión de gasolineras se consideró dentro de la matriz de riesgo a los tres niveles: Alto, Medio y Bajo (Tabla 117), en la que se realizan combinaciones entre nivel de peligro y vulnerabilidad a partir de la tipología de vivienda, esto únicamente para los niveles de Peligro Medio y Bajo, ya que para el Peligro Alto se consideró no incluir el tipo de vivienda, dejando como riesgo muy alto, a menos que en el área no hubiera casas habitación y/o habitantes.

**Tabla 117.** Colores que representan en el SIG el nivel de riesgo de gasolineras.

| MATRIZ DE RIESGO PARA GASOLINERAS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nivel de Peligro | *TIPO DE VIVIENDA* | | | |
| | *Tipo 4* | *Tipo 3* | *Tipo 2* | *Tipo 1* |
| **Peligro Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** | **Riesgo Muy Alto** |
| **Peligro Medio** | **Riesgo Bajo** | **Riesgo Medio** | **Riesgo Medio** | **Riesgo Alto** |
| **Peligro Bajo** | **Riesgo Bajo** | **Riesgo Bajo** | **Riesgo Medio** | **Riesgo Medio** |
| | Vulnerabilidad Baja | Vulnerabilidad Media | Vulnerabilidad Alta | Vulnerabilidad Muy Alta |

Fuente: **DINAPRE, 2006. Modificado SGM, 2009.**

A continuación se presentan dos ejemplos de zonificación de riesgo por explosión de gasolineras, cabe mencionar que la zonificación para la totalidad de las gasolineras verificadas se puede consultar en el Sistema de Información Geográfico Anexo I, así como en los Atlas Municipales de Riesgo, los cuales fueron elaborados de manera paralela al presente Atlas de Riesgo Estatal.

En el caso de la gasolinera San Carlos S.A. de C.V, ubicada en Ciudad Victoria, se observa que el riesgo alto se concentra en las cercanías a sus propias instalaciones, posteriormente disminuye en función de la distancia. En este caso en particular la zona de riesgo se concentra en la zona poniente de la gasolinera, lo anterior debido a que en el extremo oriente no se cuenta con infraestructura, por lo cual el riesgo desaparece. Los establecimientos que quedan en riesgo son: la estación de servicio en sí misma y una porción del Hotel La Villa (Figura 105).

Otro ejemplo representativo abarca a dos gasolineras de la Ciudad de Reynosa, se trata de Lubricantes San Antonio (GSO6055) y Corporativo de Multiservicios Nacionales (GSO6027), en ambos casos una serie de viviendas se localizan en zona de riesgo, de igual forma las instalaciones de la Universidad Interamericana del Norte, y la escuela Enrique de Osso, A.C., cuya ubicación de muestra en la Figura 106.

Para conocer con detalle el número de viviendas, cantidad de habitantes, así como particularidades de los sitios públicos ubicados en las distintas zonas de riesgo, de estas y el resto de las gasolineras verificadas, se recomienda consultar el SIG Anexo, el cual se podrá retroalimentar a medida que se desarrolle la traza urbana y se instalen nuevas estaciones de servicio.

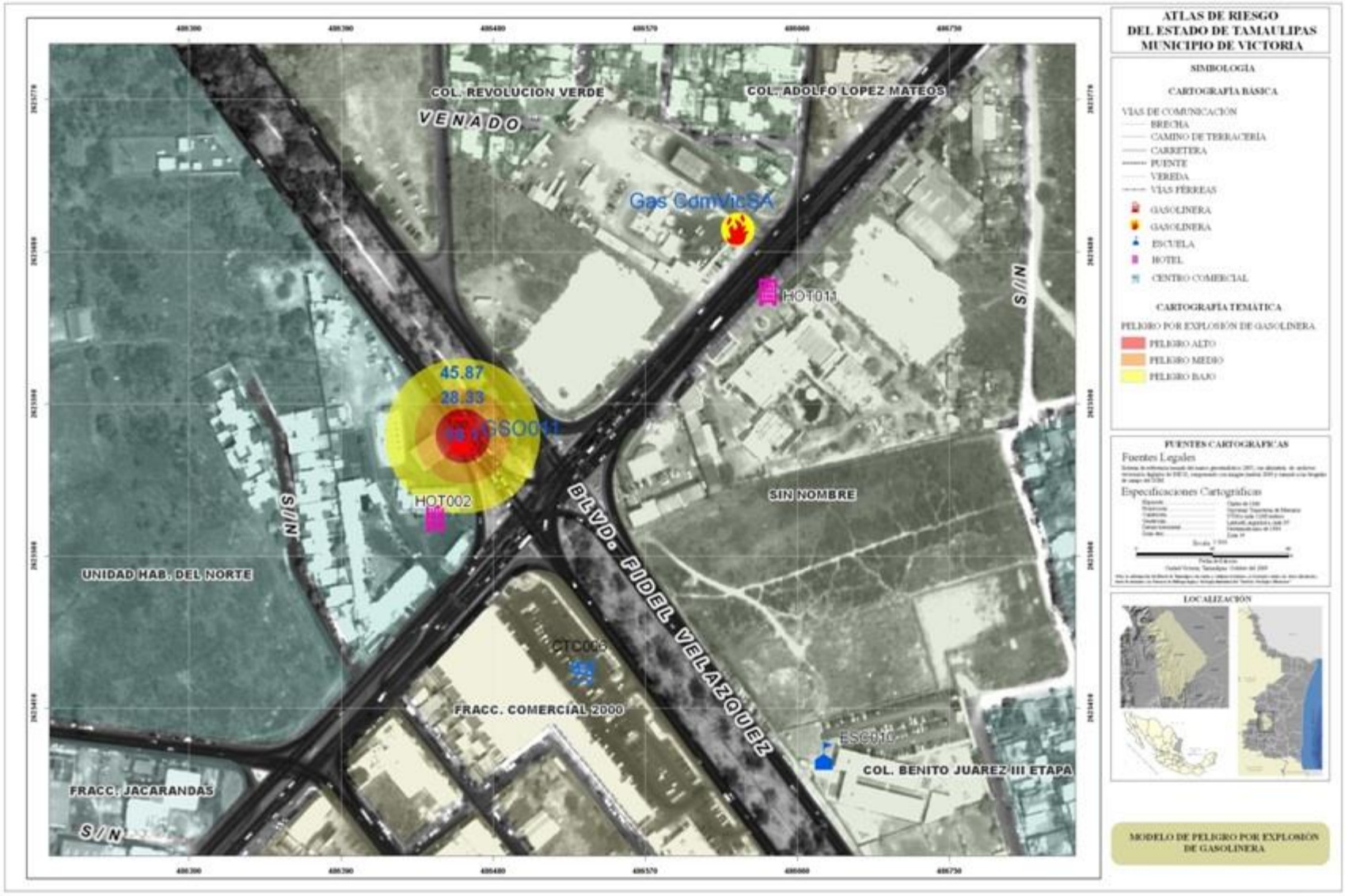



**Figura 104.** Zonificación de riesgo para la gasolinera San Carlos. Cd. Victoria, Tamaulipas.

**Figura 105.** Simulación de riesgo para las gasolineras San Antonio y Multiservicios Nacionales. Reynosa, Tamaulipas.

## 4. Sanitarios

Como peligros sanitarios son considerados aquellos sitios que brindan servicios a la comunidad (clínicas, hospitales, basureros, rastros, entre otros) ya sean públicos o privaos, cuya principal característica es el la generación y/o manejo de residuos biológico – infecciosos (RBI). A fin de conocer las características principales de este tipo de sitios, en el desarrollo del presente Atlas de Riesgo fueron verificados una serie de hospitales, rellenos sanitarios, basureros, tiraderos clandestinos y rastros (Tabla 118).

**Tabla 118.** Sitios verificados en las 43 cabeceras municipales.

| SITIOS VERIFICADOS | NÚMERO |
|---|---|
| Hospitales | 313 |
| Rellenos Sanitarios | 4 |
| Basureros | 18 |
| Tiraderos Clandestinos | 9 |
| Rastros | 20 |

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los sitios considerados como potencialmente generadores de peligro sanitario, refiriéndose a hospitales, sitios para disposición final de residuos sólidos y rastros.

### *A. Hospitales*

De manera general los centros de atención médica están clasificados como unidades de consulta externa, hospitalización, asistencia social y establecimiento de apoyo, ofrecen servicios médicos de primer, segundo y tercer nivel (Tabla 119). Estos centros pertenecen a los sectores público y privado, específicamente a la Secretaría de Salud y Asistencia (SSA), Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Servicio Medico Estatal (SME), Secretaría de la Defensa Nacional (SDN), Petróleos Mexicanos (PMX), Hospitales Universitarios (HUN), y Cruz Roja (CRO), así como al Servicio Médico Privado (SMP).

**Tabla 119.** Clasificación de niveles de hospitales.

| NIVEL I | NIVEL II | NIVEL III |
|---|---|---|
| Unidades Hospitalarias de 1 a 5 camas e instituciones de investigación con excepción de los señalados en el Nivel III | Unidades hospitalarias de 6 hasta 60 camas | Unidades hospitalarias de más de 60 camas |
| Laboratorios clínicos y bancos de sangre que realicen análisis de 1 a 50 muestras al día. | Laboratorios clínicos y bancos de sangre que realicen análisis de 51 a 200 muestras al día | Centros de producción e investigación experimental en enfermedades infecciosas |
| Unidades hospitalarias psiquiátricas | Bioteros que se dediquen a la investigación con agentes biológico-infecciosos | Laboratorios clínicos y bancos de sangre que realicen análisis de más de 200 muestras al día. |
| Centros de toma de muestras para análisis clínicos | Establecimientos que generen de 25 a 100 kilogramos al mes de RPBI* | Establecimientos que generen más de 100 kilogramos al mes de RPBI* |

** Residuos peligrosos biológicos e infecciosos.*

En Tamaulipas el Sector Salud cuenta con 517 unidades médicas, de las cuales 481 son de primer nivel, 33 de segundo y tres de tercer nivel, las cuales brindan atención a más de 3 millones de habitantes. La infraestructura básica para la atención de la salud en el Estado registra 260 salas de expulsión, 87 quirófanos, 61 laboratorios, 80 equipos de rayos X, 1,551 consultorios, y 2 mil 661 camas censables (Plan Estatal de Desarrollo Tamaulipas 2005-2010). Del total de unidades médicas, en el desarrollo del presente Atlas de Riesgo fueron verificadas 313, éstas ubicadas en las 43 cabeceras municipales (Figura 107). De acuerdo a las fichas de verificación (Figura 108), localizadas en el 200 ofrecen servicio de consulta externa, 89 son unidades de hospitalización y 16 centros de atención de urgencias-Cruz Roja-, 9 establecimientos de apoyo y centros de asistencia social que ofrecen servicio de urgencia y apoyo a la sociedad.

Se realizó un levantamiento de campo verificando las unidades médicas (Tabla 120), lo anterior en cada una de las cabeceras municipales considerando todos los servicios médicos con los que cuenta. En las fichas de verificación se tomaron datos como: nombre, dirección, teléfono, datos de posicionamiento en coordenadas X, Y y Z, asignándole una clave que se refiere al punto de ubicación de cada unidad, así como la institución a la que pertenecen, nivel, tipo, horarios, nombre del responsable, número de médicos, enfermeras, etc., así como datos referentes al manejo de Residuos Peligrosos Biológicos Infecciosos (Figura 108).

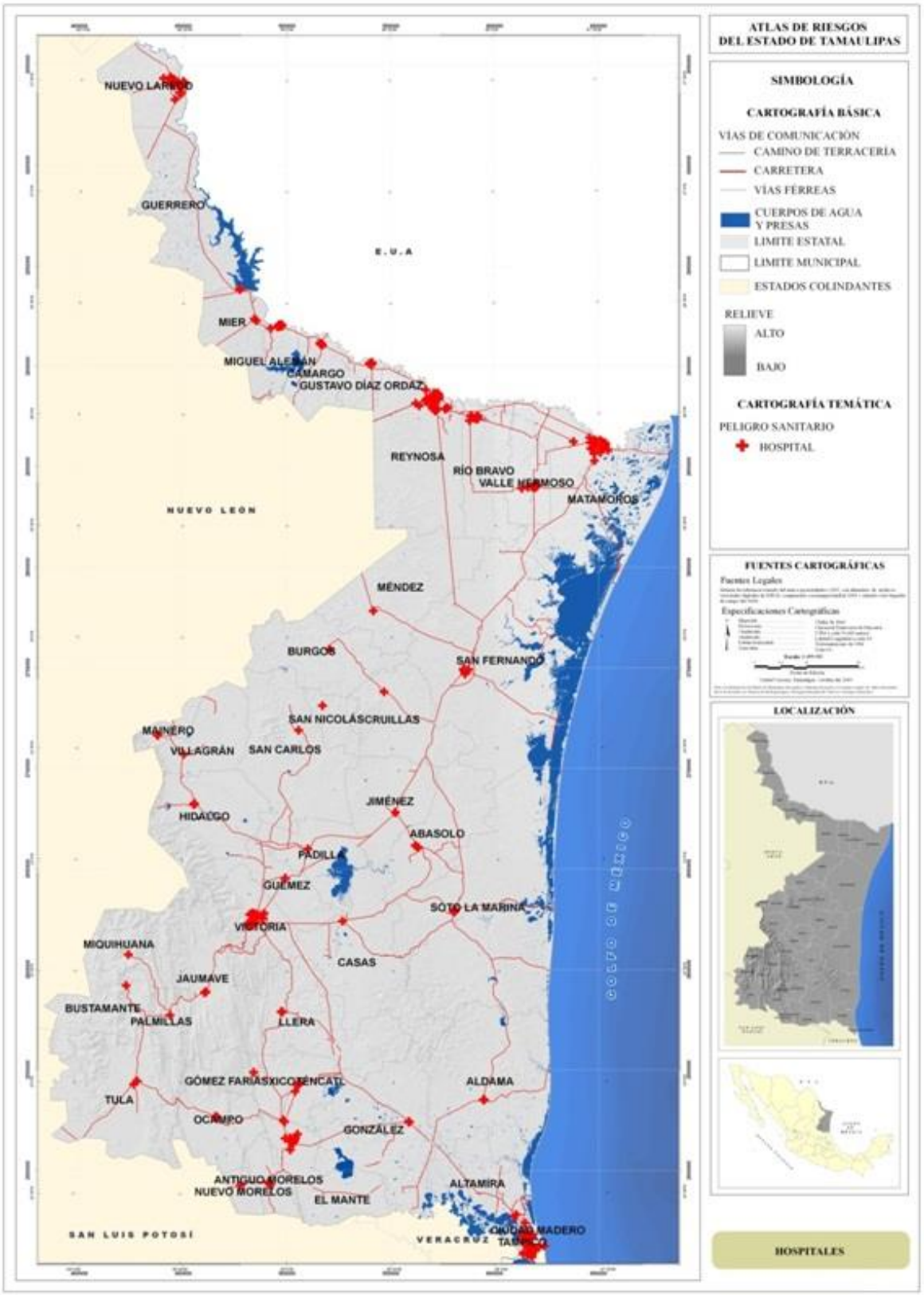



**Figura 106.** Distribución de unidades médicas verificadas.

**Tabla 120.** Centros de atención a la salud verificados en las 43 cabeceras municipales del Estado.

| | HOSPITALES | | | | | | | | CONSULTA EXTERNA | | | | | | | | EA | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CABECERAS MUNICIPALES | IMSS | ISSSTE | SSA | SMP | SDN | PEMEX | HUN | SME | IMSS | ISSSTE | SSA | SME | PEMEX | HUN | SMP | CRO | | |
| Abasolo | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | **4** |
| Aldama | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | **4** |
| Altamira | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | **4** |
| Antiguo Morelos | | | | | | | | | 2 | | 1 | | | | | | | **3** |
| Burgos | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | **1** |
| Bustamante | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | **1** |
| Camargo | | | | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | **5** |
| Casas | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | **1** |
| Cruillas | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | **1** |
| Gómez Farías | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | **1** |
| González | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | **3** |
| Guémez | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | **2** |
| Guerrero | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | **3** |
| Gustavo Díaz Ordaz | | | | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | **5** |
| Hidalgo | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | **3** |
| Jaumave | | | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | **3** |
| Jiménez | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | **2** |
| Llera De Canales | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | **4** |
| Madero | 1 | | 1 | | | 1 | | | | 1 | 3 | | 1 | | | | | **8** |
| Mainero | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | **2** |
| Mante | 1 | 1 | 1 | | | | | | 4 | | 6 | | | | | | 1 | **14** |
| Matamoros | 2 | | 2 | 10 | | | | | 3 | 1 | 15 | | | 1 | | 2 | 1 | **37** |
| Méndez | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | **1** |
| Mier | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | **2** |
| Miguel Alemán | 1 | | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 2 | | | | 11 | 1 | 1 | **20** |
| Miquihuana | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | **1** |
| Nuevo Laredo | 3 | 1 | 1 | 3 | | | | | 2 | | 8 | 2 | | | | 1 | 2 | **23** |
| Nuevo Morelos | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | **2** |
| Ocampo | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | **4** |
| Padilla | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | **2** |
| Palmillas | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | **1** |

**Continuación Tabla 120.**

| | HOSPITALES | | | | | | | | CONSULTA EXTERNA | | | | | | | | EA | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CABECERAS MUNICIPALES | IMSS | ISSSTE | SSA | SMP | SDN | PEMEX | HUN | SME | IMSS | ISSSTE | SSA | SME | PEMEX | HUN | SMP | CRO | | |
| Reynosa | 2 | 1 | 2 | 16 | | | | | 3 | | 13 | | | | 2 | 1 | | **40** |
| Rio Bravo | | | | 2 | | | | | 1 | 2 | 5 | | | | 4 | 1 | | **15** |
| San Carlos | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | **2** |
| San Fernando | | | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 3 | | | | 1 | 1 | | **9** |
| San Nicolás | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | **1** |
| Soto La Marina | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | **5** |
| Tampico | 1 | | | | 1 | | 1 | 6 | | | 14 | 1 | 1 | | 1 | 2 | 1 | **29** |
| Tula | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | **3** |
| Valle Hermoso | | | 1 | 3 | | | | | 2 | 1 | 4 | | | | | 1 | | **12** |
| Victoria | 2 | 1 | 4 | 3 | | | | | | | 10 | | | | | 1 | 1 | **22** |
| Villagrán | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | **3** |
| Xicoténcatl | | | | | | | | | 2 | 1 | 1 | | | | | 1 | | **5** |
| **Total** | **17** | **4** | **17** | **41** | **1** | **1** | **1** | **6** | **38** | **20** | **116** | **3** | **2** | **1** | **20** | **16** | **9** | **313** |

## FICHA DE PELIGRO SANITARIO

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

### HOSPITAL, CLINICA, CENTRO MEDICO

**UBICACIÓN**

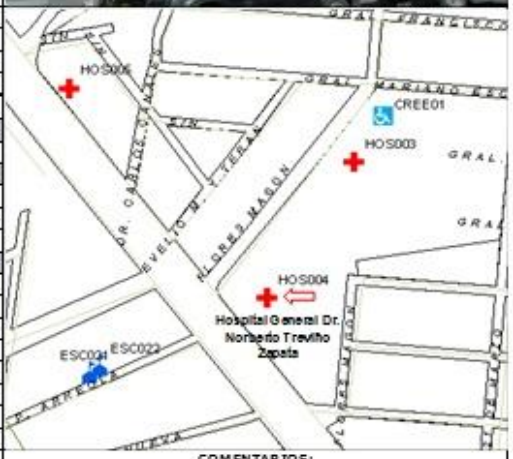
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| PUNTO DE CONTROL: | HOS004 | | | | |
| COORDENADAS UTM: | X: | 485966 | Y: | 2626365 | |
| | Z: | 300 | | | |
| CALLE: | Boulevard Fidel Velazquez No. 1845 | | | | |
| COLONIA: | Revolución Verde | | | | |
| CODIGO POSTAL: | 87029 | | | | |
| LOCALIDAD: | Ciudad Victoria | | | | |
| MUNICIPIO: | Victoria | | | | |
| ESTADO: | Tamaulipas | | | | |
| VISITADO POR: | Edith Ariet Cardoso Vázquez | | | FECHA: 05-Abr-08 | |

**CARACTERÍSTICAS DE LA INSTITUCIÓN**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NIVEL: | PRIMER NIVEL | | SEGUNDO NIVEL | | TERCER NIVEL | X | |
| INSTITUCIÓN: | CRO | | HUN | | IST | | |
| | IMS | | IMO | | PMX | | |
| | SDN | | SMA | | SSA | X | |
| | SMM | | SMP | | DIF | | |
| TIPO DE UNIDAD: | EA | | AS | | CE | | |
| | HO | X | OTRO: | | | | |
| NOMBRE DE LA UNIDAD: | Hospital General Dr. Norberto Treviño Zapata | | | | | | |
| CLUES: | TSSSA002810 | | | | | | |
| TURNO: | MATUTINO | X | VESPERTINO | X | NOCTURNO | X | |
| HORARIO: | 24 horas | | 24 horas | | 24 horas | | |
| TELEFONO: | 834 318 5310 | | 834 316 2257 | | | | |
| RESPONSABLE: | Dr. Jorge Arturo de Jesús Salinas Treviño | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| POBLACIÓN: | MEDICOS | 234 | ENFERMEROS | 309 | PASANTE | 89 |
| | INTENDENCIA | 10 | TECNICO | 70 | OTRO | 382 |
| MEDICOS ESPECIALISTAS: | General | 56 | Oftalmólogo | 3 | Odontólogo | 5 |
| | Pediatra | 7 | Otorrinonaringó | 2 | Gastroenterolog | 1 |
| | Ginecoobstetra | 13 | Traumatólogo | 8 | Cardiólogo | 2 |
| | Cirujano | 11 | Dermatólogo | 4 | Urólogo | 1 |
| | Internista | 6 | Anestesiólogo | 13 | Cirujano | 3 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| POBLACIÓN TOTAL: | 1094 Personas | | | |
| NUMERO CONSULTORIOS: | 40 | NUMERO DE PISO (S) | 4 | |
| NUMERO CAMAS CENSALES: | 123 | CAPACIDAD: | 123 | |




**MANEJO DE RPBI**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SEPARAN Y ENVASAN RPBI: | SI | X | NO | | | | |
| TIPO RPBI Y VOLUMEN GENERADO POR MES ( kg y/o lts ) : | SANGRE | X | CULTIVOS - CEPAS | X | PATOLÓGICOS | X | |
| | Dato Reservado | | Dato Reservado | | Dato Reservado | | |
| | ANATÓMICOS | X | PUNZOCORTANTES | X | OTRO | X | |
| | Dato Reservado | | Dato Reservado | | Dato Reservado | | |
| TOTAL VOLUMEN DE RPBI: | SOLIDOS | | kgs | LIQUIDOS | | lts | |
| ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RPBI : | SI | | NO | VOLUMEN: | Dato Reservado | | |
| | CONTENEDOR METÁLICO | | | CONTENEDOR DE PLASTICO | | X | |
| RECOLECCION Y TRASPORTE DEL RPBI : | PROPIO | | PARTICULAR | | INSTITUCIONAL | | |
| | NOMBRE: | | | | | | |
| DISPOSICIÓN FINAL: | Dato Reservado | | | | | | |
| TIENEN INCINERADORES: | SI | | NO | X | | | |
| TIPO RPBI QUE INCINERAN: | SANGRE | | CULTIVOS - CEPAS | | PATOLÓGICOS | | |
| | ANATÓMICOS | | PUNZOCORTANTES | | OTRO | | |
| PLAN DE CONTINGENCIA DE FUGA O DERRRAME RPBI: | SI | X | NO | | | | |

**SEGURIDAD**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PLAN DE CONTINGENCIA: | SI | X | NO | | | |
| MEDIDAS DE SEGURIDAD: | SI | X | NO | | | |
| SALIDAS DE EVACUACIÓN: | SI | X | NO | HACIA: | | |
| PUNTO DE ENCUENTRO: | SI | X | NO | DONDE: | | |
| TIPO EVENTO REGISTRADO: | INCENDIO | | EXPLOSIÓN | | SISMO | |
| | AGLOMERACIÓN | | OTRO | | NINGUNO | X |

**COMENTARIOS:**

MUNICIPIO VICTORIA

**Figura 107.** Ficha técnica de campo utilizada en la verificación de centros de salud.

Cabe mencionar que se generó una ficha por cada unidad médica visitada (Anexo II), con la cual se pueden conocer de una forma rápida y precisa, las características de los centros de salud pertenecientes a las cabeceras municipales, de igual forma se encuentran en forma digital en el SIG incluido en el presente Atlas. Cabe mencionar que a fin de conocer con mayor detalle la información, se recomienda al lector consultar los Atlas de Riesgos Municipales, los cuales fueron elaborados de manera paralela al Atlas Estatal.

En el caso particular de la Secretaría de Salud, está representada en el Estado mediante ocho jurisdicciones, las cuales se distribuyen en las ciudades Jaumave, Mante, Matamoros, Nuevo Laredo, Reynosa, San Fernando, Tampico y Victoria, cubriendo de esta manera los servicios de salud en el territorio estatal. A cada jurisdicción le corresponde atender a cierto número de Municipios (Tabla 121).

**Tabla 121.** Jurisdicciones y los Municipios que corresponden a la Secretaría de Salud.

| JURISDICCIÓN | SSA ATENCIÓN A MUNICIPIOS |
|---|---|
| Ciudad Victoria | Abasolo, Casas, Casas, Guémez, Hidalgo, Jiménez, Llera, Mainero, Padilla, San Carlos, San Nicolás, Soto la Marina, Victoria, Villagrán |
| Tampico | Aldama, Altamira, González, Madero, Tampico |
| Matamoros | Heroica Matamoros y Valle Hermoso |
| Reynosa | Camargo, Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo |
| Nuevo Laredo | Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Nuevo Laredo |
| Mante | Antiguo Morelos, Gómez Farías, Ciudad Mante, Nuevo Morelos, Ocampo, Xicoténcatl |
| San Fernando | Burgos, Cruillas, Méndez, San Fernando |
| Jaumave | Bustamante, Jaumave, Miquihuana, Palmillas, Tula |

En relación a las unidades médicas, la Secretaría de Salud y Asistencia (SSA), brinda atención a través de 18 hospitales y 134 unidades de consulta externa, de las cuales en el desarrollo del presente trabajo fueron verificados, mediante levantamiento de fichas de campo (Figura 107), 17 hospitales (Abasolo, Aldama, Jaumave, Madero, Mante, Matamoros, Miguel Alemán, Nuevo Laredo, Reynosa, San Fernando, Valle Hermoso y Victoria) y 116 unidades de consulta externa, distribuidos en 41 Municipios, puesto que Burgos y Ciudad Mier no cuentan con este tipo de servicios.

En el caso de estaciones de apoyo se localizan en Ciudad Mante y Matamoros, mientras que las unidades de asistencia social uno se encuentra en Soto La Marina y en Villa Hidalgo. En el caso de la Jurisdicción Sanitaria con cabecera en Ciudad Victoria, cuenta con 13 Municipios en los cuales están ubicadas 39 unidades: 5 centros de salud urbanos, 30 centros de salud para población rural, 1 centro de salud con hospital, 2 hospitales generales y 1 hospital de especialidad.

A continuación se particularizan sobre ciertos hospitales del Estado, esto con la finalidad de conocer parte sus características especificas, tal es el caso del equipamiento técnico y de personal, etc, de tal manera que se conozca, para todos los hospitales verificados, el nivel de información con la que se generó la base de datos que representa los hospitales verificados, misma que se puede consultar en el Anexo I ó en forma digital en el SIG Anexo II.

En el caso del Hospital General Norberto Treviño Zapata, que se ubica en Ciudad Victoria (Fotografía 57) y pertenece a la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), corresponde a una unidad de hospitalización de tercer nivel, compuesta por una platilla total 1104 personas en tres turnos, de los cuales 234 son médicos, los cuales a su vez se dividen en 56 Médicos Generales, 7 Pediatras, 13

Ginecobstetras, 11 Cirujanos, 6 Internistas, 3 Oftalmólogos, 2 Otorrinolaringólogos, 13 Anestesiólogos, 5 Odontólogos, 3 Neurólogos, 2 Hematólogos, 2 Urgenciologos, 2 Ginecólogos, 2 de otra especialidad o cargos y el resto corresponde a pasantes, médicos en adiestramiento, técnicos o en otras actividades. La máxima capacidad registrada en ocho años de operación ha sido del 80%, con una ocupación de 103 camas de 120 disponibles.

**Fotografía 57.** Hospital General Dr. Norberto Treviño Zapata.

En el caso del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), está dividido en 6 subdelegaciones dentro del Estado las cuales se encuentran en las ciudades Victoria, Mante, Tampico, Matamoros, Reynosa y Nuevo Laredo (Tabla 122).

**Tabla 122.** Ciudades y los Municipios que corresponden por subdelegaciones del IMSS.

| DELEGACIONES DEL IMSS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **CIUDAD VICTORIA** | **MANTE** | **TAMPICO** | **MATAMOROS** | **REYNOSA** | **NUEVO LAREDO** |
| Abasolo, Bustamante, Villa de Casas, Guémez, Hidalgo, Jaumave, Jiménez, Llera, Mainero, Miquihuana, Padilla, Palmillas, San Carlos, San Nicolás, Soto La Marina, Tula, Victoria, Villagrán | Aldama, Antiguo Morelos, El Mante, Gómez Farías, Villa González, Nuevo Morelos, Ocampo, Xicoténcatl | Altamira, Ciudad Madero, Tampico, Algunas ciudades de Veracruz | Burgos, Cruillas, Matamoros, Méndez, San Fernando, Valle Hermoso | Camargo, Guerrero, Gustavo Díaz Ordaz, Mier, Miguel Alemán, Reynosa, Río Bravo | Nuevo Laredo, Hidalgo |

En el caso del ISSSTE, cuenta con 35 unidades médicas distribuidas en varios Municipios del Estado (Tabla 123), del total fueron verificadas 25 unidades ubicadas en cabeceras municipales, de las cuales 20 son unidades de medicina familiar, cuatro corresponden a clínicas – hospital y una es clínica de medicina familiar.

**Tabla 123.** Distribución de unidades médicas del ISSSTE en Tamaulipas.

| TIPO DE UNIDAD | MUNICIPIOS |
|---|---|
| Hospital | Tampico |
| Clínica Hospital | Matamoros, Nuevo Laredo, Río Bravo, Reynosa, Victoria |
| Clínica de Medicina Familiar | El Mante |
| Unidades de Medicina Familiar | Abasolo, Aldama, Altamira, Bustamante, Camargo, González, Güeméz, Guerrero, Gustavo Díaz Ordaz, Hidalgo, Jaumave, Jiménez, Llera, Madero, Mante, Mier, Miguel Alemán, Ocampo, Padilla, San Carlos, San Fernando, Soto La Marina, Tampico, Valle Hermoso, Villagrán, Xicoténcatl |

Respecto al sector privado fueron verificadas 62 unidades médicas, de las cuales 20 son de consulta externa, 41 son hospitales y uno más de asistencia social, localizados en los Municipios Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Mainero, Matamoros, Miguel Alemán, Nuevo Laredo, Reynosa, Río Bravo, San Fernando, Tampico, Valle Hermoso y Victoria. Dichos hospitales tienen una capacidad total de camas censables de 534. Para una mayor información sobre cada una de las unidades médicas del sector privado y del sector público se recomienda consultar el Sistema de Información Geográfica (SIG).

En el caso de otras instituciones médicas, como las de la Secretaría de la Defensa Nacional, Pemex, Hospitales o unidades de Consulta Externa y Servicios Médicos Estatales, localizados en el Estado de Tamaulipas, se verificaron 15 unidades, las cuales se distribuyen de acuerdo a la Tabla 124.

**Tabla 124.** Número de unidades médicas según la institución.

| CIUDAD | HOSPITALES | | | | CONSULTA EXTERNA | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| INSTITUCION | SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL | PETROLEOS MEXICANOS | HOSPITALES UNIVERSITARIOS | SERVICIOS MEDICOS ESTATALES | PETROLEOS MEXICANOS | HOSPITALES UNIVERSITARIOS | SERVICIOS MEDICOS ESTATALES |
| Madero | | 1 | | | 1 | | |
| Nuevo Laredo | | | | | | | 2 |
| Tampico | 1 | | 1 | 6 | 1 | | 1 |
| Matamoros | | | | | | 1 | |

Tamaulipas cuenta con 16 unidades de La Cruz Roja Mexicana, en este caso se generó una ficha de verificación para cada una de las unidades, lo anterior en los Municipios Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Miguel Alemán y Reynosa, que a su vez son sedes delegacionales, de igual forma en las cabeceras municipales de Llera de Canales, Nuevo Laredo, Ocampo, Río Bravo, Villa San Fernando, Valle Hermoso, Ciudad Victoria y Xicoténcatl. Mientras que en la Heroica Matamoros y Tampico cuentan con dos unidades.

Del trabajo de campo realizado, se tiene que todos los Municipios cuentan con al menos una unidad de atención medica, mientras que sólo 20 Municipios cuentan con unidades de hospitalización (tablas 125 y 126).

**Tabla 125.** Municipios que cuentan con servicio de hospitalización.

| SI CUENTAN CON SERVICIO DE HOSPITALIZACIÓN | |
|---|---|
| Abasolo | Nuevo Laredo |
| Aldama | Reynosa |
| Camargo | Río Bravo |
| Gustavo Díaz Ordaz | San Carlos |
| Hidalgo | San Fernando |
| Jaumave | Soto La Marina |
| Madero | Tampico |
| Mante | Tula |
| Matamoros | Valle Hermoso |
| Miguel Alemán | Victoria |

**Tabla 126.** Municipios que cuentan con servicio de atención médica.

| CUENTAN CON SERVICIO DE ATENCIÓN MÉDICA | |
|---|---|
| Altamira | Mainero |
| Antiguo Morelos | Méndez |
| Burgos | Mier |
| Bustamante | Miquihuana |
| Casas | Nuevo Morelos |
| Cruillas | Ocampo |
| Gómez Farías | Padilla |
| González | Palmillas |
| Guémez | San Nicolás |
| Guerrero | Villagrán |
| Jiménez | Xicoténcatl |
| Llera De Canales | |

### *ddd) Hospitales en zona de peligros*

De acuerdo al análisis elaborado en el apartado de Riesgo Hidrometeorológico, de las 313 unidades médicas verificadas, 53 se encuentran en zonas de posible inundación (Tabla 127). A fin de conocer con mayor detalle la metodología y características de los sitios, se recomienda al lector consultar el apartado correspondiente a Peligros Hidrometeorológicos, así como los Atlas de Riesgo a nivel municipal que se elaboraron en conjunto con el presente documento.

**Tabla 127.** Unidades Médicas en zonas de peligro por inundación.

| MUNICIPIO | NÚMERO DE UNIDADES MÉDICAS | MUNICIPIO | NÚMERO DE UNIDADES MÉDICAS |
|---|---|---|---|
| Matamoros | 14 | Madero | 3 |
| Victoria | 9 | Abasolo | 2 |
| Reynosa | 8 | Camargo | 1 |
| El Mante | 5 | Miguel Alemán | 1 |
| San Fernando | 5 | Río Bravo | 1 |
| Tampico | 4 | | |

En el apartado correspondiente a Riesgo Antropogénico se incluyen simulaciones de explosiones por gasolineras y gaseras, estableciendo diferentes tipos de radios de afectación, por lo cual en las tablas 128 y 129 se muestra el número de unidades médicas localizado en zona de influencia por explosiones, asimismo, en la Tabla 130, se cita el número de unidades médicas en zona de afectación por una explosión por ductos. A fin de conocer con mayor detalle las unidades médicas en zona de peligro, se recomienda al lector consultar los apartados correspondientes, así como el SIG Anexo.

**Tabla 128.** Unidades médicas en zona de posible explosión por gaseras.

| Ciudad | Unidades médicas en zona de peligro |
|---|---|
| Miguel Alemán | 7 |
| Reynosa | 4 |
| Matamoros | 3 |
| Jiménez | 2 |
| Mante | 2 |
| Camargo | 1 |
| Nuevo Laredo | 1 |
| San Fernando | 1 |

**Tabla 129.** Unidades médicas en zona de posible explosión por gasolineras.

| Ciudad | Unidades médicas en zona de peligro |
|---|---|
| Nuevo Laredo | 2 |
| Xicoténcatl | 1 |

**Tabla 130.** Unidades médicas en zona de posible explosión por ductos.

| Ciudad | Unidades médicas en zona de peligro |
|---|---|
| Miguel Alemán | 7 |
| Río Bravo | 1 |
| Ciudad Victoria | 1 |
| Reynosa | 2 |

## *B. Sitios para disposición final de residuos sólidos*

En Tamaulipas se ubican ciudades y cabeceras municipales que no cuentan con un área destinada propiamente para el vertido y destino final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), que cumpla con las especificaciones actuales en materia ambiental, por lo cual los sitios que predominan son áreas conocidas como basureros municipales donde se depositan residuos a cielo abierto, en este caso se vierten y esparcen los residuos sólidos urbanos sin controles sanitarios adecuados; estos sitios surgen sin una planeación adecuada, en general son ubicados en las afueras o periferias de la ciudades, en las partes bajas, a orillas de algún cuerpo de agua o terrenos que no fueron en su momento de gran valor adquisitivo, (Garza, 2005).

En el caso de los sitios para disposición final de residuos sólidos no peligrosos, para finales prácticos del desarrollo del presente Atlas se dividieron en: rellenos sanitarios, basureros y tiraderos clandestinos. Cabe mencionar que en este caso sólo se hace referencia de manera general a zonas de posible peligro, ya que no se contó con información para generar una zonificación, de igual forma no se involucran los niveles de vulnerabilidad y riesgo.

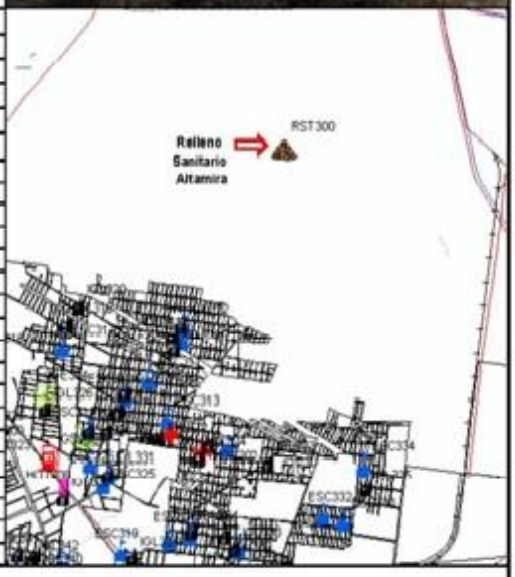
A fin de conocer con mayor detalle los sitios de disposición de residuos sólidos se recomienda al lector consultar el Anexo II, donde se podrán conocer diferentes particularidades anotadas en campo mediante fichas de censo (Figura 109), correspondientes a los 18 basureros, 9 tiraderos clandestinos y 4 rellenos sanitarios, donde se anotan particularidades como ubicación, capacidad, distancia con respecto a la zona urbana, entre otros. De igual forma estos sitios se encuentran integrados para su consulta en el Sistema de Información Geográfico Anexo, con la facilidad de asociarlos a zonas de inundación, peligros químicos, entre otros.

## FICHA DE PELIGRO SANITARIO

## ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

### RELLENO SANITARIO, BASURERO Y TIRADERO

| UBICACIÓN | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PUNTO DE CONTROL: | RST300 | | | | | | | | |
| COORDENADAS UTM: | X: | 611771 | | Y: | 2482009 | | | | |
| | Z: | 21 | | | | | | | |
| CALLE: | Sin nombre | | | | | | | | |
| LOCALIDAD: | Altamira | | | | | | | | |
| MUNICIPIO: | Altamira | | | | | | | | |
| ESTADO: | Tamaulipas | | | | | | | | |
| VISITADO POR: Salvador Zepeda Alvarez | | | | | | FECHA: Oct-2008 | | | |
| CARACTERÍSTICAS DEL SITIO | | | | | | | | | |
| SITIO: | RELLENO SANITARIO | X | BASURERO | | TIRADERO | | | | |
| NOMBRE: | Relleno Sanitario Tecnologia y Medio Ambientales del Golfo. | | | | | | | | |
| SUPERFICIE $m^2$: | 230,000 m2 | | | | | | | | |
| INFRAESTRUCTURA: | SI | X | NO | | Maquinaria | | | | |
| LIMITADO : | SI | X | NO | | MALLA: | X | OTRO MATERIAL: | | |
| DISTANCIA ZONA URBANA: | 1.6 kilometros | | | | | | | | |
| PUEBLOS O CIUDADES, QUE DEPOSITAN LA BASURA: | Altamira, Tampico y Madero | | | | | | | | |
| NUMERO CAMIONES/DIA: | 75 diarios | | | | | | | | |
| VOLUMEN/DIA: | 700 Toneladas | | | | | | | | |
| BASURA CONSECIONADA: | SI | X | NO | | | | | | |
| CLASIFICAN LA BASURA: | SI | X | NO | | NO. PERSONAS | | | | |
| MATERIAL CLASIFICADO: | VIDRIO: | X | CARTON: | X | PLASTICO: | X | | | |
| | MADERA | X | ALUMINIO | X | OTRO | | | | |
| TIEMPO DE OPERACIÓN: | 4 años | | | | | | | | |
| VIDA UTIL: | 15 años | | | | | | | | |
| TIPO DE PELIGRO PRESENTE | | | | | | | | | |
| BASURERO CERCA DE ALGUN PELIGRO: | GASERA | | GASOLINERA | | INDUSTRIA | | | | |
| | REFINERIA | | DUCTOS | | OTRO | | | | |
| | RIO/ARROYO | | BARRANCA | | FALLA ACTIVA | | | | |
| | SIERRA/CERRO | | TALUD | | LAGUNA | X | | | |
| DISTANCIA DEL PELIGRO: | 1 kilometro | | | | | | | | |
| ANTECEDENTES DE ALGUN SINIESTRO: | SINIESTRO: | | | | | | | | |
| | EPIDEMIAS: | | | | | | | | |
| | MAL OLOR | X | | | | | | | |
| RESPONSABLE DEL MANEJO DEL BASURERO O TIRADERO: | | | | | | | | | |
| Tecnologia y Medio Ambientales del Golfo. | | | | | | | | | |
| COMENTARIOS: | | | | | | | | | |




MUNICIPIO ALTAMIRA

**Figura 108.** Ficha para levantamiento de depósitos de residuos sólidos no peligrosos.

### *eee) Rellenos Sanitarios*

A nivel estatal se localizan cinco rellenos sanitarios, de los cuales para el desarrollo del presenta Atlas se verificaron cuatro (Figura 110), ubicados en las ciudades Reynosa, Nuevo Laredo, Victoria y en la zona conurbada de Altamira. Estos se caracterizan por contar con la infraestructura necesaria para llevar un control sobre la captación de los residuos sólidos, así como, maquinaría de recolección y compactación, construcción de pozos que permiten la liberación de gases, presas de recuperación y tratamientos lixiviados, entre otros.

En la Tabla 131 se observan las características principales de los rellenos sanitarios verificados, tal es el caso de la distancia a la zona urbana próxima, superficie, volumen recibido al día, entre otros.

**Tabla 131.** Características relevantes de los rellenos sanitarios verificados.

| RELLENOS SANITARIOS VERIFICADOS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **MUNICIPIO** | **DISTANCIA A LA ZONA URBANA (Km)** | **SUPERFICIE (Has)** | **VOLUMEN DEPOSITADO / DIA (Ton)** | **TIEMPO DE OPERACION (años)** |
| Altamira | 1.6 | 20 | 700 | 4 |
| Nuevo Laredo | 1.2 | 20 | 550 | 15 |
| Reynosa | 7 | 20 | Se desconoce | Se desconoce |
| Victoria | 3.3 | Se desconoce | 400 | 15 |

En el caso de los rellenos sanitarios, cuando no se cuenta con un control adecuado de sus operaciones, son fuente potencial de peligro para contaminación, pudiendo ser para aguas superficiales (Tabla 132), acuíferos, así como zonas habitacionales cercanas al depósito, entre otros.

**Tabla 132.** Se muestra la distancia de los rellenos sanitarios con respecto a cuerpos de agua.

| RELLENOS SANITARIOS CERCANOS A ARROYOS/RIOS | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **PUNTO** | **MUNICIPIO** | **TIPO** | **LOCALIDADES** | **VIDA UTIL** | **NOMBRE RIO/ARROYO** | **DISTANCIA AL RIO (m)** |
| RSA5000 | Nuevo Laredo | Relleno Sanitario | Nuevo Laredo | 15 años | Las Alazanas | 352 |
| RSA6007 | Reynosa | Relleno Sanitario | Reynosa | Dato Reservado | Sin nombre | 188 |

Cabe mencionar que dentro del Programa de Desarrollo Estatal de Tamaulipas se contempla la construcción de dos rellenos sanitarios. El Relleno Sanitario Regional González - Aldama y el que se construirá en la Frontera Ribereña.

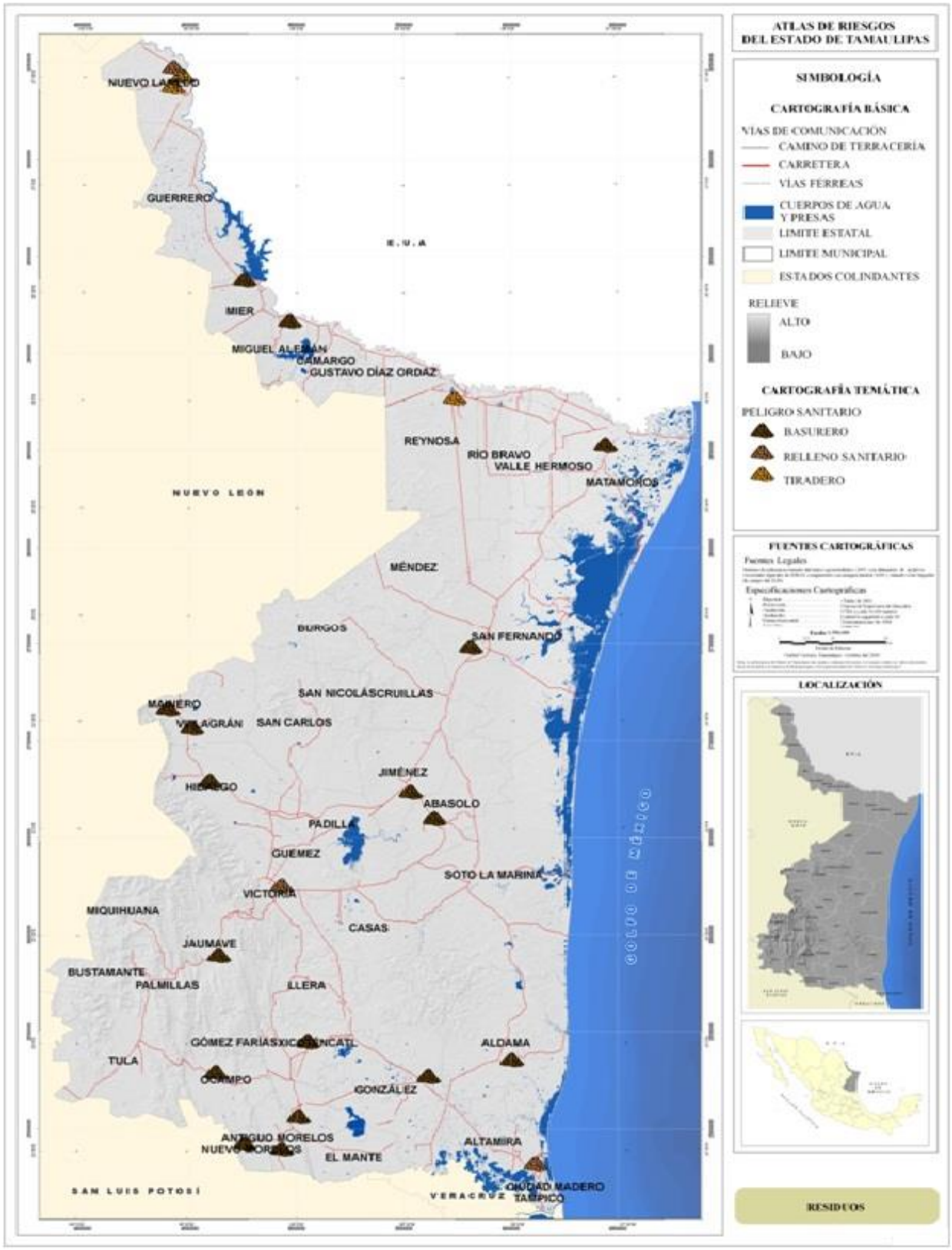



**Figura 109.** Ubicación de rellenos sanitarios y basureros verificados.

### *fff) Basureros*

Una de las principales características que definen a un basurero por efectos ambientales (lluvia, viento, etc), de manera adicional constantemente ocurre incendios, son focos de contaminación a cuerpos de agua superficial y subterránea, entre otros. Como parte de los trabajos de campo del presente Atlas de Riesgo se verificaron en campo las principales características de 18 basureros, de los cuales el 89% se encuentra cercano a causes de agua superficial (Tabla 133).

Las principales características de los basureros verificados se pueden consultar en el Anexo II, representados en fichas de campo (Figura 110) por cada basurero, mientras que su distribución se observa en la Figura 111.

**Tabla 133.** Basureros ubicados cerca de un cauce de agua superficial.

| BASUREROS CERCANOS A ARROYOS/RIOS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **CLAVE DE VERIFICACIÓN** | **MUNICIPIO** | **LOCALIDADES QUE DEPOSITAN** | **NOMBRE RIO/ARROYO** | **DISTANCIA AL RIO (m)** |
| BAS500 | Abasolo | Abasolo, Nuevo Dolores, Allende y Palo Alto | Sin nombre | 204 |
| BAS600 | Antiguo Morelos | Antiguo Morelos | Sin nombre | 132 |
| BAS200 | El Mante | Ciudad Mante | Ojo De Agua | 107 |
| BAS100 | González | González | Sin nombre | 35 |
| BAS4170 | Guerrero | Ciudad Guerrero | Sin nombre | 220 |
| BAS3100 | Hidalgo | Villa Hidalgo, Ejido Rosalba | Sin nombre | 69 |
| BAS3400 | Jaumave | Jaumave y Matías García | Laguna de Oxidación | 600 |
| BAS700 | Jiménez | Jiménez | San Manuel | 86 |
| BAS6002 | Mainero | Mainero | Sin nombre | 150 |
| BAS001 | Matamoros | Matamoros | Sin nombre | 456 |
| BAS700 | Nuevo Morelos | Nuevo Morelos | Sin nombre | 235 |
| BAS200 | Ocampo | Ocampo | Sin nombre | 227 |
| BAS6006 | Reynosa | Reynosa | Río Bravo | 459 |
| BAS6000 | San Fernando | San Fernando | Sin nombre | 125 |
| BAS3600 | Villagrán | Villagrán | Santa Lucia | 291 |
| BAS800 | Xicoténcatl | Xicoténcatl y Browsville | Hondo | 94 |

Es importante citar que antes de considerar un basurero como sitio potencial de peligro para la población, deben analizarse una serie de factores: distancia a la zona urbana, dimensiones, tiempo de operación, volumen colectado de residuos diarios, entre otra (Tabla 133). De tal forma que al estar cerca de una zona habitacional se estará generando una zona de peligro por contaminación, la cual en este caso no fue delimitada por no contar con la información necesaria para tal efecto. Cabe mencionar que de los 18 basureros verificados sólo en el 22 % se separa y clasifica los residuos sólidos: aluminio, cartón, vidrio, fierro etc. Éstos se localizan en los Municipios González, Hidalgo, Ocampo, y Reynosa.

El caso de los basureros ubicados en los Municipios Matamoros y Miguel Alemán, a pesar de que se encuentran inactivos, durante los recorridos de campo se detectó la presencia de incendios y plagas, además de que se continúa vertiendo residuos de manera clandestina. Lo anterior se traduce en la zona de peligro por contaminación para los habitantes ubicados en sus cercanías.

A continuación se citan un par casos específicos de basureros con características particulares, a fin de conocer información más detallada de los sitios verificados se recomienda al lector consultar el Anexo II, además de los Atlas de Riesgo Municipales elaborados de manera paralela al Atlas Estatal. El basurero municipal ubicado al occidente de San Fernando se localiza a una distancia de 1.6 Km de la zona urbana, cubre una superficie aproximada de 4 hectáreas, opera con una infraestructura de 7 camiones recolectores, los mismos que efectúan 2 viajes diarios, depositando una cantidad de alrededor de 50 a 70 toneladas sin un control especifico, no existe separación o clasificación de basura, provocando incendios frecuentes para disminuir los volúmenes de residuos (Fotografía 58 y Figura 111).

**Tabla 134.** Principales características de los basureros verificados.

| BASURERO S VERIFICADOS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **MUNICIPIO** | **DISTANCIA A LA ZONA URBANA (Km)** | **SUPERFICIE (Has)** | **VOLUMEN DEPOSITADO/DIA (Ton)** | **TIEMPO DE OPERACION (AÑOS)** |
| Abasolo | 0.3 | Se desconoce | Se desconoce | 60 |
| Aldama | 6 | 3 | 2 | Se desconoce |
| Antiguo Morelos | 3.5 | 1 | 3 | 50 |
| González | 2.6 | 1 | 20 | 18 |
| Guerrero | 0.1 | Se desconoce | 1 | 50 |
| Hidalgo | 4.5 | 5 | 9.5 | 20 |
| Jaumave | 1.7 | Se desconoce | 15 | 50 |
| Jiménez | 3.5 | Se desconoce | 0.5 | 50 |
| Mainero | 1.5 | Se desconoce | 1.5 | 20 |
| Matamoros | Dentro de la zona urbana | 14 | Inactivo | 30 |
| Miguel Alemán | 0.63 | 3 | Inactivo | Se desconoce |
| Nuevo Morelos | 0.5 | Se desconoce | 3 | 60 |
| El Mante | 2.8 | Se desconoce | Se desconoce | Se desconoce |
| San Fernando | 1.6 | 4 | Se desconoce | 20 |
| Ocampo | 2.6 | 1.5 | 3 | 30 |
| Reynosa | Dentro de la zona urbana | 1 | 30 | 6 meses |
| Villagrán | 0.32 | Se desconoce | Se desconoce | 50 |
| Xicoténcatl | 1.5 | 1 | Se desconoce | 30 |

**Fotografía 58.** Basurero del Municipio San Fernando.

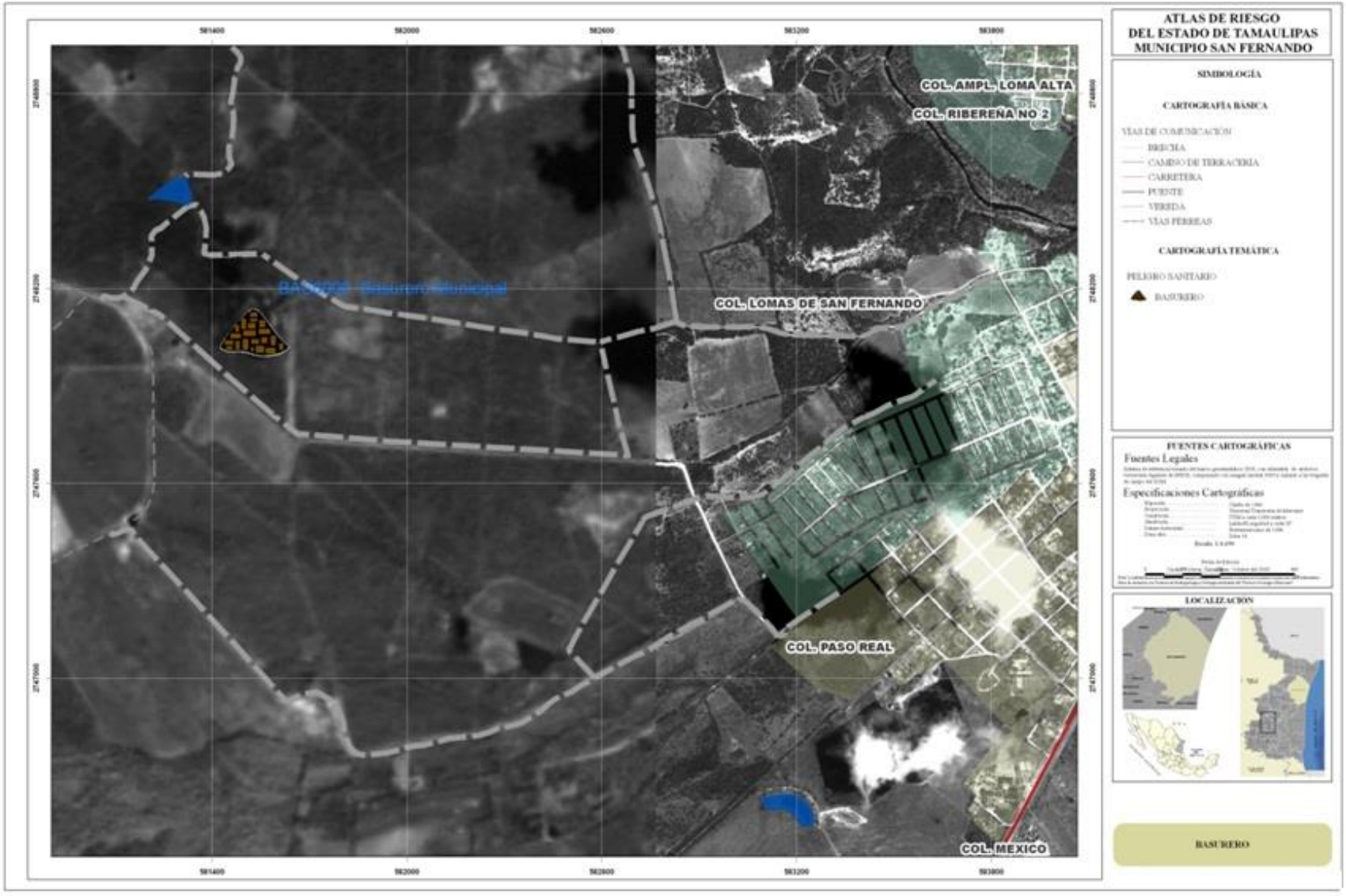



**Figura 110.** Localización del basurero municipal de San Fernando con respecto a la zona urbana.

En el Municipio de Jaumave, hacia la porción noreste de la ciudad que lleva el mismo nombre, se localiza el basurero municipal, ubicado a 1.7 Km con respecto a la zona urbana, cuenta con un camión que recolecta 15 toneladas diarias, cubriendo una superficie aproximada de 3 hectáreas, en la cual no se maneja la separación y/o clasificación de residuos, registrándose incendios frecuentes.

Tiene un tiempo de operación de 80 años (Fotografía 59), en sus alrededores (565 m) se ubica una laguna de oxidación que acumula aguas residuales de tres industrias que procesan productos orgánicos. De igual forma al sureste del basurero (1.5 Km) se encuentra el cauce del Río Guayalejo (Figura 112).

**Fotografía 59.** Basurero municipal de Jaumave.

### *ggg) Tiraderos Clandestinos*

Se trata de sitios donde se depositan residuos sólidos en forma clandestina, es decir, no se cuenta con ningún tipo de control, depositando arbitrariamente desde escombro, llantas, plástico, entre otros. En el caso de los Tiraderos Clandestinos fueron verificados nueve sitios, de estos dos se ubican en Nuevo Laredo y siete en Reynosa (Tabla 135). A fin de consultar las particularidades de los mismos se refiere al lector al Anexo II, en el cual se encuentran las fichas de los datos levantados en campo (Figura 110).

De entre las características particulares de los tiraderos clandestinos destaca que se ubican generalmente en el interior de grandes centros de población, generando una zona de peligro por contaminación, entre otras cosas debido a que generalmente se encuentran cerca de cuerpos superficiales de agua.

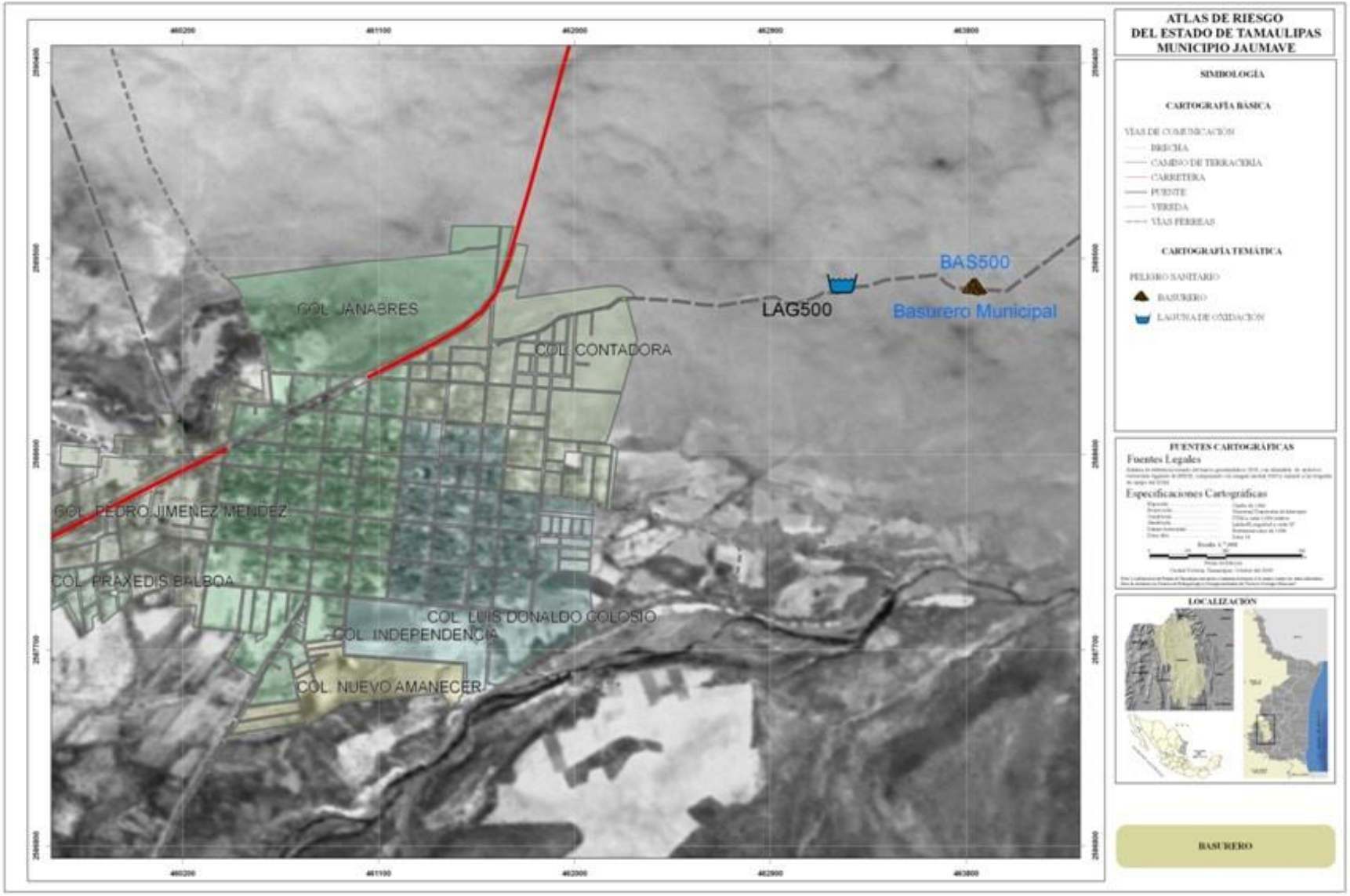



**Figura 111.** Ubicación del basurero municipal de Jaumave.

**Tabla 135.** Distancia de sitios con respecto a cuerpos de agua y cauces de ríos o arroyos.

| TIRADEROS CERCANOS A ARROYOS/RIOS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **PUNTO** | **MUNICIPIO** | **COLONIA** | **CUERPOS DE AGUA** | **DISTANCIA AL CUERPO DE AGUA (m)** |
| TIR5007 | Nuevo Laredo | Nuevo Laredo | Arroyo sin nombre | 241 |
| TIR5008 | Nuevo Laredo | Nuevo Laredo | Arroyo Las Alazanas | 95 |
| TIR5002 | Reynosa | Satélite | Zona de Calicheras | 7 |
| TIR5003 | Reynosa | Américo Villareal | Zona de Calicheras | 1 |
| TIR5004 | Reynosa | Américo Villareal | Zona de Calicheras | 91 |
| TIR5005 | Reynosa | Ampliación Arco Iris | Zona de Calicheras | 114 |
| TIR5006 | Reynosa | Pedro J. Méndez | Zona de Calicheras | 41 |

La acción de acumular escombro, basura y otros desechos sólidos, ha permitido que se efectúen asentamientos irregulares en el entorno de los tiraderos clandestinos, obstruyendo así cuerpos de agua y generando inundaciones en sitios aledaños (Fotografía 60).

Es común que en las ciudades se utilicen oquedades como tiraderos clandestinos, tal es el caso de antiguos bancos de materiales abandonados, en este caso zona de caliches (calicheras). La problemática se incrementa cuando las oquedades se llenan con residuos sólidos, dando como resultado edificaciones con problemáticas diversas debido a la irregular compactación del terreno (Figura 113).

**Fotografía 60.** Tiradero clandestino en la colonia Satélite, Reynosa.

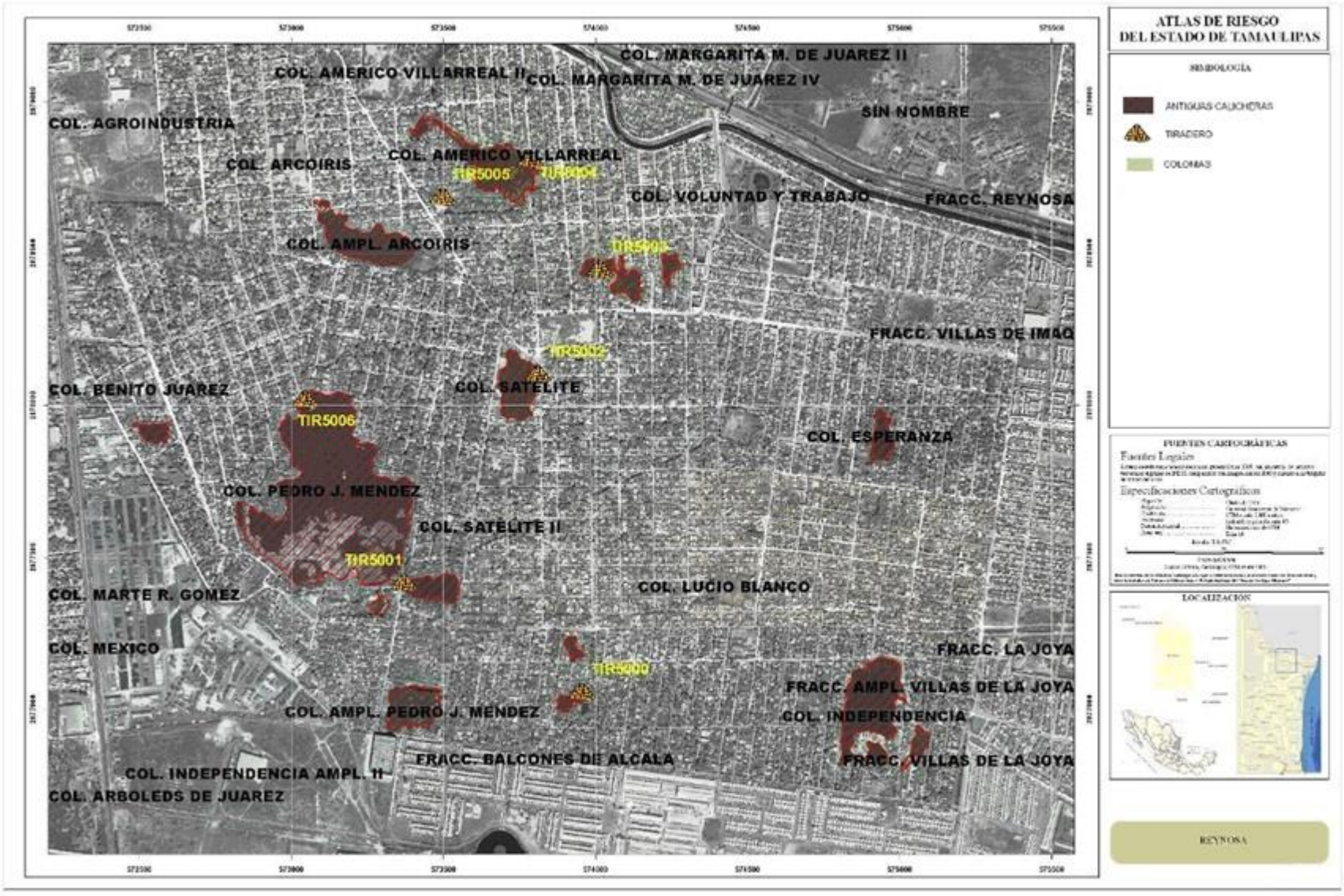



**Figura 112.** Antiguos calicheras que se utilizan como tiraderos clandestinos. Reynosa, Tamaulipas.

### C. Rastro

En el Estado de Tamaulipas se tiene un registro de 20 rastros municipales y dos privados, los cuales se distribuyen en 20 cabeceras municipales, de igual forma se cuenta con un registro de cinco establecimientos de clase Tipo Inspección Federal (TIF), ubicados en los Municipios de Nuevo Laredo, Soto la Marina, Aldama y Victoria. En el desarrollo del presente Atlas fueron verificados 20 rastros cuya ubicación se observa en la Figura 114.

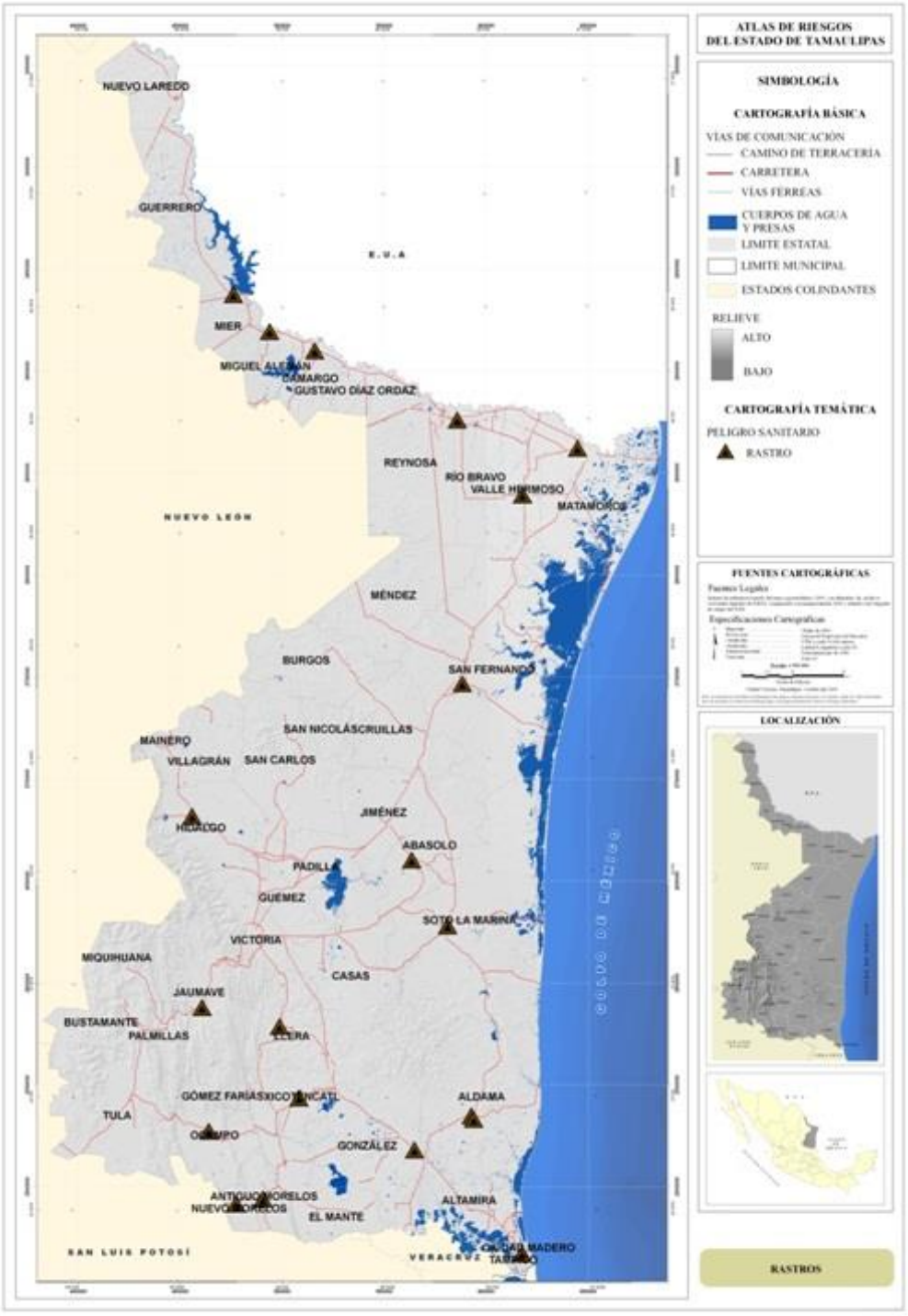



**Figura 113.** Distribución de rastros verificados.

## FICHA DE PELIGRO SANITARIO

ATLAS DE RIESGOS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

### RASTRO

**UBICACIÓN**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| PUNTO DE CONTROL: | RAS6000 | | | | |
| COORDENADAS UTM: | X: | 585890 | Y: | 2875911 | |
| | Z: | 16 | | | |
| CALLE: | Carretera Reynosa- Matamoros | | | | |
| COLONIA: | Sin Colonia | | | | |
| CODIGO POSTAL: | 88950 | | | | |
| LOCALIDAD: | Ciudad Río Bravo | | | | |
| MUNICIPIO: | Río Bravo | | | | |
| ESTADO: | Tamaulipas | | | | |
| VISITADO POR: | Agustín Cazares Ventura | | | FECHA: 12 / 027 2009 | |

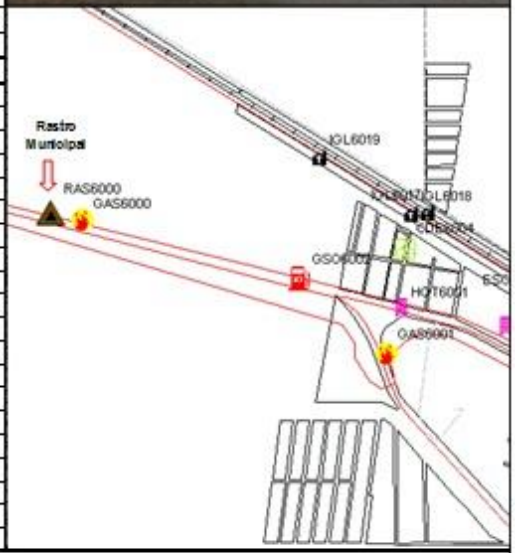
**CARACTERÍSTICAS DEL SITIO**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NOMBRE: | Rastro Municipal | | | | | |
| AREA $m^2$: | 10,00 m 2 | | | | | |
| ACCESOS AL RASTRO: | Carretera Reynosa- Matamoros | | | | | |
| DISTANCIA ZONA URBANA: | 3 kilometros | | | | | |
| HORARIO: | 09:00 a 17:00 | | | | | |
| No. PERSONAS TRABAJAN: | 5 Personas | | | | | |
| TIPO DE ANIMALES Y NUMERO MATANZAS/DIA: | AVES | 0 | CERDOS | 4 | RECES | 7 |
| | OVINOS | 0 | CAPRINOS | 0 | OTROS | 0 |
| VOLUMEN PRODUCTO: | 7.2 y 50 toneladas | | | | | |
| VOLUMEN DESECHOS: | 3 Toneladas | | | | | |
| DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS: | CONSECIONES | | | TIRAN | | |
| | Hornos Crematorios y fosa Séptica | | | | | |
| VOL. AGUA UTILIZADA: | 2,000 Litros | | | | | |
| VOLUMEN DE DESCARGA: | 2,000 Litros | | | | | |
| DISPOSICIÓN FINAL AGUA: | Pozo Profundo ( Subsuelo) | | | | | |
| CAPACIDAD DE GAS LP: | 1000 Litros | | | | | |
| TIEMPO DE OPERACIÓN: | 30 años | | | | | |
| VIDA UTIL DEL RASTRO: | 20 años mas | | | | | |
| ANTECEDENTES DE ALGUN SINIESTRO: | Ninguno | | | | | |

RESPONSABLE DEL MANEJO DEL RASTRO: Ing. Roberto Lira Ramirez ( Adnministrador)

**COMENTARIOS:**

Se sacrifican 200 reces por mes y 120 cerdos




MUNICIPIO RIO BRAVO

**Figura 114.** Ficha utilizada para verificar las principales características de los rastros.

Una de los principales afectaciones que genera un rastro radica en la disposición de las aguas residuales, con base a la verificación en campo se determino que el 100 % de los rastros vierten sus aguas residuales sin tratamiento a ríos, arroyos, canales, drenaje, pozos, fosa séptica, entre otros (Tabla 136).

Destaca como caso particular el rastro ubicado en el Municipio de Abasolo, donde sus instalaciones no cuentan con las medidas reglamentarias de sanidad. Lleva operando por 80 años, y dentro de sus principales problemáticas destaca el verter sus desechos a corrientes superficiales sin previo tratamiento (Fotografía 61).

**Fotografía 61.** Instalaciones del Rastro Municipio de Abasolo.

En el Municipio de Guerrero las instalaciones del rastro tienen 41 años de operación, de igual forma no cumple con las condiciones óptimas de higiene, por lo que se incrementa la posibilidad de que habitantes en los alrededores pudiesen ser afectados por enfermedades diversas (Fotografía 62).

**Tabla 136.** Características de los principales rastros.

| PUNTO | CIUDAD | DISTANCIA zona urbana (Km) | PRODUCCION (Kg) | VOLUMEN DE DESECHOS (Kg) | VOLUMEN AGUA UTILIZADA (L) | DISPOSICION FINAL DEL AGUA | TIEMPO DE OPERACIÓN (años) | VIDA UTIL (años) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RAS500 | Abasolo | * | ** | ** | ** | Río Abasolo | 80 | 19 |
| RAS100 | Aldama | 1 | ** | ** | ** | Drenaje | 27 | 50 |
| RAS101 | Aldama | 1 | ** | ** | 1,500 | A ningún tipo de obra | 4 | 50 |
| RAS600 | Antiguo Morelos | * | ** | ** | ** | Río | 15 | 1 |
| RAS100 | González | 9 | ** | ** | ** | Arroyo | 15 | 50 |
| RAS3100 | Hidalgo | * | ** | ** | ** | Río San Antonio | 75 | 10 |
| RAS500 | Jaumave | * | ** | ** | ** | Drenaje | ** | ** |
| RAS6000 | Río Bravo | 3 | 57,200 | 3,000 | 2,000 | Pozo Profundo | 30 | 20 |
| RAS800 | Tampico | * | 50,000 | ** | 200, 000 | Drenaje | ** | ** |
| RAS5001 | Heroica Matamoros | * | 46,000 | 500 | 4,000 | Drenaje | 43 | 25 |
| RAS4170 | Guerrero | * | 8000 | 100 | No hay control | Canal | 41 | 50 |
| RAS400 | Llera | 1 | 8000 | ** | ** | Drenaje | 20 | 20 |
| RAS4500 | San Fernando | * | 7000 | 20 | ** | Basurero | 11 | 20 |
| RAS4300 | Valle Hermoso | * | 7,000 | 150 | ** | Fosa Séptica | 80 | 50 |
| RAS700 | Nuevo Morelos | * | 980 | 50 | 300 | Laguna | 15 | ** |
| RAS101 | Miguel Alemán | * | 900 | 100 | 1,000 | Arroyo | 10 | 50 |
| RAS200 | Ocampo | 2 | 900 | 100 | 3,000 | Arroyo | 7 | 10 |
| RAS001 | Soto la Marina | * | 900 | 100 | ** | Río Soto la Marina | 15 | 20 |
| RAS5000 | Camargo | * | 700 | 35 | 3,750 | Canal | 49 | 20 |
| RAS800 | Xicoténcatl | 1 | 500 | ** | 2,000 | Drenaje | 10 | ** |

* Dentro de la zona urbana ** Dato reservado

**Fotografía 62.** Instalaciones del Municipio de Guerrero.

Caso contrario resulta el rastro del Municipio de Soto La Marina, cuenta con instalaciones establecidas bajo las normas sanitarias, sin embargo sus desechos son vertidos al cauce del Río Soto La Marina, ubicado a 50 metros de distancia. De igual forma se encuentra ubicado a 10 metros de un centro escolar. (Fotografía 63 y Figura 116). Características como las anteriores son las que se exponen, para los rastros verificados, a través de sus fichas de campo referidas al inicio del apartado.

**Fotografía 63.** Rastro del Municipio Río Soto La Marina.

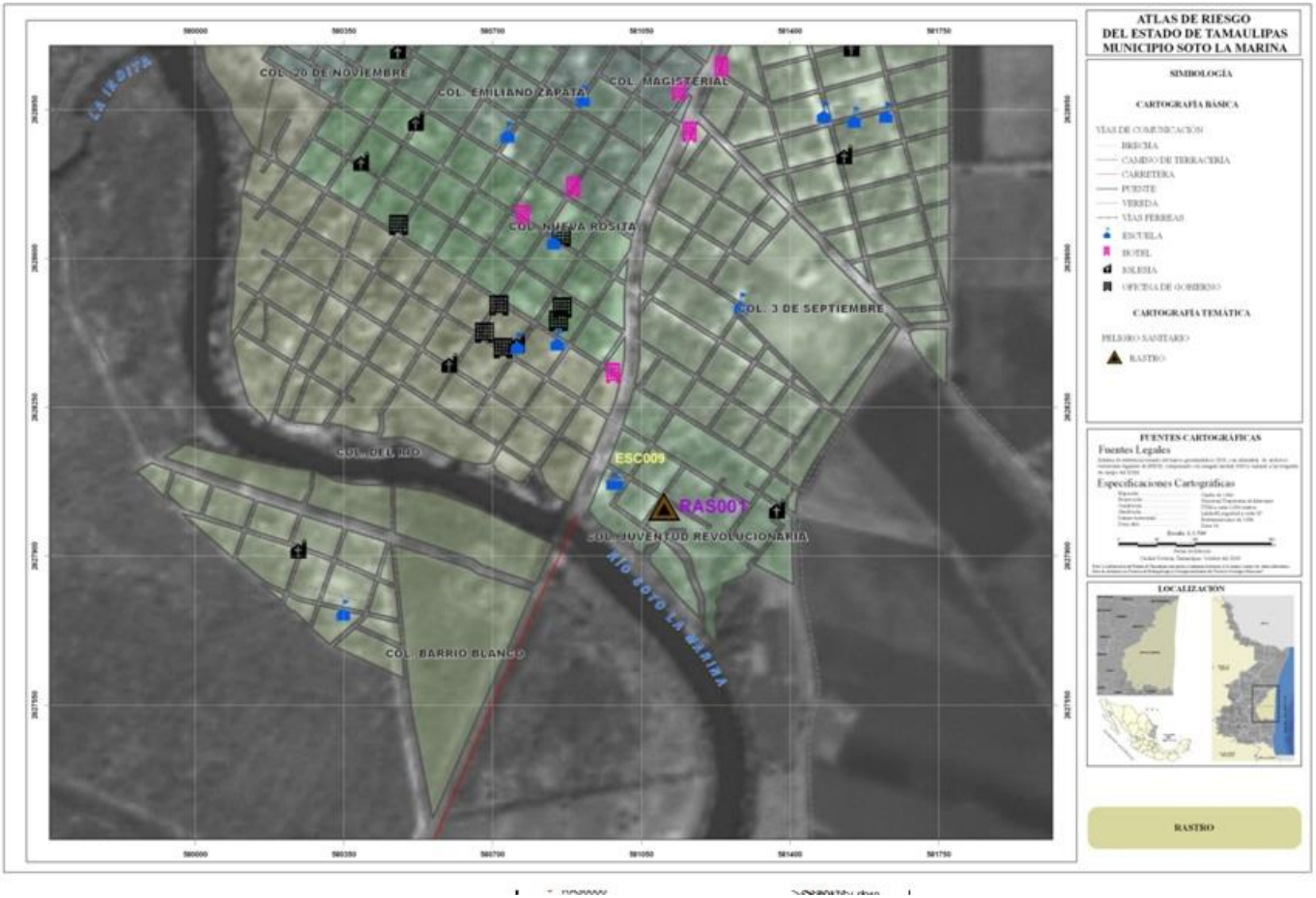



**Figura 115.** Ubicación del Rastro con respecto a la escuela y Río Soto La Marina.

# X. DISCUSIÓN

## 1. Hidrometeorológicos

El clima es una combinación de variables que se conjuntan para dar ciertas condiciones a las regiones expuestas a él, a través del tiempo el hombre ha ido implementando métodos para la predicción de su comportamiento, lo anterior con el fin de prevenir cualquier eventualidad que este pudiera generar, ya sea inundaciones, tormentas, ciclones tropicales, temporada de sequías, temperaturas máximas y mínimas, etc.

En el presente Atlas de Riesgos se trabajaron datos obtenidos de las estaciones climatológicas distribuidas a lo largo y ancho del territorio tamaulipeco, los cuales ayudaron a divisar el panorama de cada una de las variables en cuanto a distribución, valores y categoría; al procesar estos datos con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG), permite obtener un análisis de peligro, vulnerabilidad y riesgo, derivado de información histórica, imágenes de satélite, información regional y los recorridos realizados en campo. Para las actividades agrícolas desarrolladas en el Estado, esta información resulta de suma utilidad debido a que se pueden determinar en tiempo y espacio las zonas más susceptibles para un determinado cultivo, de esta manera saber en qué momento son las condiciones climáticas idóneas para su cultivo y cosecha.

Para los diferentes tipos de inundación se clasifican las zonas de menor o mayor peligro respecto a la afectación que puede producir una corriente perenne o intermitente hacia la población o actividad económica. Tal es el caso del desbordamiento de los ríos más importantes como el Río Guayalejo y sus tributarios, donde en años recientes, ha provocado estragos en varias comunidades como El Limón. La información contenida en el Atlas se adecuaría a las necesidades de realizar estrategias preventivas para disminuir los daños que pudiera generar dicho meteoro a lo largo de su trayectoria en la entidad.

Aunque de menor importancia, pero que representa un peligro latente, las zonas identificadas dentro del desbordamiento de canales, encharcamientos y zonas de acumulación darán mayor visión sobre otros tipos de afectaciones comunes en el Estado, así como, realizar inspecciones periódicas para conocer a profundidad su comportamiento respecto a las zonas rurales y urbanas dentro de sus márgenes de afectación.

La cartografía de distintos niveles de peligro y riesgo para la ocurrencia de inundaciones y otros fenómenos resulta una herramienta de relevancia para elaborar medidas de prevención y mitigación, así poder minimizar el impacto hacia la población o hacia alguna actividad económica predominante como lo es la agricultura.

Para fines de planeación urbana, la información generada en el presente Atlas se puede utilizar para descartar zonas de mayor peligro donde el desarrollo urbano no sea perturbado por algún fenómeno meteorológico, proyectando áreas que sean susceptibles para el crecimiento urbano e industrial, eficientando el crecimiento urbano de las zonas más importantes del Estado.

## 2. Geológicos

De entre los fenómenos geológicos contemplados en el presente Atlas, los procesos relacionados a remoción de masas (deslizamiento de rocas, caída de bloques y flujo de detritos), son los que causan mayores daños a la población de Tamaulipas. En relación a las zonas cartografiadas con base a distintos niveles de peligro, estas se distribuyen preferentemente en regiones serranas, caso de la Sierra Madre Oriental, Sierra de San Carlos, entre otras, cubriendo una superficie de 3,491 $Km^2$, que representa el 4.3% del territorio estatal, mientras que las zonas de riesgo se concentran principalmente en las áreas urbanas de los Municipios de Tampico y Ciudad Victoria.

Los procesos de remoción de masas, en conjunto con hundimientos, además de fallas y fracturas, suelen actuar en forma puntual, generalmente asociados a un detonante, caso de un sismo, lluvias

extraordinarias, etc., por lo que resulta poco probable que el número de habitantes, en conjunto con la infraestructura anteriormente citada, resulte dañada en un evento único, en su caso la mayor aplicación de la información generada en este apartado radica en establecer costos y el número de personas en exposición ante un evento en particular, lo cual competerá a la autoridad correspondiente en función de la zona o zonas afectadas.

La definición y cartografía de zonas de peligro y riesgo por este tipo de fenómenos geológicos, en conjunto con la manipulación del Sistema de Información Geográfica adjunto al informe, dan como resultado una herramienta valiosa para fines de planeación urbana, ya que en base a la cartografía se tiene un sustento técnico para evitar la propagación de asentamientos urbanos en zonas de peligro, con lo cual se evitará la generación de nuevas zonas de riesgo. De igual forma, una vez conocido el comportamiento del fenómeno geológico que afecta determinada zona, se podrán tomar en cuenta medidas preventivas encaminadas a disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura, disminuyendo así el riesgo.

Es importante que los resultados aquí expuestos tengan una utilidad práctica, es decir, una vez identificadas las zonas de riesgo por procesos de remoción de masas, se desarrollen estudios a detalle, los cuales concluyan una serie de acciones de carácter preventivo y/o correctivo. Para mayor detalle se recomienda consultar los Atlas Municipales, en los cuales se hace una descripción puntual de las zonas propensas a ser afectadas por los diferentes fenómenos geológicos.

## 3. Antropogénicos

La identificación y clasificación de peligros antropogénicos fueron divididos en tres temáticas: sociorganizativos, químicos y sanitarios, cuyo análisis se realizó en las 43 cabeceras municipales del Estado, de los cuales 1,198 sitios verificados, entre escuelas, templos, oficinas de gobierno, etc., están ubicados dentro de las zonas de peligro por inundación, 41 sitios se sitúan en aéreas cartografiadas en distintos tipos de peligros geológicos y 564 sitios están dentro de la influencia de zonas delimitadas por peligros químicos, en este caso 376 sitios en zona de explosión por gaseras, siete sitios en zona de explosión por gasolineras y 181 dentro del radio de afectación por explosión en la red de ductos de PEMEX.

La mayoría de las zonas delimitadas con peligros y riesgos antrópicos se concentran en siete ciudades del Estado: Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros, Ciudad Victoria, Altamira, Tampico y Madro, esto relacionado a la alta concentración de personas en un sólo espacio (peligros sociorganizativos), ocasionando sitios altamente vulnerables ante fenómenos naturales y antrópicos.

En materia de prevención y atención de emergencias, son pocos los sitios cuentan con una organización que contemple programas de prevención y mitigación. Algunos sitios cuentan con planes de seguridad que fueron establecidos desde su construcción (tal es el caso de los centros comerciales, aeropuertos, cines, algunas oficinas de gobierno y terminales), mientras otros carecen de planes para la prevención y atención de desastres (como escuelas, cementerios, templos religiosos, bibliotecas, algunos hoteles  centros deportivos, entre otros). Lo anterior toma relevancia ya que en los sitios donde no cuentan con planes de contingencia, se incrementa la vulnerabilidad y por lo tanto el riesgo al que se expone la población. Lo anterior destaca la importancia de generar y/o dar continuidad al desarrollo de una cultura de protección civil dirigida a toda la población, además de la creación de planes de emergencia para cada uno de estos sitios, especialmente donde la concentración de la población es mayor, caso de escuelas, iglesias-templos, centros comerciales, centros deportivos, oficinas de gobierno y hoteles.

En el Estado de Tamaulipas existen poblaciones que no cuentan con un sistema consolidado de protección civil, es decir, carece de una estructura solida para la prevención y atención de emergencias, por lo cual su capacidad de respuesta no es óptima para atender oportunamente diversas situaciones de riesgo. Tal es el caso de Nuevo Morelos, Antiguo Morelos, Ocampo, Villagrán, Mainero, San Carlos, San Nicolás, Cruillas, Burgos, Méndez, Palmillas, Miquihuana, Bustamente, Llera, Casas, Gómez Farías, entre otros, que cuentan únicamente con una unidad de bomberos y/o en otros casos, no cuentan con el

equipo necesario para atender las emergencias más comunes. Caso particular la población de San Carlos, ubicada a 126 Km al norte de Ciudad Victoria, donde se ubica una estación de servicio de Gas LP dentro de la mancha urbana, en caso de emergencia, la comunidad no tendría la capacidad de respuesta, ante una contingencia por explosión. Por lo cual resulta necesario que de manera conjunta que la autoridad correspondiente genere y aplique programas de prevención y mitigación enfocados a localidades con deficiencias en materia de seguridad y de protección civil.

De las 351 estaciones de servicio para la venta de gasolina (gasolinera) y 93 estaciones para la venta de gas LP (gaseras), que fueron verificadas en las 43 cabeceras municipales, se construyeron conforme a la normatividad que PEMEX marca para estos tipos de establecimientos, por lo que se estima que los riesgos son minimizados. No obstante deberá hacerse un monitoreo permanente en estas instalaciones para prever una posible contingencia.

Las condiciones desfavorables de pobladores cuando establecieron sus viviendas en áreas con un uso de suelo distinto al urbano, incrementaron su grado de vulnerabilidad y por lo tanto de riesgo. Los desastres asociados a este tipo de infraestructura pueden ser originados en forma accidental (toma clandestina de ductos y/o golpes mecánicos por obras civiles), por falla técnica durante el proceso y manejo de los procedimientos de seguridad (en gaseras y gasolineras), lo cual puede generar una serie de explosiones en serie (efecto dominó) causando un desastre de gran magnitud. Tal es el caso de las estaciones de servicios construidas cerca de principales vías de acceso a distancias cortas entre una y otra (gasera y/o gasolinera).

El análisis de simulación por afectación de radiación térmica, realizada en estaciones de gaseras arrojo que en ciertos casos existe posibilidad de que se presente el llamado efecto dominó, principalmente en las ciudades Nuevo Laredo, Gustavo Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo, Valle Hermoso, San Fernando y Ciudad Madero. Es decir, dentro de los radios de afectación de gaseras existe la posibilidad de que ante una explosión se afecte también a gasolineras, aunque estas últimas no generarían un problema mayor puesto que su explosión quedaría opacada por la gasera. Para el caso de gasolineras por mencionar un ejemplo, de las 27 estaciones de servicio ubicadas en la Ciudad de Tampico, durante la simulación por radiación térmica se identificó que en dos casos existe posibilidad de que se genere el llamado efecto dominó, esto por su proximidad concéntrica entre ellas. El efecto dominó, en la mayoría de los casos sería causado por la explosión de gaseras. En este mismo fenómeno asociado a una gasolinera no podría desencadenar una explosión hacia una gasera. La magnitud y gravedad del efecto dominó están delimitados por los radios de afectación, puesto que no se generarían áreas mayores a las establecidas en los escenarios de simulación, representados en el Sistema de Información Geográfica Anexo.

El análisis del grado de peligrosidad por ductos, permitió establecer un cálculo estadístico a partir de una zonificación de peligro de 200 metros hacia ambos lados. Estableciendo zonas de peligro en 21 comunidades, tal es el caso de Altamira, Tampico, Madero, Nuevo Laredo, Reynosa, Heroica Matamoros, Ciudad Victoria, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Miguel Alemán, Los Guerra, Río Bravo, San Fernando, Mainero, Méndez, Santa Engracia, González, Estación Manuel, Cuauhtémoc y Miramar, donde el 4.3% de la población de las comunidades mencionadas, está expuesta a peligro por explosión de ductos, esto corresponde a 323 colonias con 26,242 viviendas que albergan 102,535 personas.

Es importante puntualizar que en El *Atlas de riesgo 2006 del sistema nacional de gasoductos,* describe de manera clara y concisa el detalle y la ubicación geográfica de los tramos de ductos que se encontraban en la clasificación de riesgo. Donde se clasifica las líneas petroleras como de "riesgo tolerable", "riesgo administrable" y "riesgo preventivo". Es importante difundir este documento en todos los niveles sociales para que el Estado y/o Municipio u otras instancias puedan realizar programas encaminados a la prevención de desastres y de desarrollo urbano para evitar asentamientos humanos sobre o en zonas aledañas al derecho de vía establecido por PEMEX.

El desarrollo de parques industriales se concentra en las principales ciudades del Estado: Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros, Victoria y Altamira, donde se encuentran alrededor de 34 parques industriales con superficie de 12 mil 83 hectáreas, las cuales albergan más de 281 empresas de distintos

ramos y 357 maquiladoras. Los giros industriales varían entre el ramo manufacturero, agroindustrial, químico y petroquímico. Sin embargo, la escasa información obtenida sobre las industrias y sustancias peligrosas que manejan durante su proceso, limitaron el análisis del grado de peligrosidad y de riesgo, llegando a únicamente a la realización de un censo de industrias y la ubicación de las mismas dentro de las principales ciudades.

En materia de peligro ambiental, el Estado cuenta con cinco sitios para la disposición controlada de residuos sólidos urbanos, están distribuidos estratégicamente en ciudades que tienen una alta densidad demográfica: Nuevo León, Reynosa, Matamoros, Victoria y Altamira. La verificación a estos rellenos sanitarios determino que dos de ellos que están en el límite de su vida útil, caso del de Ciudad Victoria y Nuevo Laredo. Algunos otros como el caso del relleno de Altamira, muestras anomalías en el manejo y control de sus residuos solido, presenta un volumen excesivo de basura y el área y la forma destinada para captar los lixiviados es insuficiente y no es la adecuada. El relleno de la ciudad de Matamoros cuenta con una vida útil de 36 a 40 años.

La verificación de 18 basureros municipales en las localidades y ciudades de Abasolo, Aldama, Antiguo Morelos, González, Guerrero, Hidalgo, Jaumave, Jiménez, Mainero, Matamoros, Miguel Alemán, Nuevo Morelos, Mante, San Fernando, Ocampo, Reynosa, Villagrán y Xicoténcatl, muestran que la mayoría de éstos sitios incumplen con las especificaciones que regulan el tratamiento y disposición de los desechos sólidos en su destino final, esta situación tiene un impacto ambiental por la mala ubicación, diseño inadecuado y la mala operación de los desechos. Los daños ambientales causados por la eliminación de desechos sólidos incluyen la contaminación del aire, suelo, aguas subterráneas y superficiales, entre otros.

Los tiraderos clandestinos identificados en zonas marginales de las ciudades y localidades, están íntimamente relacionados con la inmigración e invasión de terrenos inadecuados para la urbanización haciendo difícil el servicio de recolección de basura. Es común ver la eliminación clandestina de los desechos en lotes baldíos, entre o en las periferias de las casas. Al acumularse los montones de basura, los residentes generalmente realizan la quema de basura, pero en la mayoría de los casos la acumulación de basura no controlada, desencadena una serie de problemas asociados a contaminación ambiental y de salud entre los pobladores, además de inundación y encharcamiento causados por el taponamiento de alcantarillas y desagües de drenaje.

En el Estado se verificaron 20 rastros municipales, 2 privados y 5 establecimientos tipo TIF, distribuidos en las principales ciudades y localidades del Estado. La Secretaría de Salud del Estado de Tamaulipas tiene registrados 36 rastros municipales dentro de los que se encuentran cuatro de aves situados en Tampico y Mante (SSA, 2001). La verificación de 20 rastros municipales, mostro que la mayoría vierten sus descargas residuales a ríos, arroyos, canales, drenaje fluviales y canales de riego sin tratamiento alguno. Esta situación es grave ya que los desechos de sangre y una gran cantidad de materia orgánica son vertidos en los alcantarillados o afluentes naturales de ríos y arroyos, generando problemas ambientales y de salud. La matanza de ganado vacuno, porcino y bovino, así como la elaboración de subproductos a partir de los mismos, generan desechos con bajo o nulo valor económico, la mayoría de los rastros que actualmente operan no cuentan con sistemas adecuados para el tratamiento adecuado de los mismos.

Para finalizar, los Peligros Antropogénicos son producidos única y exclusivamente por las actividades humanas (aunque las circunstancias naturales pueden condicionar su gravedad). El presente Atlas está enfocado en la definición, descripción, clasificación, zonificación, simulación y análisis de los peligros y riesgos a los que está expuesta la población. Con el presente estudio se puede llevar a cabo el análisis de los sitios que pueden ser afectados, dañados y modificados por eventos antropogénicos, así como por fenómenos naturales. Se puede evaluar las pérdidas humanas y materiales, tanto para eventos simulados como inmediatamente después de ocurrido un fenómeno natural o antropogénico. También se puede establecer políticas y estrategias en materia de prevención, además de mejorar la toma de decisiones en relación a los planes de desarrollo urbano. El presente Atlas permitirá a los usuarios autorizados hacer consultas interactivas, para analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados que sean de su interés.

# XI. CONCLUSIONES

## 1. Generales

En el Estado de Tamaulipas se identificaron zonas de riesgo asociadas principalmente a fenómenos geológicos, hidrometeorológicos y por actividades antropogénicas.

Respecto a los fenómenos geológicos fueron considerados los procesos de remoción de masas (deslizamiento, caída de bloques y flujo de detritos), fallas y fracturas, así como hundimientos. Se establece que se encuentran en riesgo 56 colonias distribuidas en los Municipios Tampico y Victoria, las cuales en conjunto con 116 localidades menores, concentran en zona de riesgo a 25,421 habitantes, distribuidos en 6,190 viviendas, las cuales generan una infraestructura expuesta del orden de $1,181,019,600.00 pesos.

En relación a los fenómenos hidrometeorológicos se tomó en cuenta principalmente inundaciones generadas por desbordamientos de ríos y canales, encharcamientos y zonas de acumulación, los cuales generan zonas de riesgo en 1,474 colonias y 1,414 localidades, concentrando 923,326 habitantes, distribuidos en 239,316 viviendas, exponiendo un valor de infraestructura de 24,229,041,500.00 pesos.

Dentro de las actividades antropogénicas se consideró las modelaciones por explosiones de gaseras y gasolineras, dando como resultado la definición de zonas de riesgo que incluyen 565 colonias, distribuidas en 34 cabeceras municipales, concentrando 139,902 habitantes, distribuidos en 36,890 viviendas, exponiendo un valor de infraestructura de $5,669,406,650.00 pesos.

## 2. Geológicos

Dentro de los fenómenos naturales de origen geológico, la remoción en masa en sus diferentes tipos de clasificación, tales como deslizamientos, caída de bloques y flujos de detritos, es el que más afecta al Estado de Tamaulipas, cubriendo un área de 3,491 $Km^2$ que representa el 4.35 % de la superficie estatal, lo anterior comparado con fenómenos asociados a fallas, hundimiento y sismicidad.

En el caso particular de deslizamiento de rocas, las zonas cartografiadas en diferentes niveles de peligro cubren una superficie de 1,325 $Km^2$, destacando parte de la Sierra Madre Occidental, así como en la Sierra de San Carlos. El riesgo por deslizamiento en condición alto y muy alto se identifica principalmente en los Municipios Aldama, Antiguo Morelos, Casas, Mante, Gómez Farías, Hidalgo, Jaumave, Ocampo, San Carlos, San Nicolás, Soto la Marina y Ciudad Victoria, con un total de 19,506 habitantes expuestos, distribuidos en 2,716 viviendas. Donde la ciudad con un número mayor de viviendas susceptibles a este fenómeno es Ciudad Victoria, con 1,316 viviendas de tipo II en condición de riesgo muy alto.

La inestabilidad de laderas por caída de bloques se manifiesta principalmente en Municipios como Altamira, Cruillas, González, Llera, San Carlos y Tampico, donde la zonificación de peligros cubre una superficie de 923 $Km^{2,}$ poniendo en condición de riesgo a 449 viviendas, con 1,906 habitantes. En el caso de Tampico es el Municipio con mayor número de viviendas propensas a ser dañadas, es decir, se localizan 136 viviendas tipo III en condición de riesgo alto.

En relación a los flujos de detritos afectan potencialmente a los Municipios Xicoténcatl, Güémez, Aldama, Altamira, Casas, Llera, Soto la Marina, Tampico y Victoria, con una población total expuesta de 10,233 habitantes distribuidos en 2,548 viviendas. Cabe mencionar que la mayor concentración de viviendas expuestas ocurre en Ciudad Victoria, con 1,860 viviendas de tipo III en condición de riesgo medio.

Respecto a las ciudades donde fueron cartografiadas zonas de riesgo destacan Tampico y Ciudad Victoria, la primera con 12 colonias expuestas a caída de bloques y flujo de detritos, con una

población de 4,061 habitantes distribuidos en 874 viviendas, lo cual en conjunto genera una cantidad expuesta de $258′930,000.00 pesos. En el caso de Ciudad Victoria, fueron delimitadas 44 colonias en zona de afectación, en las cuales se localiza una población de 18,344 habitantes distribuidos en 4,506 viviendas, representando en total una cantidad expuesta de $769′295,800.00 pesos.

Con respecto a las vías de comunicación, existe un total de 237 Km de infraestructura propensa a ser dañada por los distintos procesos de remoción de masas. En el caso de deslizamientos afectan principalmente a la antigua y nueva carretera que comunica Ciudad Victoria con San Luis Potosí, a lo largo de 2.9 Km donde la condición de peligro es alta. Para el fenómeno de caída de bloques las afectaciones son potenciales en una longitud de 45 Km, distribuida en los Municipios Aldama, Altamira, Jaumave, González, Ocampo, Tampico y Victoria. Para flujos de detritos se localizan en zona de peligro 158 Km, en los Municipios de Aldama, Altamira, Casas, Tampico, Soto la Marina, Llera y Victoria.

Los sistemas de fallas ubicados en el Estado pertenecen a un régimen inactivo, sin embargo deben ser considerados para la zonificación por constituir un peligro aun cuando no se tenga la certeza de algún antecedente en función de daños. La posible afectación por fallas en el caso de una reactivación sería a vías de comunicación en distintos tramos que van de Ciudad Victoria a Palmillas sobre la antigua carretera a San Luis Potosí; de igual forma, podría verse afectada la traza urbana de Municipios como Gómez Farías y Tula, entre otros. De igual forma la traza de las fallas, debido a su inactividad, no representa un riesgo potencial para el sistema de ductos de Petróleos Mexicanos.

Fueron identificadas 76 estructuras cársticas (dolinas) distribuidas principalmente en la porción centro-sur del Estado. El riesgo por hundimientos en localidades arrojó valores de medio a muy alto, donde se expone un total de 716 habitantes distribuidos en 181 viviendas, esto en los Municipios Aldama, Tula, Gómez Farías, Antiguo Morelos, Güémez, Palmillas, Jaumave y San Nicolás. En relación a vías de comunicación ubicadas en zona de hundimientos se tiene una posible afectación de 14 Km en sus diferentes clasificaciones viales, predominando el de tipo terracería.

Para la región norte del Estado no se presentan zonas importantes de peligro por fenómenos geológicos, lo anterior debido a la ausencia de elevaciones topográficas considerables, así como pendientes menores a los 15º. Sin embargo, no se descarta la probabilidad de ocurrencia de otro tipo de movimientos de terreno no considerados en el presente Atlas.

La mayor parte de las zonas de peligro por fenómenos geológicos se encuentran distribuidas en zonas serranas del Estado, resultando así, que la mayor parte de la población concentrada en grandes planicies o valles, se exponen a un grado menor de riesgo ó en su caso no existe riesgo a este tipo de eventos.

De acuerdo a datos obtenidos del Servicio Sismológico Nacional e Incorporated Research Institutions of Seismology, en los últimos años se han registrado 10 sismos que varían en magnitud de 4.1 a 4.8 en escala Richter, los cuales, de manera general no llegan a representar riesgo para la población.

Por otro lado, dentro del Estado e inmediaciones no hay manifestaciones de volcanismo, por lo que este fenómeno no se considera como causal de riesgo para la población de Tamaulipas.

## 3. Hidrometeorológicos

En el Estado de Tamaulipas se tienen temperaturas medias anuales varían de 16 a 27 ºC, según las diferentes regiones que contiene. Las máximas extremas que van de los 47 hasta los 52 ºC y se presentan preferentemente en los Municipios de Burgos, Casas, Güémez, Jiménez, San Fernando, Antiguo Morelos y González, este último ha registrado los valores más altos ya que han llegado hasta 52ºC.

Las temperaturas mínimas se presentan hacia la porción noreste del Estado, en los Municipios de Camargo, Mier, Miguel Alemán, Nuevo Laredo y principalmente Gustavo Díaz Ordaz, el cual registra una temperatura mínima histórica de -14º. Cabe mencionar que hacia el oeste y suroeste en algunas pequeñas porciones de los Municipios de Mainero, Bustamante, Miquihuana y Tula también se registran temperaturas por debajo de los 0ºC. Los meses en que se presenta este fenómeno son diciembre y enero.

En el Estado se tienen un promedio de 30 y 60 días con tormentas, donde las zonas más afectadas por este fenómeno son Xicoténcatl, Hidalgo, Soto La Marina y Gómez Farías; este último, es el Municipio más afectado ya que registra un promedio de 210 tormentas al año.

El fenómeno de granizo es poco frecuente en la entidad, el registro máximo que se tiene es de 23 días en el Municipio de Aldama; otros Municipios que son afectados por el fenómeno son Gómez Farías, Ocampo, Soto la Marina y González. Hacia la zona centro los registros que se tienen son aislados, mientras que hacia la porción norte la presencia de granizo es nula. En los Municipios Soto La Marina, González, Aldama y Gómez Farías; los fenómenos de tormenta y granizo se presentan con mayor frecuencia histórica debido a que esta correlación se asocia a registros de precipitación medios a altos con valores de 700 – 950 mm. Para Gómez Farías, este parámetro es el más significativo pues se presentan registros máximos de 1650 mm como precipitación total acumulada anual.

Respecto a la precipitación total anual, el mayor registro se presenta en el Municipio de Ocampo, con un valor de 3,589 mm. Las zonas de los menores registros de precipitación total acumulada anual se ubican en los Municipios de Miquihuana, Jaumave, Las Antonias, Joya de Salas, entre otras, con valores de 121 – 670 mm.

Los ciclones tropicales se presentan con mayor frecuencia entre los meses de junio y octubre. El tipo de ciclón tropical que se ha presentado con mayor recurrencia es la tormenta tropical seguida del huracán categoría 1. En base a los registros de la NOAA (***National Oceanic and Atmospheric Administration***), 54 eventos han impactado de manera directa al Estado, donde sólo 15 han afectado de manera considerable a la entidad, de los cuales cinco corresponden a tormenta tropical, dos a huracanes categoría 1, uno como huracán categoría 2, dos como huracán categoría 3, uno como huracán categoría 4 y tres como huracán categoría 5. Durante 151 años de registro de ciclones tropicales en el Estado de Tamaulipas, se observa que los Municipios afectados se ubican en la porciones norte (Burgos, Cruillas, Guerrero, Matamoros, Méndez, Nuevo Laredo, Reynosa, Río Bravo, San Carlos, San Fernando, San Nicolás, Soto La Marina y Valle Hermoso) y sur del Estado (Aldama, Altamira, Gómez Farías, González, Jaumave, Llera, Madero, Ocampo, Tampico y Tula).

El fenómeno de inundación se hace presente principalmente debido a las lluvias atípicas y las intensas lluvias provocadas por el paso de los ciclones tropicales en la entidad. En base al análisis realizado en este estudio, se determinaron tres tipos de inundación de los cuales se mencionan a continuación:

Frecuentemente, la zona sur y algunas partes de la zona norte (Río conchos y Río Bravo) sufre daños por el desbordamiento de escurrimientos, siendo esta región la que se encuentra en un mayor nivel de peligro, pues hacia las porciones centro, noroeste y suroeste se tiene un nivel medio, mientras que para el sector norte se registra una baja susceptibilidad. Se caracterizan por un aumento en el cauce, rebasando el área geométrica del río. Lo anterior puede observarse en los registros históricos de inundación, pues de los 13 encontrados, seis fueron provocados por un huracán, seis por lluvias atípicas y una más por causas no registradas.

De acuerdo a la metodología de CENAPRED, se realizó un estudio de las zonas susceptibles a ser afectadas por este tipo de fenómeno, a nivel de localidades, zonas urbanas y vías de comunicación, por lo que se determinó que existen en zonas de peligro por inundación un total de 257 localidades, en un área de 1,385 $Km^2$, con un total de 4,324 viviendas y una población expuesta de 15,932 habitantes.

Los ríos principales que generan zonas de peligro, son los ríos Tamesí, Soto la Marina y Guayalejo, este último representa uno de los ríos más caudalosos del Estado, que en caso de un evento extraordinario se verían afectadas 84 localidades, 1,082 personas y 2,012 viviendas; causando una pérdida monetaria de $689,352,000.

Por otra parte, los ríos Pánuco, Bravo, San Marcos y Tamesí son capaces de generar daños por el desbordamiento a nivel manzana, donde 78, 51, 36 y 31 colonias respectivamente serían afectadas. El Río Pánuco tiene en peligro constante a 135,114 personas alojadas en 37,115 viviendas, lo cual generaría una pérdida por daño total equivalente a $10,869,728,200; además de provocar afectaciones a diferentes edificaciones entre las que destacan 76 escuelas, en los Municipios de Tampico y Madero.

Los sistemas hidráulicos son diseñados para abastecer las demandas de agua en una zona urbana o actividad agrícola. Por tal motivo, los canales son de menor interés para el caso de algún desbordamiento que pudiera afectar a la población, sin embargo, factores como el cambio climático y la alta frecuencia de eventos como ciclones tropicales, a los que está sujeto el Estado (generación de intensas lluvias) acentuarían en gran medida el monitoreo y mantenimiento de estos sistemas, que son parte importante en la actividad agrícola. Uno de los más importantes es el Canal Anzaldúas que es destinado para transportar agua dulce hacia las zonas de riego. Durante su trayecto pasa por los Municipios Reynosa, Rio Bravo, Valle Hermoso y Matamoros.

Daños por inundaciones suelen presentarse en las vías de comunicación, con 2,133 Km distribuidos en 33 Municipios, de los cuales, Abasolo, González, Mante, Matamoros, Río Bravo, Valle Hermoso y Xicoténcatl son los más afectados. Los tipos de carretera que serían más impactados son los caminos de terracería (1,758 Km), carreteras estatales (107 Km) y federales (37 Km.).

Las localidades ubicadas zonas de peligro por desbordamiento son 189, con una población expuesta de 3,390 habitantes, en 895 viviendas. Donde los Municipios más afectados resaltan Mante, Valle Hermoso, Río Bravo y Matamoros. El costo total por daño a estas viviendas asciende a $135′109,900; donde estas edificaciones se obtuvieron niveles de riesgo bajo, medio y alto.

El impacto del desbordamiento de canales, a nivel manzana, se zonificó un total de 418 colonias con una población de 30,413 habitantes, distribuidos en 7,435 viviendas. Los Municipios que son más susceptibles son Matamoros, Reynosa, Valle Hermoso, Mante y Río Bravo. La afectación hacia este número de viviendas ascendería a un costo total de $1′495, 223,650 donde estas edificaciones se obtuvieron niveles de riesgo bajo, medio y alto.

Los problemas de encharcamiento han producido ya grandes daños, como los ocurridos durante los años 2007-2008, en los Municipios de Tampico, Madero y Altamira, donde esta situación coloco a estos lugares como zona de desastre; por ello, solucionar las deficiencias en el sistema de alcantarillado o drenaje pluvial, es un asunto primordial, ya que en ocasiones el suelo se encuentra saturado o no tiene la suficiente permeabilidad para absorber el agua producto de la precipitación. Otros factores que favorece a este fenómeno, es el relieve donde se ubican dichas zonas urbanas pues representan zonas planas y semiplanas con pendientes de 0 a 2°; así como los asentamientos irregulares zonas de infiltración.

De acuerdo a la estimación realizada del costo económico que arrojarían los daños causados por encharcamiento en las 15 zonas urbanas de 13 Municipios que son vulnerables a este tipo de inundación, se tiene cantidad expuesta de $ 4,844,651,700 pesos, que cubrirían los gastos de menaje a 159, 639 viviendas. Lo anterior representa el costo equivalente a 4 veces más del dinero invertido en la construcción del Hospital de Alta Especialidad de Ciudad Victoria “Hospital Bicentenario 2010”. Las zonas de mayor problemática se ubican al centro, noreste y sureste del Estado.

Por lo anterior, es importante invertir en soluciones que permitan atender la problemática de inundación por encharcamiento que aqueja mayormente a los Municipios de Tampico, Madero, Altamira, Matamoros, Río Bravo, Reynosa y Victoria, pues la afectación en viviendas en estos Municipios

representa el 95.86% del daño total causado por encharcamiento en el Estado, siendo Matamoros la zona urbana más afectada con el 35% de la afectación.

Los cuerpos de agua estacionarios son también un objeto importante de estudio, y a pesar de que pueden ser de origen artificial, no dejan de generar algún tipo de peligro, como es el caso mostrado de la Presa Vicente Guerrero, ubicada en el Municipio de Padilla, que puede sufrir un incremento en el volumen de agua almacenada en relación al volumen aportado por sus afluentes.

En el Estado de Tamaulipas se identificó un área de 2,584 $Km^2$ que corresponde a las zonas de peligro alto por encharcamientos, donde están expuestas 133 localidades con una población de 6,761 personas distribuidas en 1,736 viviendas (la mayoría ubicadas en zonas de riesgo alto), lo que podría dejar una pérdida económica estimada de $ 23,506,650; lo que representa una cantidad menor, comparada con los gastos previstos de daños por desbordamiento de canales, encharcamiento y escurrimiento, pero no por ello, deja de ser una cuestión que requiera la atención, ya que en los costos no se incluye la inversión que tendría que realizarse para la reconstrucción de una presa o de las vías de comunicación y servicios básicos que podrían verse afectados por la inundación causada por la acumulación. Además, la pérdida de empleos que esto significaría como por ejemplo, en la zona aledaña a la Presa Vicente Guerrero, las zonas dedicadas a la agricultura se perderían, también la ganadería sufriría daños, esto sin contar las pérdidas en cuanto al turismo cinegético (la caza deportiva) y a la pesca deportiva que se realiza en esta zona.

Existen zonas urbanas con peligro alto por acumulación, como son Tampico, Altamira, Matamoros, Reynosa, Nuevo Progreso, Carboneras, Miramar y Ciudad Madero, estas ciudades sufren afectaciones en manzanas. Donde fueron delimitadas 85 manzanas distribuidas en las principales ciudades, en éstas se localizan 498 viviendas, dando albergue a 1,010 habitantes. En este caso las clasificaciones de riesgo que predominan son alto y medio, donde los recursos expuestos ascienden a $ 7, 823,800. En el caso de vías de comunicación, se encuentran en zona de peligro 86 Km representados por diferentes tipos de carreteras, generando una cantidad expuesta de $ 521,217.00, sólo por concepto de limpieza.

El déficit de precipitación representa un grave problema ecológico a nivel nacional, y en el caso del Estado de Tamaulipas no es la excepción, pues los resultados obtenidos del índice de severidad de sequía oscilan entre 0.5 y 0.75, lo que sitúa al Estado como territorio de sequía con un grado de severo a muy severo.

En el Estado de Tamaulipas se tiene que un 7.67% de la cobertura estatal se ubica dentro de la zonificación de peligro muy alto por erosión, presente en gran parte de la zona serrana, así como en la región del litoral, específicamente en las costas de los Municipios Soto La Marina, San Fernando y Matamoros, que se ven expuestas al efecto de los vientos, así como al continuo oleaje del mar. Por otro lado un 22.66% de superficie estatal se encuentra expuesta a peligro alto, ubicada en zonas bajas y laderas principalmente, afectadas por la deforestación y por las características naturales susceptibles a la erosión. En el caso del peligro medio se encuentra en el 37.86% del territorio estatal, por último un y 29.21% de la superficie tamaulipeca corresponde a zonas de peligro bajo, cabe mencionar que estas dos últimas clasificaciones se encuentran de manera preferencial en zonas de valles y planicies.

Dado que los las zonas donde se ubican los grandes centros de población del Estado corresponden a zonas de valle, donde la clasificación de peligro es medio a bajo, se concluye que la erosión no representa una amenaza para la población, sin embargo, para cuestiones de productividad en el ámbito agrícola y ganadero se deben considerar medidas de conservación y uso de suelo adecuado.

En los Municipios de la zona norte del Estado, debido a que las características edáficas, fisiográficas y climatológicas que presentan, hacen más susceptible a la pérdida de suelo, es constante la pérdida de su riqueza nutricional y por ende una disminución en la productividad de las cosechas.

Un caso particular de los efectos de la erosión se localiza en la región comprendida en los Municipios Tula y Bustamante, donde los valores de precipitación anual son bajos, aunado con la

densidad de vegetación, son puntos fundamentales para que se genere la pérdida de suelo, formándose zanjas o cárcavas derivadas del arrastre y socavamiento del flujo hídrico laminar. Caso contrario ocurre en el Municipio de Ocampo, donde se registran grandes volúmenes de precipitación, los cuales aunados a una vegetación intensa, disminuyen los efectos que causa la erosión, por lo cual la vegetación resulta un factor fundamental en la conservación del suelo.

Los Municipios que se encuentran en un grado muy severo de sequía meteorológica comprenden de Nuevo Laredo a Matamoros (zona fronteriza), mientras que en la región centro se concentra en Soto La Marina, Abasolo, Jiménez, San Carlos, Villagrán, San Nicolás, Burgos, Cruillas, San Fernando, Victoria, parte de Guémez, Jaumave, Casas y Miquihuana, mientras que en la zona sur del Estado, los Municipios con ese mismo grado de sequía meteorológica corresponden a Tula y una porción de Aldama. El resto del territorio tamaulipeco se ve expuesto a un grado severo de sequía.

Las consecuencias de la sequía repercuten principalmente en el aspecto socioeconómico, al reducir la producción agrícola, pecuaria e industrial, lo que se refleja en el poder adquisitivo de la sociedad; como efecto secundario se presentan los incendios forestales y consecuencia de ellos, la generación de ambientes idóneos para la erosión.

Año tras año, el Estado de Tamaulipas, sufre una afectación importante de incendios forestales, con una recurrencia mayor durante la primavera, siendo los meses marzo, abril y mayo donde se registra un mayor número de incendios.

## 4. Antropogénicos

Con el apoyo de las temáticas de peligros hidrometeorológicos, geológicos y antropogénicos, se identificaron 1353 sitios públicos susceptibles a peligros por fenómenos naturales, en este caso inundaciones, fenómenos asociados a remoción de masas, fallas geológicas y hundimientos, mientras que 625 sitios se encuentran expuestos a zonas de peligros químicos.

Dentro de la zona clasificada de peligro por inundación se verificaron 607 escuelas, así como 423 iglesias, 37 centros comerciales, 53 centros deportivos, 34 oficinas de gobierno, 44 hoteles, entre otros sitios con una presencia menor. Por otro lado se tienen también 27 escuelas en zona de peligro por fenómenos geológicos.

Los sitios que se localizan en áreas de influencia de peligro por gasolineras, son 6 escuelas algunas de ellas con dos turnos o varios niveles de educación, así como un hotel y una plaza pública. En zona de peligro por explosión de gaseras se ubican 189 escuelas, 120 iglesias, 20 centros comerciales, 16 centros deportivos, 14 oficinas de gobierno, 17 hoteles, entre otros. En peligro por cercanía a ductos se identificaron 98 escuelas, 60 iglesias, 4 centros comerciales, 13 centros deportivos, una oficina de gobierno, entre otros.

El radio de afectación por radiación térmica en el caso de explosiones en gaseras y gasolineras es variable; determinando cuatro niveles de peligro en el caso de gaseras (Peligro por Bola de Fuego, Peligro Alto, Peligro Medio y Peligro Bajo) y 3 en gasolineras (Peligro Alto, Peligro Medio y Peligro Bajo). El rango promedio de afectación varía, para el caso de gaseras cubre una distancia entre 175 y 935 m, mientras que en las gasolineras su radio de afectación varía entre 19 y 56 m.

Un ejemplo de la afectación que podría generarse en caso de explosión de una gasera, es en Ciudad Victoria, donde las gaseras Jebla (GAS004) y ComVicSA (GAS005) se ubican relativamente cerca una de la otra, generando una zona de peligro 824 personas distribuidas en 265 viviendas, resultando un monto económico expuesto de $40,530,000.00 pesos, ante una posible explosión. En el caso de una gasolinera, caso de la Gasolinera Multiservicios Nacionales, ubicada en la Ciudad de Reynosa, la población expuesta es 40 personas distribuidas en 13 viviendas, con un monto económico de expuesto de $209,999.00 pesos.

La red de ductos que transporta distintos materiales de PEMEX cruza en 21 comunidades importantes, destacando Altamira, Cuauhtémoc, Miramar, Camargo, González, estación Manuel, Gustavo Díaz Ordaz, Santa Engracia, Madero, Mainero, Matamoros, Méndez, Miguel Alemán, Los Guerra, Nuevo Laredo, Reynosa, San Fernando, Tampico y Ciudad Victoria. En Este caso se tienen expuestas 323 colonias dentro de la zona de peligro establecida en 200m, generando una zona de peligro donde se ubican 26,242 viviendas que albergan 102,535 personas.

Se identificaron 53 unidades médicas ubicadas en sitios de peligro por inundación, las cuales se concentran principalmente en los Municipios Matamoros, Reynosa y Victoria, por otro lado los Municipios con menor número de unidades en peligro son Abasolo, Camargo, El Mante, Miguel Alemán, San Fernando y Tampico. De igual forma se identificaron 47 unidades médicas dentro del radio afectación por explosión de gaseras, gasolineras y ductos; destacando Miguel Alemán como el Municipio con mayor número de unidades médicas (20) expuestas a peligros de tipo químico.

La totalidad de los basureros municipales y tiraderos clandestinos que se verificaron carecen de control sobre la disposición de los residuos; salvo que en cuatro de estos se separa y clasifican los residuos sólidos, ubicados en los Municipios de Municipios González, Hidalgo, Ocampo y Reynosa y de estos el 88% del total de los basureros municipales se ubican en la proximidad de cuerpos de agua, a una distancia que varía de 50 a 600m.

La totalidad de los rastros vierten sus aguas residuales directamente al terreno natural u obras de drenaje, tal es el caso de ríos y arroyos, sin algún tratamiento previo. De igual forma son varios los que carecen de medidas salubres e instalaciones inadecuadas.

# XII. **RECOMENDACIONES**

## 1. Geológicos

Aspecto fundamental para la prevención de daños por inestabilidad de laderas es el uso adecuado del suelo, en el caso de vías de comunicación diseñar cortes de materiales en función de las características geológicas de la zona y, en general, evitar construcciones en zonas cartografiadas por diferentes tipos de peligro por procesos de remoción de masa. Asimismo, no obstruir el cauce de cañadas, particularmente por asentamientos humanos, ya sea regulares o irregulares.

De las afectaciones por fenómenos geológicos con remoción de masas, tal vez lo más representativo resulta ser el diseño poco eficaz de los taludes para la antigua y la nueva carretera Ciudad Victoria - San Luis Potosí, donde frecuentemente se presentan desprendimientos de bloques de roca por los mecanismos de falla plana, cuñas y volteo. En este sentido se recomienda realizar estudios geológico - estructurales detallados previos al diseño de los cortes, de los que se desprendan acciones para la estabilización definitiva y oportuna de los taludes. Existe una gran diversidad en cuanto a medidas de saneamiento utilizadas para lograr la estabilidad de un talud, entre las más comunes se encuentran:

- Disminuir los esfuerzos actuantes en el talud, es decir modificar su geometría, ya sea disminuyendo el ángulo de buzamiento o reducir su altura a no más de 5 metros con la generación de bermas.

- En el caso de mecanismos de inestabilidad por falla plana o cuñas, puede recurrirse a la implementación de anclaje que sirva para la fijación de bloques, como es el caso del Talud ubicado en la antigua carretera a San Luis Potosí, en la localidad Santuario del Camionero.

- La malla ciclónica es una herramienta que sirve para contener los bloques desprendidos del talud y evitar su caída a la zona vial o construcciones, a su vez estos bloques se acumulan en la base del talud por lo que pueden ser fácilmente retirados y evitar obstrucciones viales, como es el caso de la Carretera Estatal No.66, donde después de periodos de lluvia se registran este tipo de episodios.

- Los gaviones sirven para evitar el transporte de material desprendido, construyéndose generalmente al pie de talud. Un punto importante es identificar y retirar aquellos bloques que se encuentren propensos al desprendimiento, si estos son de gran dimensión por que resulte difícil removerlos será necesario fragmentarlos en pequeños bloques.

- En el caso de litologías clásticas como los taludes que se presentan cerca de la costa donde se tienen material heterogéneo, puede emplearse concreto lanzado, previniendo la alteración y erosión de la roca, ó bien aumentar los esfuerzos de confinamiento del talud, esto es la generación de muros de contención con sistema de drenes para evitar la saturación del material, por lo que es importante que estos se mantengan en revisión constante para evitar el azolve de sedimentos.

- Una alternativa adicional resulta el recubrimiento de la superficie del talud por medio de cobertura vegetal.

En el caso de vías de comunicación que frecuentemente son afectadas por procesos de remoción de masas, antes de tomar una decisión sobre cualquier medida de estabilización, realizar un estudio geológico - geotécnico con el fin de implementar las medidas correctivas que mejor se adecuen a cada problemática.

Dar seguimiento y mantenimiento a las obras de estabilización en cortes y laderas con la finalidad de que el peligro se reduzca y no llegue a incrementarse por la falta de mantenimiento.

En zonas de hundimientos de terrenos cársticos, como es principalmente la región sureste del Estado sobre las Sierras Tamalave, Cucharas, la Colmena y Nicolás Pérez donde aflora la Formación El Abra, se recomienda no realizar ningún tipo de construcción a una distancia menor a 50 m de la periferia de las dolinas, así como desalojar de manera preventiva las viviendas situadas dentro de esta zona de amortiguamiento. Un caso particular de este tipo de fenómeno es el de la localidad La Hoya Colorada, donde se observó que esta región presentaba claros indicios de hundimientos, por lo que se recomienda no realizar más construcciones cerca de esta zona, así como estudios detallados para determinar si la comunidad más cercana, que es El Acahuiles, se encuentra en riesgo a causa de una posible conexión subterránea de las dolinas, ó existencia de cavidades bajo esta comunidad. En este tenor los métodos geofísicos con técnicas geoeléctricas han demostrado ser efectivos en la prospección de cavidades.

Dado que no fue motivo del presente trabajo analizar las condiciones del agua subterránea, se recomienda desarrollar estudios hidrogeológicos de los que se desprendan conclusiones y recomendaciones para tomar medidas de protección para los sistemas acuíferos, más aun cuando el cambio climático podría de implicar recargas menores a los acuíferos por reducción en la precipitación total anual. Esta información deberá incluirse en el Atlas de Riesgos para su actualización.

## 2. Hidrometeorológicos

Las zonas que son impactadas con mayor intensidad por los fenómenos de temperatura máxima y mínima se realicen actividades informativas y preventivas, con el fin de que la población tome las medidas necesarias para que no sean afectados drásticamente debido a que los estragos que pudiera causar tanto en la actividad económica predomínate como a su salud.

Que se tenga una campaña permanente de limpieza de los sistemas de drenaje pluvial y sanitario para evitar su obstrucción y, con ello, reducir el peligro de inundaciones. Este tipo de afectación se localiza en el Municipio de Madero dentro de la Colonia Hidalgo Poniente, donde el sistema de alcantarillado se observa obstruido por basura.

Que se difunda a la población potencialmente afectable por las diferentes causales de peligros la condición en la que se encuentra y se le oriente, para el caso de inundaciones, sobre el que hacer antes, durante y después de un evento de inundación.

Una vez definida la zonificación de peligro por inundación, que la autoridad correspondiente implemente acciones de protección para la población. En su caso, que se determinen zonas de desalojo preventivos y definitivos de las viviendas, en función del grado de peligrosidad en que se encuentran las viviendas.

Que la información del presente Atlas sea punto de partida para la revisión de los programas de desarrollo urbano a fin de que planificar el crecimiento de las poblaciones, evitando zonas susceptibles a inundación, como son las inmediaciones de ríos, lagunas y zonas aluviales, las cuales se caracterizan por tener un cauce y ser inundadas ante una eventual crecida de este.

Monitorear los diferentes cuerpos de agua, particularmente sus bordos, antes y durante la temporada de lluvias, apoyándose en la zonificación por inundación del presente Atlas, para así, sumar y concentrar esfuerzos en las zonas que pudieran ocasionar afectación a la población.

Para las zonas en que ya se caracterizó su susceptibilidad de inundación, que se realicen estudios topohidráulicos, de los cuales se desprendan recomendaciones para proteger a la población, atendiendo, según sea el caso, varias acciones de protección en función de las siguientes recomendaciones:

- Colocar muros de gavión en el cauce de las escorrentías que reconocen a los principales ríos con el fin de disminuir la velocidad del flujo hídrico que se une al cauce, así como evitar el azolve con sedimentos y material sólido que se pudiera desprender de las elevaciones aledañas.
- Implementar diques de protección en las márgenes de los ríos con alta probabilidad a desbordarse, como se presenta en el Municipio de Jaumave, localidad El Porvenir, donde se observan algunas viviendas ubicadas en la planicie del Río Guayalejo, donde la pendiente del margen derecho favorece al probable desbordamiento de la corriente.
- Informar a la población e involucrarla en programas de prevención y atención de emergencias por inundación.

Monitoreo permanente sobre el comportamiento de la red de canales de riego ya que, si bien su caudal está controlado, lluvias extraordinarias podrían ser causales de su desbordamiento y afectación a comunidades rurales. Se recomienda limpieza permanente a los canales a fin de evitar que el flujo de agua se estrangule y se desborde. Esta misma práctica se puede implementar para las corrientes fluviales donde en algunos de sus transectos son obstruidos por basura, así como, azolvados por sedimento e intensa vegetación en las paredes de los cauces. Esto último se presenta en el Municipio de San Fernando, localidad de Paso Hondo, donde en este punto del Río Conchos se encuentra obstruido por troncos. Al igual en el Municipio de Nuevo Laredo, Localidad Las Alazanas, donde el arroyo La Joya es obstruido por basura y se presenta intensa vegetación en las paredes del cauce.

Implementación de cisternas en comercios, viviendas y edificios de servicios en general, donde se busque el aprovechamiento del líquido; al mismo tiempo se contribuirá a la reducción de la cantidad de agua que satura la red de drenaje.

Creación de parques con forma cóncava en zonas estratégicas para que, en caso de fuertes lluvias, los parques pasen a ser pequeñas presas, donde se almacene una gran cantidad de agua, evitando así que se inunden las zonas donde el suelo esté cubierto por asfalto.

Reforestar y cuidar la vegetación sobre las avenidas y tributarios con el fin de reducir la velocidad con la que la escorrentía se une al cauce principal. Desviación de avenidas hacia otras cuencas, corrientes o resumideros subterráneos, siempre que sea posible.

Bloqueo de cauces tributarios mediante la construcción de un bordo o una estructura de control que tenga compuerta.

Reducción de los escurrimientos máximos en las zonas vulnerables mediante tanques de almacenamiento con compuertas de control que permanezcan abiertas hasta que los escurrimientos sobrepasan la capacidad de los cauces de las corrientes naturales, almacenando una porción del gasto de la avenida máxima para reducir al mínimo el pico de este gasto en el sitio que se desea proteger.

Tomar medidas de mitigación contra la sequía en cuanto al almacenaje, extracción y distribución del agua, las cuales optimicen su uso en épocas críticas, asimismo, crear una cultura en la población a fin de cuidar el agua, en donde el trabajo conjunto entre los diferentes sectores como es el agrícola, ganadero, industrial, investigación, sector gubernamental y población, sean determinantes para el buen funcionamiento y seguimiento de las acciones a tomar, tal es el caso de:

Crear sistemas de captación de agua que se recarguen en temporada de lluvias y utilizar el vital líquido en temporada de sequía. Evitar regar las plantas y jardines y sobre todo, no desperdiciar el agua, se podría utilizar métodos como la hidroponía para actividades agrícolas en pequeña escala. De igual forma buscar alternativas en los cultivos que no demanden cantidades considerables de agua.

Concientizar a la población de los efectos y consecuencias que los incendios forestales ocasionan, principalmente en las zonas rurales.

Dar mayor énfasis a los programas de prevención de incendios y capacitar a la población ante este tipo de siniestros. Poner en práctica las acciones que CONAFOR recomienda emprender durante un incendio forestal, entre las que destacan:

- Remover el material vegetativo hasta el suelo mineral en franjas de por lo menos 3 metros de ancho y realizar el trazo de la brecha sin afectar la vegetación arbórea.
- Anclar a barreras naturales o artificiales, para evitar que el fuego pueda pasar hacia el área de interés a proteger. Construir desagües cuando las brechas cortafuego sean construidas en terrenos con pendientes, a efecto de evitar la formación de cárcavas y erosión de las mismas.
- Realizar la poda de ramas de la vegetación arbórea adyacente a la brecha cortafuego, hasta una altura de por lo menos dos veces la altura de la vegetación arbustiva y alejar el material combustible resultante de la base de los arboles.
- Realizar la poda de ramas de la vegetación arbórea adyacente a la brecha cortafuego, hasta una altura de por lo menos dos veces la altura de la vegetación arbustiva y alejar el material combustible resultante de la base de los arboles.

## 3. Antropogénico

Con el fin de tomar las medidas pertinentes para la prevención de desastres, contemplar obras de mitigación de riesgos o, en su caso, reubicar a la población y obras de infraestructura, particularmente a escuelas y unidades de servicio médicos, que están expuestos a inundaciones y/o a la radiación térmica por incendio y explosión de gaseras, estaciones de servicio (gasolineras) o ductos.

Dada la condición de peligro que implican las gaseras inmersas dentro de las poblaciones, realizar un estudio del que se desprenda la recomendación de reubicación ya sea de las instalaciones de las gaseras o de las viviendas y servicios aledaños.

Que la autoridad correspondiente vigile estrictamente el uso del suelo, y demás normas aplicables en materia de construcción, en los alrededores de las gaseras para evitar la presencia de viviendas y centros de concentración de personas en su entorno.

Que la autoridad correspondiente vigile se cumplan estrictamente los procedimientos de seguridad en las estaciones de servicio (gasolineras) a fin de evitar accidentes con posible afectación a la población, viviendas y servicios que se encuentran en su entorno, particularmente para aquellas estaciones que se encuentran dentro de la mancha urbana.

Que se tome en consideración la información que provee este Atlas para realizar una adecuada planeación urbana.

Para el caso de gasolineras y gaseras que durante la simulación de explosión muestran efecto dómino y los radios de afectación por radiación térmica están en límite del radio de influencia se deberá realizar un estudio para determinar si la magnitud de 5 $Kw/m^2$ es suficiente para desencadenar otra explosión en efecto dómino.

Que la autoridad estatal correspondiente gestione ante PEMEX la entrega de información sobre sus redes de distribución de ductos, incluyendo las características físicas y tipo de fluidos que se transporta, para que posteriormente se incluya su ubicación dentro del Atlas y también se modelen los escenarios de explosión, particularmente en zonas urbanas.

Que la autoridad correspondiente vigile el uso de suelo en los alrededores de los ductos, así como para que se respete el derecho de vía de los mismos. En el caso de que no se respete este derecho de vía, que la autoridad correspondiente actúe en consecuencia.

Desalojar aquellos asentamientos regulares e irregulares que están alrededor de industrias que manejan sustancias peligrosas. En su caso, que se haga un estudio para definir la prioridad de desalojos, es decir, a las industrias que manejan sustancias peligrosas o a la población circundante.

Que la autoridad correspondiente vigile que se respete el uso del suelo en estos alrededores; en su caso, que revisen los actuales planes o que se desarrollen, de no existir, para tener un crecimiento ordenado de las ciudades y proteger a la población de posibles accidentes y/o desastres originados en las zonas industriales.

Analizar la conveniencia de desalojar o reubicar a las unidades médicas que son potencialmente afectables por eventos peligrosos, particularmente aquellas se encuentran en zonas aisladas. En su caso, que se analicen las causales de peligro para cada una de éstas y se desarrollen acciones de mitigación de riesgos.

Que todas las unidades de atención médica cuenten con medidas de seguridad por la posible afectación de las diferentes causales de peligro, como son fuego, radiación térmica e inundación, entre otros; que al menos incluyan simulacros de evacuación por diferentes causales, señalización de rutas de evacuación y extinguidores.

Que la autoridad correspondiente realice el tratamiento adecuado aquellos tiraderos clandestinos, vigile que no se abran nuevos tiraderos y que previo a la apertura de rellenos sanitarios se verifique que éstos cumplan con la normatividad vigente, tanto en la localización de los sitios como en su operación.

Que la autoridad correspondiente vigile que el manejo de los diferentes desechos que llegan a tiraderos y rellenos sanitarios se haga conforme a la normatividad vigente.

Que la autoridad correspondiente vigile que la operación de los rastros se haga conforma a la normatividad vigente para evitar, entre otros, la afectación por contaminación a suelo, aire y aguas superficiales y subterráneas.

Para reducir la contaminación de ríos, arroyos, canales y prevenir la contaminación de mantos acuíferos, se recomienda contar con reactor anaerobio en cada rastro para el tratamiento de aguas residuales generadas durante la matanza de animales.

Contemplar la posibilidad de generar biogás a partir de los desechos de estiércol y material orgánico para la generación de fuentes de energía renovable.

# XIII. **BIBLIOGRAFÍA**

## 1. Geológicos


Armas-Zagoya, J.M. 2004. Cartografía geológica estructural del valle de huizachal, como base para el análisis de estabilidad de taludes de la carretera rumbo nuevo, Tam., México.

Consejo de Recursos Minerales. 1997. Carta Geológico-Minera Cd. Mante F14-5, Escala 1:250,000.

Consejo de Recursos Minerales. 2003. Carta Geológico-Minera Cd. Victoria F14-2, Escala 1:250,000.

Consejo de Recursos Minerales. 2004. Carta Geológico- Minera Linares G14-11, Escala 1:250,000.

Consejo de Recursos Minerales. 2003. Carta Geológico-Minera Matamoros G14-6-9-12, Escala 1:250,000.

Consejo de Recursos Minerales. 2003. Carta Geológico-Minera Nuevo Laredo G14-2, Escala 1:250,000.

Consejo de Recursos Minerales. 2003. Carta Geológico-Minera Reynosa G14-2, Escala 1:250,000.

Consejo de Recursos Minerales. 2003. Carta Geológico-Minera Río Bravo G14-8, Escala 1:250,000.

Consejo de Recursos Minerales. 2003. Carta Geológico-Minera Tampico G14-3-6, Escala 1:250,000.

CENAPRED. Centro Nacional de Prevención de Desastres. 2006. "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", Fenómenos Geológicos.

CENAPRED-UNAM, Centro Nacional de Prevención y Desastres. Instituto de Ingeniería 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".

CFE (Comisión Federal De Electricidad). 1993. "Manual de Diseño de Obras Civiles". Sección C, Tomo I, Tema 1, Capítulo 3. Diseño Por Sismo.

Córdova Jiménez, M.A. 2006. Elaboración de la Carta Diagnostico de Riesgos Geológicos por Inestabilidad de Laderas de La Saliente SE de San Jerónimo, Monterrey, N.L.

Cvijic, J. 1893. The Dolines. Translate Of Geog. Abhandlungen 5 Pp. 225-276. In Sweeting, M. M. (Ed.) 1981 Karst Geomorphology. Hutchinson.

González, M. F. y Hernández, M. G. 1998. Dolinas en Tamaulipas, Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.

González de Vallejo, L.I., M. Ferrer, L. Ortuño, C. Oteo. 2002. Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid. 744p.

DINAPRE (Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Nacional de Prevención). 2006. Manual Básico para Estimar Riesgos, Lima Perú.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informatica). 2001. Estadísticas del Medio Ambiente de la Zona Metropolitana de Monterrey. Primera Edición, 340 Pp.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informatica). 2005, AGEB'S (Área Geoestadística Básica). Información Digital.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informatica). 1983. Síntesis Geográfica del Estado de Tamaulipas, Dirección General de Geografía,

Montalvo-Arrieta, J. C. 2008. "The Historical Seismicity And Prediction Of Ground Motion In Northeast Mexico". Journal Of South American Earth Sciences 25, Pags 37-48.

Olcina, C. J. y Ayala, C. F. J. 2002. Riesgos Naturales, Conceptos Fundamentales y Clasificación. Riesgos Naturales, Ed. Ariel, Pp. 64-65.

Palmquist, R. 1979. Geologic Controls On Doline Characteristics In Mantled Karst. Z. Geomorph. N.F. Suppl. Bd. 32, Pp. 90-106.

Raisz, Erwin. 1964. Physiographic Provinces Of Mexico: Cambridge, Mass., U. S. Office Of Naval Research, Geography Branch, Mapa Con Texto, Escala 1:3,000,000, 2ª Ed.

SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes). 2007. "Evaluación de Costos para la Construcción de Carreteras". Dirección General de Planeación, SCT. Cotizaciones Consultadas Por El IMT, En "Manual Estadístico del Sector de Transporte 2007", SCT. IMT.

SGM (Servicio Geológico Mexicano) 2008. Atlas de Peligros Naturales y Riesgos del Área Metropolitana de Monterrey, N.L. y la Región Subperiférica.

Suárez Díaz, Jaime. 1998. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Carta Geológico Minera del Estado De Tamaulipas 1:500,000, Servicio Geológico Mexicano.

Sylvester, Arthur G., Strike-slip faults. 1088. Geological Society of America Bulleti.

Paginas Web:

**LA RESERVA**, 2008. Robotics Institute, SpaceRet. Wikipedia. http://www.lareserva.com/home/viaje_centro_tierra_dolina_cenote_robot

SSN. Servicio Sismológico Nacional. Instituto de Geofísica, UNAM. Pág. web: http://www.ssn.unam.mx.

## 2. Hidrometeorológicos

Aparicio Mijares, Francisco Javier. 1996. Fundamentos de Hidrología de Superficie, Limusa Editores, Pág. 151

Aparicio Mijares, Francisco Javier. 1999. Fundamentos de Hidrología de Superficie, Limusa Editores, Pág. 151.

Bitrán Bitrán Daniel. 2001. *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-1999 (Serie impacto socioeconómico de los desastres en México),* Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED), 1ra. Edición, Octubre 2001, Distrito Federal, México. 89 pp.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2006. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Fenómenos Hidrometeorológicos), CENAPRED, Av. Delfín Madrigal #665, Deleg. Coyoacán, México, D.F., pág. 15

CNA (Comisión Nacional del Agua). 2005. Climatic Computer Progam. Comisión Nacional del Agua (CD).

Canseco Botello José Raúl. 2001. *Historia de Matamoros*, Editorial CANSECO, 1ra. Edición, 2001, Págs. 338 – 340, 375.

Eslava Morales, H., M. Jiménez Espinosa, M. Salas Salinas, F. García Jiménez y M.T. Vázquez Conde. 2004. Elaboración de mapas de riesgo por inundaciones y avenidas súbitas en zonas rurales, con arrastre de sedimentos. In: CENAPRED-Sistema Nacional de Protección Civil. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Centro Nacional de Prevención de Desastres y Sistema Nacional de Protección Civil. México D.F. 386 Págs.

Eslava Morales, H., M. Jiménez Espinosa, M. Salas Salinas, F. García Jiménez y M.T. Vázquez Conde, C. Baeza Ramírez y D.R. Mendoza Estrada. 2006. Elaboración de mapas de riesgo por inundaciones y avenidas súbitas en zonas rurales, con arrastre de sedimentos. In: CENAPRED-Sistema Nacional de Protección Civil. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Hidrometeorológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres y Sistema Nacional de Protección Civil. México D.F. 140 Págs.

García Balán Ricardo Manuel. 2008. *Riesgo de inundación por marea de tormenta en el Municipio de Cd. Madero, Tamaulipas*, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Abril 2008.

Garduño López Héctor. 1969. *El Plan Nacional de auxilio en caso de desastre y su aplicación en la zona fronteriza México-Estados Unidos (Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana)*. Págs. 187 – 194.

La Vanguardia Española. 1977., Pág. 29, 6 de Septiembre de 1977.

Universidad Veracruzana, *Inundaciones 2005 en el Estado de Veracruz*, Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología (COVECyT), 1ra. Edición, Junio, 2006.

Paginas Web:

http://www.tamaulipas.gob.mx/tamaulipas/hidrologia/

http://es.wikipedia.org/wiki/Tamaulipas

http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/tamaulipas/medi.htm

http://www.sanfernando.gob.mx/Municipio/hidrologia.htm

http://74.125.155.132/search?q=cache:ZSjVWFJjCEEJ:www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp%3Fid_articulo%3D1354+redaccion+de+informes+por+inundacion+por+escurrimientos+y+canales&cd=5&hl=es&ct=clnk&gl=mx

**EROSIÓN**

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008. Cartas topográficas 1:50,000 formato digital y en papel de la región del Estado de Tamaulipas.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008. Guía para la interpretación de cartografía Edafología.

Gonzalez Vallejo, L.I., M. Ferrer, L. Ortuño, C.Oteo. 2002. Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid. 744p.

**INCENDIOS FORESTALES**

Programa Estatal de Protección contra Incendios Forestales (PEPCIF) Temporada 2009.

**SEQUÍA**

Castorena, G., Florescano, E. 1980. Análisis histórico de las sequías en México, Vol. 22 de Documentación de la Comisión del Plan Nacional Hidráulico.

Salati, E. Nobre, A. C. (1991). "Possible climatic impacts of tropical deforestation". *Climatic Change*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 19: 177-196

Hernández, C.M.E., Torres, T.L.A. y Valdez, M.G. 2000. Sequía Meteorológica. Pp. 25-40. En: C. Gay (comp.) *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de vulnerabilidad del país, coordinados por el INE con el apoyo del U.S. Country Studies Program,* México: INE, SEMARNAP, UNAM, U.S. Country Studies Program.

Sancho y Cervera, J. Z. F. Zavala, V.M. Sánchez y V.V. Martínez. 1980. Monitoreo de Sequía y heladas. México: Comisión de plan nacional hidráulico. Dirección de inventarios de agua y suelo. Proyecto IA 800/.

Tinajero, G.J., L. A. Huesca, V.V. Martínez, R.J. Morelos, H.J. Ruiz, M.F. Escalante y M.E. Díaz. 1986. Análisis en la sequía en México en el periodo 1976-1980. México: Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Paginas Web:
http://www.cenapred.unam.mx/es/Investigacion/RHidrometeorologicos/FenomenosMeteorologicos/Sequia/

## 3. Antropogénicos

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2006. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos.

Dinámica Heurística, S.A. de C.V. 2007. Manual de referencia. SCRI FUEGO. Modelos de simulación de consecuencias por Fuego y Explosiones. Versión 1.3.

DINAPRE (Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Nacional de Prevención). 2006. Instituto Nacional de Defensa, Dirección Nacional de Prevención. Manual Básico para estimar Riesgo. Lima, Perú

INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2005. Enciclopedia de los Municipios de México de Tamaulipas.

Gobierno de Tamaulipas. Plan Estatal de Desarrollo Tamaulipas 2005-2010.

Garza Flores R. 2005. Los residuos Sólidos Municipales y su Impacto.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. II Conteo de Población y Vivienda

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007. Anuario Estadístico 2007. Tamaulipas, México

Olivera Villaseñor, Rodríguez Castellanos. 2005. Estudio del Riesgo en Ductos de Transporte de Gasolinas y Diesel en México. Revista Científica, año/vol. 9, número 004. Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal pp. 159-165

PEMEX. 2005. Anuario Estadístico 2005

PEMEX. 2007. Anuario Estadístico 2007

# XIV. **GLOSARIO**

## GEOLÓGICO

**Aplítica:** Variedad de rocas ígneas ácidas de textura fina uniforme, compuesta por feldespato alcalino, muscovita y cuarzo.

**Arco insular:** Estructuras volcánicas emergidas como islas, formadas posteriormente a la convergencia de dos placas tectónicas de tipo oceánico, donde una de ellas desciende por bajo de la otra fundiéndose e iniciando una actividad volcánica en el fondo oceánico, si esta actividad se mantiene constante, termina construyendo estructuras volcánicas que emergen como islas.

**Augen:** Bandeamientos característicos de las rocas metamórficas

**Cabalgaduras:** Una falla inversa de pequeño ángulo

**Clastos**: Fragmentos de roca.

**Cloritización**: Se refiere a la alteración o metamorfismo que se produce en algunos minerales, dándole una tonalidad verde.

**Concreciones**: Es la acumulación de sustancias disueltas por agua dentro de una roca.

**Coquina**: Agregado de restos de organismos marinos, conchas, corales, entre otros, compactados y cementados.

**Dolomitización:** Reemplazamiento de calcita por dolomita.

**Epirogénicos:** Consiste en movimientos verticales de la corteza terrestre a escala continental, se presenta como movimientos de ascenso y descenso lento comúnmente reflejado en el basculamientos.

**Estilolitas:** Facies: Porción de una unidad litológica que posee un conjunto distintivo de características que la distingue de otras partes de la misma unidad.

**Fanerítica:** Término usado para designar la textura para rocas ígneas de grano grueso.

**Feldespatos:** Mineral de Si Al, con variaciones de Ca-Na-K, forma cristales alargados en las rocas ígneas, también se le encuentra en rocas sedimentarias y metamórficas. Granulometría: variación en los tamaños de grano de un sedimento.

**Hematita:** Oxido de Hierro, $Fe_2 O_3$ mineral marrón rojizo.

**Hornfels:** Variedad de roca producida a partir de un metamorfismo de contacto.

**Karsticidad**: Disolución de carbonato de calcio de las rocas calizas por la acción del agua.

**Lamprófidos:** Conjunto de rocas hipabisales de composición básica, existen variedades de lamprófidos clasificados según la variedad que presentan en su abundancia de piroxeno, anfíbol y biotita.

**Marcasita:** Sulfuro de Hierro $Fe S_2$,

**Material lignítico:** Hace referencia al material que contiene entre un 60 y 75% de concentración orgánica, variando en su concentración entre un 60 y 75% de materia orgánica.

**Muscovita:** Mineral laminar común en todos los tipos de roca,

**Nerítico:** Zona marina entre los 10 a 200 metros de profundidad, bien oxigenada, de baja presión atmosférica y temperatura estable.

**Nódulo:** Concreción pequeña de forma globular, donde en una parte de la roca se encuentran acumulados componentes mineralógicos de la misma.

**Orogenia:** Deformaciones compresivas de regiones más o menos extensas de litosfera continental. Primer período de la Era Terciaria, cuya duración fue de 10 millones de años.

**Plagioclasa**: Variedad de feldespato,

**Sill**: Cuerpo ígneo tabular resultado de una intrusión paralela a la capa de las rocas caja.

**Terrígenos**: Hace referencia a los sedimentos de origen continental.

**Tobas:** Roca formada a partir de materiales volcánicos piroclásticos

**Veta:** Relleno de minerales llamado filón, que ha rellenado una fisura o una falla.

**HIDROMETEOROLÓGICO**

**Afluente.** Un afluente, también conocido como río tributario, es un río o arroyo que no desemboca hacia el mar, sino que alimenta el caudal de otro río principal.

**Albedo.** Es una medida, expresada en porcentaje, de la tendencia de una superficie a reflejar cualquier tipo de radiación que incida sobre la misma. Las superficies claras tienen valores de albedo superior a las oscuras, y las brillantes más que las mates. El albedo medio de la Tierra es del 30-32% de la radiación que proviene del Sol.

**Área geométrica.** Es una magnitud de medida, de una superficie o extensión comprendida dentro de una figura y es expresada en kilómetros, hectáreas y metros cuadrados.

**Área hidráulica.** Superficie ocupada por un líquido en una sección transversal normal a la dirección del flujo.

**Azolve.** Lodo o basura (sedimentos) que obstruyen un conducto de agua. El azolve puede provocar taponamiento.

**Bordo.** Obra hecha de tierra que sirve como represa para retener el agua de algún arroyo o riachuelo, o para acumular la lluvia, con el fin de prevenir reservas para la época de sequía.

**Canal.** Cauce artificial destinado a conducir fluidos para darles salida u otros usos. Esta vertiente artificial ayuda a llevar el agua hasta los campos y huertas.

**Caudal.** Cantidad de agua que transporta un río en un tiempo determinado. Se mide en metros cúbicos por segundo. También se le conoce con el nombre de gasto.

**Ciclón.** Perturbación atmosférica causada por el movimiento de una masa de aire impulsada por un frente frío, en torno a un área de bajas presiones, acompañada de abundante precipitación pluvial, vientos muy fuertes y descenso en la temperatura. Su desplazamiento obedece al movimiento circular del aire que gira en torno al área de mínima presión. Este movimiento giratorio se efectúa, en el hemisferio norte, en sentido contrario a las manecillas del reloj, y en el hemisferio sur a la inversa; se da en espiral y con fuertes corrientes ascendentes en forma de torbellino. Si permanece estacionario, el ciclón tiende a producir lluvias torrenciales que se distribuyen uniformemente alrededor de su centro (espacio tranquilo y

sin lluvias). Su trayectoria suele ser de este a oeste, con ligera curvatura que lo hace describir una parábola, dirigiéndose luego hacia el noroeste.

**Ciclón tropical.** Fenómeno natural ocasionado en el océano, producto de dos masas de aire, una fría y otra caliente, que al encontrarse originan vientos que giran a gran velocidad y forman un enorme remolino. Un ciclón tropical se origina y desarrolla en mares de aguas cálidas y templadas, con nubes tempestuosas, fuertes vientos y lluvias abundantes. Según la velocidad de sus ráfagas de viento, se clasifican en depresión tropical, tormenta tropical y huracán.

**Confluir.** Punto donde dos los cauces de dos ríos se unen.

**Cuenca.** Territorio que se encuentra rodeado de montañas y por el cuál corre un gran río con afluentes (ríos más pequeños o arroyos que lo alimentan), o existe un lago donde éste desemboca. En una cuenca pueden existir obras para aprovechar el agua, como las presas.

**Cuenca hidrológica.** Superficie regada por un río y sus afluentes (ríos o arroyos más pequeños que lo alimentan), se encuentra delimitada por un parte aguas. Es una subdivisión de una región hidrológica.

**Cuerpo de agua.** Masa o extensión de agua que cubre parte del planeta, puede ser natural como un lago, mar u océano; o artificial como los estanques.

**Deflación.** Separación de rocas en pequeños depósitos o sedimentos, a causa de la erosión eólica. Ésta actúa sobre superficies y sedimentos rocosos ya afectados por otros procesos erosivos. La deflación es particularmente efectiva cuando no existe un manto vegetal que proteja los materiales disgregados contra la erosión, esto ocurre mayormente en áreas desérticas y semidesérticas donde se forman “campos de guijarros” (campos con pequeñas piedras pulidas y redondeadas por efecto de la erosión), rocas en forma de hongo (más afectadas por la erosión en su base que en la cumbre), desfiladeros, tubos de deflación y otros tipos de superficies barridas por el viento. Dependiendo de la fuerza del viento, la deflación puede darse también e otros climas menos extremos, en los que por la falta de técnicas de protección adecuadas, se han perdido grandes extensiones para la agricultura.

**Depresión tropical.** Fenómeno atmosférico producto de la existencia de un sistema de baja presión tropical, lo que ocasiona vientos sostenidos de hasta 62 Km/hr, y grandes cantidades de precipitación. Es la etapa inicial de un ciclón tropical.

**Desbordamiento.** Evento que se presenta cuando la precipitación provoca un aumento en el flujo de agua de un río o arroyo, lo que ocasiona que éste supere la capacidad máxima de captación (área hidráulica). El desbordamiento puede provocar una inundación fluvial.

**Encharcamiento.** Inundación provocada por lluvias intensas sobre áreas planas y por deficiencias de drenaje superficial, que ocasionan que el agua se estanque.

**Escala Saffir-Simpson.** Proporciona una escala potencial de daños relacionada con intensidades de huracanes. Fue creada por Herbert Saffir, ingeniero consultor en Coral Glabes, Florida, E. U., en 1971. Debido a su basta experiencia en el estudio de daños por huracanes a edificios y vegetación en varias partes del mundo, se le pidió propusiera los requerimientos de carga por viento para el Código de Construcción del sur de la Florida. Más tarde, la escala fue presentada al Centro Nacional de Huracanes en Miami, donde el director de aquella época, R. H. Simpson, agregó el criterio de daños por marea de tormenta a cada categoría de intensidades. La tabla de escalas fue publicada en 1974 por la revista Weatherwise en su artículo del mes de agosto y en un principio fue utilizada únicamente como guía para las agencias de ayuda por desastres. Su primera aparición en avisos públicos fue en 1975. La velocidad de viento determina la categoría del huracán; adicionalmente, se asigna la presión central y la marea de tormenta que corresponde a la magnitud de viento típica de cada intensidad del huracán.

**Escurrimiento.** Parte de la precipitación que se presenta en forma de corrientes de agua que pueden ser de tipo fluvial, superficial, perenne e intermitente o efímera, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores.

**Estación climatológica.** Instalación que dispone de un conjunto de instrumentos de medición para tomar registros de temperatura, humedad del viento y precipitación en las cuencas hidrológicas, con el fin de realizar estudios climáticos.

**Estiaje.** Nivel más bajo o caudal mínimo que tienen las aguas de un río en ciertas épocas del año, a causa de la sequía. Al período que dura este nivel, también se le denomina estiaje.

**Fenómenos hidrometeorológicos.** Fenómenos formados por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera, siguiendo los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico. Entre los principales fenómenos hidrometeorológicos se encuentran la lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, neblina, rocío, escarcha, chubasco y tromba.

**Fuerza de Coriolis.** Efecto que provoca que los cuerpos (masas de aire, aguas oceánicas), tengan una desviación hacia la derecha en el hemisferio norte, hacia la izquierda en el hemisferio sur y neutral en el ecuador. Los objetos que se mueven rápido sufren una desviación mayor a los que se mueven lentamente. El efecto de Coriolis no tiene influencia en la energía del movimiento, sólo modifica su dirección dependiendo de la velocidad y latitud del objeto.

**Granizo.** Tipo de precipitación de agua congelada que se presenta en granos combinados de hielo y nieve, con forma esférica; por lo general su tamaño no excede los 2cm y en algunos casos pueden alcanzar un diámetro de hasta 13cm. El granizo sólo se produce al comienzo de algunas tormentas y cuando la temperatura del suelo es bastante inferior a la de congelación.

**Heladas.** Fenómeno climático que consiste en un descenso inesperado de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua existente en el aire se congele depositándose en forma de hielo, esto producido por una masa de aire polar con una humedad relativa mayor al 60% y con viento poco intenso. A menor temperatura, mayor intensidad de la helada.

**Huracán.** Fenómeno hidrometeorológico de baja presión tropical que puede describirse como un gigantesco remolino en forma de embudo, que llega a alcanzar un diámetro de casi 1000Km y una altura de 10Km, Gira en espiral hasta un punto de baja presión llamado ojo o vórtice, produciendo vientos de más de 119 Km/h, que siguen en una dirección contraria a las manecillas de reloj, dejando a su paso fuertes lluvias. Un huracán se traslada con una velocidad de 10 a 20 Km/h y se alimenta de la energía térmica de las aguas tropicales, perdiendo fuerza al entrar en contacto con aguas frías o al entrar a tierra; su tiempo de vida va de tres días a tres semanas. El huracán es el sistema tropical de mayor intensidad, y de acuerdo a su magnitud es clasificado en cinco categorías de la escala de Saffir-Simpson.

**Huracán lluvias atípicas.** Huracán que deja a su paso, lluvias que al compararlas con valores obtenidos en años anteriores durante ese mismo lapso de tiempo, superen en más de un 90% a las lluvias máximas registradas en un período de 24 horas.

**Índice de severidad.** Coeficiente positivo o negativo que indica anomalías en la precipitación, valores negativo se consideran anómalos, valores igual o mayor a cero se considera normales dentro de los valores de precipitación de cada región.

**Inundación.** Fenómeno hidrometeorológico generado por el desbordamiento del flujo de una corriente debido a la lluvia excesiva o problemas con el sistema de drenaje, provocando que el agua sobrepase las condiciones que le son normales y alcance niveles extraordinarios que no pueden ser controlados en los vasos naturales o artificiales que la contienen o puedan retenerla, como presas, canales, ríos, lagos y estanques; lo cual deriva, en daños que el agua desbordada ocasiona en zonas urbanas, tierras productivas, y en valles o sitios bajos o planos.

**Inundación fluvial.** Inundación provocada por el crecimiento y desbordamiento del cauce normal del río, cuya capacidad es excedida y las zonas aledañas a éste, que normalmente se encuentran libres de agua, son invadidas.

**Inundación pluvial**. Inundación provocada por la lluvia excesiva, que satura la capacidad de permeabilidad del terreno o por deficiencias en el sistema de drenaje, lo que provoca la acumulación de agua por horas o días.

**Isolíneas.** Línea que conecta puntos georeferenciados, con cantidades de iguales, que son utilizados para una representar una constante o parámetro y estimar su valor en un lugar. Las isolíneas permiten observar en un mapa el comportamiento, las variaciones, promedios o tendencias de un fenómeno en un espacio determinado.

**Isotermas.** Isolíneas que representan la cantidad de calor, uniendo puntos referenciados de igual temperatura media anual.

**Isoyetas o Isohietas.** Isolíneas trazadas en un mapa que une los puntos referenciados de igual cantidad de precipitación acumulada.

**Laguna.** Cuerpo o depósito natural de agua, por lo general dulce y de menor dimensión que el lago. También existen lagunas costeras que contienen agua salobre (mezcla de agua dulce, de origen fluvial con agua salada procedente del mar).

**Marea de tormenta o tempestad.** Sobreelevación del nivel medio del mar, por efecto de los vientos sobre la superficie del mar y la disminución en la presión atmosférica cerca del centro de un ciclón tropical, provocando inundaciones cercanas a la costa, y al mismo tiempo, las olas enfrentan construcciones y arrastran grandes cantidades de la arena de las playas, causando erosión costera. El huracán Gilbert (1988), arrastró tal cantidad de arena que prácticamente las playas de Cancún desaparecieron.

**Meteoro.** Fenómeno que ocurre dentro de la zona inferior de la atmósfera, y de acuerdo a la naturaleza de las partículas que lo constituyen o a los procesos físicos que intervienen en su formación, pueden clasificarse en líquidos, sólidos, ígneos, eléctricos, magnéticos y luminosos.

**Microcuenca.** Espacio territorial delimitado de manera natural por las partes más altas (divisoras de agua), y en donde los escurrimientos de agua superficiales y subterráneos van a un punto en común, un río, riachuelo, quebrada, ojo se agua o arroyo. Una microcuenca tiene tres elementos comunes: un desaguadero común, la divisora de agua (parte más alta que separa una microcuenca de otra) y el área de recarga acuífera, que es la zona donde interviene la gente que habita en la microcuenca y la naturaleza del lugar, agua, suelo, aire, flora, fauna y biodiversidad.

**Milibar (mb).** Unidad estándar de medida de presión, que expresa directamente la fuerza ejercida por la atmósfera, igual a 1000 Dinas/cm$^2$, 100 pascales, 100 newtons/m$^2$ o una milésima parte de un bar. La presión estándar es de 1, 013.25 milibares.

**Onda u ola tropical.** Perturbación de escala ciclónica en la corriente de los vientos alisios, vientos que soplan de la zona tórrida, con inclinación al noroeste o al suroeste, según el hemisferio; viaja con ellos hacia el oeste a una velocidad media de 15 Km/H. Generalmente se le asocia con grandes extensiones de nubes y lluvias, que pueden asociarse al desarrollo potencial de un ciclón tropical, también producen nublados, chubascos y tormentas eléctricas.

**Peligro.** Situación o fenómeno hidrometeorológico que tiene la capacidad de producir un daño. En su mayor parte son latentes o potenciales, una vez que un peligro se vuelve activo, puede crear una situación de emergencia.

**Pluviosidad o precipitación estacional.** Cantidad de precipitación registrada en un área determinada, durante una estación de tiempo (primavera, verano, otoño e invierno).

**Pluviosidad media anual.** Suma de todas las cantidades de precipitación media mensual, también se le conoce como Precipitación total Anual de un período.

**Precipitación.** Cualquier hidrometeoro (deposición de agua) que cae del cielo y llega a la superficie terrestre, esto incluye lluvia, llovizna, nieve, cinarra, granizo. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad o pluvial. Es una parte importante del ciclo de vida hidrológico y es responsable del depósito de agua fresca en el planeta.

**Punto de calor.** Punto sobre la superficie terrestre que representa temperaturas muy altas, que son asociadas con incendios o posibles incendios. Los puntos de calor son utilizados para realizar un análisis cuantitativo que se emplea para la identificación de zonas emisoras de calor.

**Región hidrológica.** Porción de territorio que agrupa varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similar.
**Corriente intermitente.** Tipo de río que sólo tiene agua durante algunos meses al año, por lo general en época de lluvias.

**Corriente perenne.** Tipo de río que fluye durante todo el año, su corriente es sostenida por el flujo base.

**Sequía.** Condición transitoria del medio ambiente en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de los requerimientos de un área geográfica dada, resultando insuficiente para abastecer las necesidades de plantas, animales y humanos. Esto se debe a una desestabilización extrema en el ciclo hidrológico, con un lapso prolongado de escasa o nula precipitación pluvial.

**Subcuenca.** Área considerada como una subdivisión de la cuenca hidrológica que presenta características particulares de escurrimiento y extensión. La escorrentía superficial fluye en su totalidad hacia un determinado punto de un curso de agua, generalmente un lago o una confluencia de ríos.

**Temperatura máxima.** Temperatura más alta alcanzada en un periodo de tiempo dado.

**Temperatura media.** Promedio de las medias de temperatura máximas y mínimas registradas en un mes o promedio de los promedios mensuales, registradas en un periodo determinado.

**Temperatura mínima.** Temperatura más baja alcanzada en un lapso cronológico dado.

**Tirante.** Es la profundidad máxima del agua en un canal.

**Tormentas.** Fenómeno atmosférico caracterizado por la existencia próxima de dos masas de aire de diferentes temperaturas. El choque de temperaturas provoca un trueno audible y una inestabilidad caracterizada por lluvias, vientos, relámpagos, truenos y ocasionalmente granizo, entre otros fenómenos meteorológicos.

**Tormenta tropical.** Etapa en la cuál se le asigna nombre a un ciclón tropical, de acuerdo a lo preestablecido por la Organización Meteorológica Mundial. Este fenómeno tiene un incremento continuo de los vientos, lo que provoca velocidades de 63 a los 118 Km/h.

**Trayectoria del huracán.** Movimiento de traslación, con el que se desplaza el fenómeno a zonas geográficas más lejanas de donde se forma. Este movimiento de traslación es condicionado por los sistemas que lo rodean ya sean anticiclones u ondas superiores. El movimiento de los ciclones tropicales se produce de manera general en dos ramas de una parábola. La primera rama con rumbo general al Oeste u Oeste-noroeste, hasta llegar a un punto de recurva en el que disminuye su velocidad o se estaciona, para cambiar drásticamente la dirección de su movimiento, tomando una segunda rama hacia el Norte, Norte-nordeste y después al nordeste.

**Viento máximo sostenido (VMS**). El viento máximo sostenido es el promedio de la velocidad del viento sostenido durante un lapso de 10 minutos.

**Vulnerabilidad.** Medida que cuantifica la susceptibilidad a afectaciones causadas por un fenómeno perturbador. La vulnerabilidad se evalúa dependiendo del inmueble o lugar que se esta analizando y los daños que es capaz de provocar un fenómeno hidrometeorológico en especifico.

**Zonas de acumulación.** Parte de un río que es más llana y de aguas bajas que forman curvas o meandros. Su caudal es abundante con dirección al mar, donde erosiona y deposita sedimentos. Generalmente se ubica en la zona costera.

**EROSIÓN**

**Erodabilidad.** Vulnerabilidad del suelo frente a la erosión.

**Erosión.** Fenómeno que disgrega, desgasta y modifica las estructuras superficiales o relieve de la corteza terrestre, debido a factores de tipo climático como el viento, la lluvia y oleaje marino

**Erosión antropogénica.** Es el desgaste y modificación de las estructuras superficiales o relieve de la corteza terrestre por la mala actuación del hombre. Una carga excesiva de ganado en una parcela, una mala gestión del suelo y actuación sobre el mismo, con actividades como el excesivo transito de maquinaria penetrante en el terreno y la eliminación de residuos vegetales de cosechas anteriores; la urbanización, explotación forestal, instalación de industrias y la construcción de carreteras, han ocasionado la pérdida de protección proporciona la vegetación, acelerando la erosión de los suelos.

**Erosión concentrada**. Se refiere al desprendimiento de suelos de manera vertical contribuyendo a la formación de cañadas y cárcavas (zanjas o fosas), se origina esencialmente por la precipitación fluvial, la debilidad del suelo y falta de cobertura vegetal y se clasifica en:

**Erosión concentrada a cauces y cañadas.** Áreas cuya remoción de partículas de suelo ha permitido la formación de densas redes de drenaje de unos cuantos a varias decenas de metros de profundidad. En función del tipo de roca, agresividad de la lluvia y efectos tectónicos a través del tiempo geológico, la erosión ha dado origen a cauces con diversa profundidad, misma que en algunos lugares, se asocia a factores estructurales de rompimiento o dislocación que favorecen la erosión vertical. Es aquella en donde el agua de lluvia al caer y fluir sobre terrenos con pendientes mayores a 16°, esta provoca canales que al paso del tiempo se pueden convertir en cauces.

**Erosión concentrada asociada a cárcavas**. Tipo de erosión que se asocia a zonas de suelos de poca o escasa compactación, debido a su fragilidad se producen surcos o canales las cuales con las precipitaciones fluviales crecen hasta formar barrancos o cañadas profundas. Se refiere a una erosión rápida en todos los sentidos en rocas deleznables o depósitos de sedimentos poco consolidados, sumamente alterados o suelos residuales, donde la lluvia remueve las partículas con relativa facilidad.

**Erosión eólica.** Desgaste de los suelos producido por el viento en zonas con poca o nula vegetación. Se presenta con mayor frecuencia en zonas desérticas o zonas relativamente secas con terrenos arenosos.

**Erosión hídrica.** Modificación de suelos por efecto de la agresividad del agua sobre el mismo, ocasionando deslaves o derrumbes. Este tipo de erosión es más visible en ríos, arroyos y lagos, donde el cauce arrasa con las rocas, provocando que el río se vaya hundiendo y forme paredes verticales, propiciando cañones o barrancos; también puede producirse por el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo.

**Erosión marina.** Desgaste del suelo ocasionado por las olas del mar, corrientes y mareas, dando formas a acantilados, arcos y rocas, modelan las costas del mar y les dan forma.

**Erosión moderada.** Las acciones realizadas por los asentamientos humanos, modifican constantemente el uso del suelo, alterando la flora y fauna, provocando en muchas ocasiones una mayor erodabilidad en el suelo. Las curvas de nivel influyen a localizar las zonas de mayor pendiente y sobre todo a delimitar los asentamientos humanos cercanos a los relieves topográficos que puedan ser zona susceptible al fenómeno de erosión.

**Erosión nula.** En las zonas consideradas sin población, de acuerdo a las curvas de nivel y cubierta vegetal presente (generalmente la zona de sierra), el grado de riesgo por erosión propuesto es nulo (Eh0), estas zonas por lo general se encuentran en lugares de difícil acceso y que no se consideran susceptibles a la intervención del hombre.

**INCENDIOS**

**Incendio forestal.** Siniestro de propagación libre y no programada del fuego sobre áreas cubiertas de vegetación como árboles, pastizales, malezas, matorrales, bosques, selvas y en general, cualquiera de los tipos de asociaciones vegetales, cuando se dan las condiciones propicias para que accionen los elementos que ocurren en todo incendio, tales como suficiente material combustible y una fuente de calor para iniciar el fenómeno.

**Incendio forestal de copa o aéreo.** Incendios que se inician de forma superficial, transformándose en uno de copa o aéreo debido a la continuidad vertical de los combustibles del suelo hacia lo alto de los árboles, se presentan con fuertes vientos y en lugares con pendientes muy pronunciadas, por lo que su propagación es, tanto de copa en copa de los árboles, como en la vegetación superficial. Este tipo de siniestros daña severamente al ecosistema donde se presentan.

**Incendio forestal subterráneo.** Incendio que no produce llama y emite poco humo, son peligrosos y difíciles de controlar. El fuego se inicia en forma superficial, propagándose bajo el suelo mineral debido a la acumulación y compactación de los combustibles, así como por su aglomerado en afloramientos rocosos en donde se encuentran mantillo, raíces, hojas y otros materiales vegetales.

**Incendio forestal superficial.** El fuego se propaga de manera horizontal sobre la superficie del terreno, afectando combustibles vivos y muertos, compuestos por pastizales, hojas, ramas, ramillas, arbustos o pequeños árboles de regeneración natural o plantación, troncos, humus, entre otros, que se encuentran desde la superficie del suelo y hasta 1.5 metros de altura. En este tipo se encuentra el 90% de los incendios que ocurren en México.

**Reptación o creep.** Fenómeno que se caracteriza por un movimiento o corrimiento lento de los materiales móviles del suelo en las capas superiores de laderas arcillosas, en cuya velocidad máxima no excede varios centímetros por día y se realiza en dirección de su pendiente; este movimiento es provocado por la inestabilidad de un talud y de la gravedad. No existe una superficie única de deslizamiento, sino que el movimiento se produce por las partículas que se mueven a diferentes velocidades en forma individual, como resultado de la expansión y contracción de la capa superficial del suelo, ya sea por saturación, resecamiento o por calentamiento y enfriamiento sucesivos. La humedad favorece este fenómeno, actuando como lubricante o aumento en el peso.

**ANTROPOGÉNICO**

**AGEBS:** Áreas Geoestadísticas Básicas – división geográfica mínima empleada con fines estadísticos y censales por el INEGI. Las AGEB´S delimitan una parte o el total de una localidad de 2,500 habitantes o más, o bien, una cabecera municipal, independientemente de su número de pobladores, en conjuntos que generalmente van de 25 a 50 manzanas.

**BLEVE:** Boiling Liquid Expanding Vapor Explosión (Expansión Explosiva del Vapor de un Líquido en Ebullición). Se trata de un tipo de explosión mecánica de un recipiente a presión en el que ocurre un escape súbito a la atmósfera de una gran masa de líquido o gas licuado, a presión sobrecalentados por

rotura del recipiente o de alguna válvula de seguridad. Este tipo de simulación se utiliza para gas licuado de petróleo.

**Cama Censable:** Es la cama de servicio, instalada en el área de hospitalización para el uso regular de pacientes internos; debe contar con los recursos indispensables de espacio y personal para la atención médica, es controlada por el servicio de admisión de la unidad y se asigna al paciente en el momento de su ingreso hospitalario para ser sometido a observación, diagnóstico, cuidado o tratamiento. La información sobre las camas se refiere a: Medicina Interna, Cirugía, Ginecoobstetricia, Pediatría, Traumatología y Ortopedia, Psiquiatría y otras.

**CENAPRED:** Centro Nacional de Prevención de Desastres.

**CLUES:** Clave Única de Establecimiento de Salud. Identificador único, consecutivo e intransferible que asigna la DGIS a cada establecimiento de salud, público o privado que exista en el territorio nacional (unidad médica, laboratorio, farmacia, centros de diagnóstico, centros de tratamiento, oficinas administrativas), estará compuesta de varios dígitos que permitan la identificación geográfica e institucional y con la cual se identificará todo lo reportado por la misma a cada uno de los subsistemas de SINAIS.

**Consulta Externa:** Es la atención que ejecuta el médico general a los pacientes ambulatorios en la unidad médica o domicilio con el objeto de proporcionar asistencia médica o procedimientos preventivos.

**Consultorio Medico:** El área física o cubículo de un establecimiento público, social o privado independiente o ligado a una clínica, sanatorio, servicio hospitalario, que cuenta con las instalaciones y el equipo necesario para que personal médico y/o paramédico brinde atención en salud a pacientes ambulatorios.

**CRO:** Cruz Roja Mexicana

**Gas LP:** Gas Licuado del Petróleo. Es un derivado del petróleo, compuesto principalmente por Propano, Butano y otros compuestos, pero es único entre los combustibles comúnmente usados. Las mezclas Propano-Butano se pueden licuar a bajas presiones, así es posible almacenarlo en estado líquido.

**HUN:** Hospitales Universitarios

**IMSS:** Instituto Mexicano del Seguro Social

**IST**: Instituto de Seguridad Social

**Jurisdicciones**: Unidad técnico administrativa desconcentrada por región. Que participa en los procesos de planeación, programación, evaluación, presupuestación, control y supervisión de los servicios de salud que se otorgan a la población de su área de influencia de manera coordinada con las áreas de prevención y control de enfermedades y enseñanza e investigación y protección social conforme a las políticas, normas y lineamientos de los Programas Nacional de Salud y Programa Estatal de Salud.

**Médicos:** Médicos que realizan actividades propias de su profesión, no incluyen a los que se desarrollan en áreas de apoyo técnico o administrativo.

**PMX:** Petróleos Mexicanos

**POOL FIRE:** Fuego en Derrames de Combustible. Su principal afectación es por radiación térmica y se suscita cuando hay un factor que provoca una chispa y a su vez la ignición del combustible, que para este caso se trata de la gasolina y el diesel.

**Radiación Térmica:** La expresión radiación se refiere a la emisión continua de energía de la superficie de todos los cuerpos.

**RCA:** Residuos a Cielo Abierto

**Riesgo.** Es la cuantificación de la vulnerabilidad ante un posible o potencial perjuicio. La vulnerabilidad y el riesgo están correlacionados, a mayor vulnerabilidad, mayor riesgo.

**RPBI:** Residuos Peligrosos Biológicos Infecciosos. Son aquellos que se generan durante las actividades asistenciales a la salud de humanos o animales en los centros de salud, laboratorios clínicos o de investigación, principalmente; que por el contenido de sus componentes puedan representar un riesgo para la salud y el ambiente.

**RSU:** Residuos Sólidos Urbanos.

**SCRI:** Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias. Software que permite generar escenarios de contaminación, fuga de tóxicos y nubes explosivas.

**SDN**: Secretaría de la Defensa Nacional

**SME**: Servicio Médico Estatal

**SMP**: Servicio Médico Particular

**SSA:** Secretaría de Salubridad y Asistencia

**Unidades Médicas:** En estas se desarrollan acciones dirigidas al individuo, a la familia, a la comunidad y a su medio ambiente; los servicios están enfocados principalmente a preservar la salud por medio de actividades de promoción, prevención, curación y rehabilitación, cuya resolución es factible con recursos de poca complejidad técnica; estimulan además, las formas de organización y participación comunitaria en los servicios

**TIF**: Tipo Inspección Federal